

أساسيات هندسة الإنتاج

obeikandi.com

سلسلة المواد الفنية والهندسية

أساسيات هندسة الإنتاج

تأليف

م . أحمد زكى حلمى

الكتاب : أساسيات هندسة الإنتاج

المؤلف : م . أحمد زكى حلمى

المقاس : 17 X 24

الطبعة : الأولى

عدد الصفحات :

الناشر : الدار المصرية للعلوم (نشر - توزيع)

رقم الايداع :

© حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة للدار المصرية للعلوم - 2007

لا يجوز نشر جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو اختصاره بقصد الطباعة أو اختزان مادته العلمية أو نقله بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو خلاف ذلك دون موافقة خطيه من الناشر مقدماً .

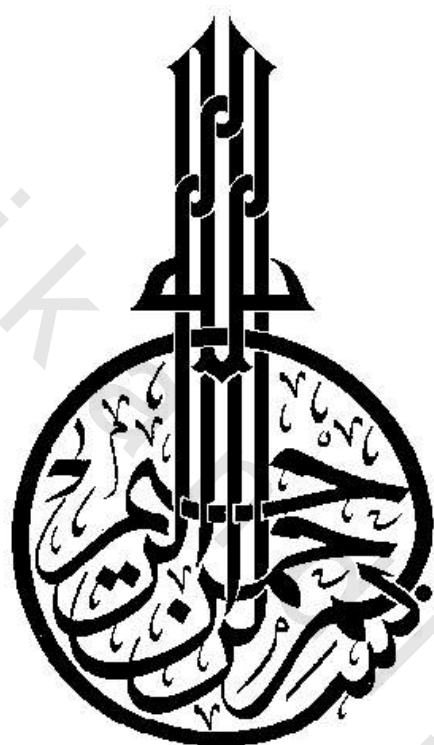


الدار المصرية للعلوم

١٣ شارع اسماعيل أبو جبل خلف مستشفى الجمهورية

عابدين - القاهرة

☎ 2393647 تليفاكس ٢3936079



إهداء

.. إلى إخوتي وأقاربي وأصدقائي
.. إلى أصدقاء الطفولة والشباب والشيخوخة
.. إلى من عاشوا معي الحياة مرها وحلوها
.. إلى حسين وحسن وحسام محمود على شريف
أهدي هذا الجهد المتواضع.

مُقَدِّمَةٌ

يظل مبدأ الحصول على منتج عالي الجودة ومطابق للمعايير والمواصفات الفنية بإنتاج كمي بأقل تكلفة ممكنة ، هدفاً سامياً في عالم الصناعة.

ويعرف علم هندسة الإنتاج بأنه مجموعة من أساليب التصميم والتخطيط والتصنيع والتجميع ، كما أنه من العلوم الهندسية الدائمة التطور الذي يهدف إلى إرتفاع مستوى النهضة الصناعية بما يشتمل من تطوير في عمليات التصنيع والقياس ونظم وأساليب الإدارة وتخطيط وضبط جودة الإنتاج ، ومن ثم فإنه يختص بتطبيق المبادئ الأساسية العلمية والأساليب الصناعية ومكوناتها وعناصرها المادية والمعنوية ، حيث يهدف إلى كيفية تحويل المواد الخام إلى منتجات وبيع من خلال تحديد العمليات الصناعية وأجهزة القياس المستخدمة بالطرق الاقتصادية ، واختيار المواد والمعدات وآلات الإنتاج ، والرقابة على المنتج مع مراعاة إنخفاض التكلفة ، وهو ما يسمى بالتنمية الإنتاجية الصناعية للوصول إلى أعلى مستويات الجودة .. وبالتالي رفع مستوى المعيشة.

من هنا جاء دور هذا الكتاب وأهميته الذي يهدف إلى شرح جميع عمليات التصنيع والإنتاج ، للحصول على منتجات نصف مصنعة والتي سبق إعدادها وتجهيزها بعمليات تشكيل مختلفة ، والحصول أيضاً على منتجات كاملة التصنيع من خلال عمليات التشكيل أو من عمليات التشغيل بالقطع.

لقد روعي عند إعداد هذا الكتاب أن يكون مرجعاً شاملاً ، يغطي موضوعات أساسيات هندسة الإنتاج ، من خلال الشرح مع عرض الأشكال والجداول والمعادلات

المختلفة ذات العلاقة.

لا يعتبر هذا الكتاب الأول من نوعه ، إلا أنه يحتوى على العديد من الموضوعات التي لم تعرض من قبل ، بالإضافة إلى الأمثلة المحولة التي تساعد الطالب على الفهم والتدرج في تحصيل المعلومات.

قد أعد هذا الكتاب ليناسب طلاب كليات الهندسة والمعاهد العليا الصناعية ، كما يفيد الفنيين والمهندسين العاملين بمجال هندسة الإنتاج ، والعاملين بالحقل الصناعي بالأنشطة المختلفة بشتى المجالات.

يسرني أن أتوجه بوافر الشكر والتقدير والعرفان إلى كل من أعانني على إنجاز هذا العمل وأخص بالذكر أبي الذي قدم لي الكثير من خلال مساعدته لي عند إعدادي لهذا الكتاب ، كما أتقدم بالشكر والتقدير إلى كل من قدم لي نصيح أو عون أو مشورة أدبني إلى ظهور هذا الكتاب بهذه الصورة المشرفة.

آمل بتقديم هذا الكتاب أن يكون عوناً وسنداً للطالب ، وأن يحقق ما نصبو إليه من رفع المستوى العلمي والعملية ، وأن يكون دعامة على طريق التقدم والتطور في عصر سميته العلم والتكنولوجيا ، كما أرجو أن أكون قد وفقت في إضافة جديدة إلى المكتبة العربية .

والله ولى التوفيق ، ،

المؤلف

القاهرة في ٢٧ . ٣ . ٢٠٠٧

الباب الأول

1

المواد الهندسية

obeikandi.com

مُهَيِّد

كلمة معدن أو فلز مترجمة عن كلمة Metal بالإنجليزية والمأخوذة من الأصل اللاتيني Metailum ومعناها حفره أو منجم حيثما كانت تستخرج الفلزات . وقد أتفق أخيرا على إختيار كلمة فلز بدلا من معدن في اللغة العربية.

توجد الفلزات (المعادن) المختلفة كالحديد والمعادن غير الحديدية بالطبقات السطحية والطبقات العميقة في القشرة الأرضية في صورة غير نقية ، تتفاوت الكميات الموجودة والمستخرجة من هذه الفلزات (المعادن) كما يتفاوت تركيزها ودرجة نقاوة كل منها من مكان إلى الآخر.

تجرى على أغفال المعادن المختلفة عمليات استخلاص باستخدام أنواع من الأفران التي تتميز عن بعضها البعض من حيث السعة (كمية المعدن الممكن صهرها) - نوع وكمية ودرجة نقاوة المعدن المنتج - نوع المصدر الحراري (الوقود) ... الخ.

يتناول هذا الباب استخلاص وإنتاج الفلزات (المعادن) الحديدية وسبائكها مثل حديد الزهر بأنواعه ، والأفران المستخدمة في عمليات الصهر وعمليات نقاوة وتكرير هذه المعادن ، واستخلاص وإنتاج الفلزات (المعادن) غير الحديدية وسبائكها مثل النحاس - الألومونيوم - الزنك - القصدير - الرصاص وغيرها ، من خلال صهرها وتكريرها عن طريق الأفران المختلفة أو بالترسيب أو بالتحليل الكهربائي.

ويتعرض لأفران الصهر المختلفة مثل الفرن العالي - فرن الدست المعروف بالكيوبولا - فرن البوتقة - فرن التقليل - المحولات والأفران الكهربائية وغيرها . وذلك من خلال الشرح التفصيلي لكل فرن من هذه الأفران على حدة ، مع عرض لطريقة التشغيل ومميزات وعيوب كل منهم.

الشبكات البلورية للمعادن

Space lattice of metals

من المعروف أن المادة توجد في ثلاث حالات هي (الحالة الصلبة . الحالة السائلة . الحالة الغازية) ، وترتبط جزيئات المادة مع بعضها البعض في الحالات الثلاثة بقوى جذب متفاوتة ، حيث تكون قوى الجذب بين الجزيئات أكبر ما يمكن في الحالة الصلبة .. مما يعطي الجسم الصلب حالة الجمود والشكل المحدد ، وتكون قوى الجذب في الحالة السائلة ضعيفة مما يعطي حرية أكثر لحركة الجزيئات لتأخذ مثلاً شكل الإناء الذي يحتويها ، أما في الحالة الغازية فتكون قوى الجذب بين الجزيئات منعدمة تقريباً ، لذا فإنها تتحرك في جميع الاتجاهات وتنتشر في أي حجم متاح عندها.

عندما تتجمد المعادن فإنها تتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة ، وقد وجد إنها تختلف من حيث مفردات تجمعها ، حيث تتجمع بنظام أو بغير نظام لتشكل بنائها المختلفة ، وهي في ذلك أشبه بوحدة البناء المكونة من مفردات مختلفة مثل قوالب الطوب أو قطع الأحجار أو الخرسانة والإسمنت . ومن ثم فإن بنية المواد الجامدة تقسم إلى قسمين أساسيين هما :-

١. بنية ذات تركيب بلوري : Crystalline Structure

التركيب البلوري يعني ترتيب ذرات العنصر بالنسبة لبعضها البعض ترتيب هندسي خاص من خلال شبكة فراغية هندسية ، لتكون ما يسمى بوحدة الخلية Unit cell والتي تكرر نفسها مكونة في النهاية بلورة العنصر Crystal.

٢. بنية ذات تركيب غير بلوري : Non-Crystalline

التركيب اللا بلوري يعني عدم ترتيب ذرات العنصر بالنسبة لبعضها البعض ولا تخضع في ترتيبها لأي نظام هندسي .. كما هو الحال في السوائل أو في المعادن (الفلزات) المنصهرة ، ويلاحظ أن الترتيب الهندسي للذرات في العناصر البلورية يخلق

بناء منتظم ومزدحم بالذرات يصعب إنهاؤها بتأثير القوى الخارجية وهي صفة الفلزات (المعادن).

الفلزات (المعادن) بصفة عامة تتبع الصور البلورية في تركيبها ووتتصف بمقاومتها للإجهادات بخلاف اللا فلزات.

الفلزات (المعادن) لها تركيب بلوري يسمى بالشبكة الفراغية Space lattice .. وتسمى أيضاً بالترتيب النظامي للذرات في بلورة المادة . يأخذ هذا النظام أشكالاً مختلفة تبعاً لخواص ذرات العنصر من حيث التجاذب أو التنافر ، كما إن خواص المادة نفسها تعتمد بالإضافة على خواص ذراتها على شكل الشبكة الفراغية ترتب ذرات العنصر على نمطها.

فيما يلي عرض ثلاثة أنواع من الشبكات الفراغية التي تتبلور على نمطها المعادن المعروفة.

(أ) شبكة ذرية مركزية الجسم Body Centered Cubic Structure:

تترتب الذرات في هذه الخلية لتحل أركان مكعب علاوة على ذرة إضافية تأخذ مكانها في مركز المكعب كما هو موضح بشكل ١ - ١ (أ) ، ومن أمثلة المعادن التي تأخذ بلوراتها هذا الترتيب هي الحديد والصوديوم . الفاناديوم.

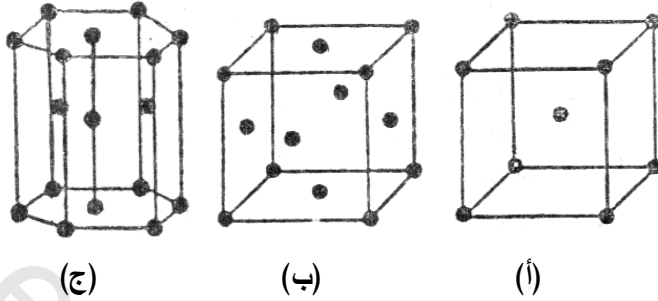
(ب) شبكة ذرية مركزية الوجه Face Centered Cubic Structure :

تترتب الذرات في هذه الخلية لتحل أركان مكعب علاوة على ست ذرة إضافية تحتل كل واحدة منها مركز وجه من الأوجه الستة للمكعب كما تأخذ مكانها في مركز المكعب كمل هو موضح بشكل ١ - ١ (ب) ، ومن أمثلة المعادن التي تأخذ بلوراتها هذا الترتيب هي الألومونيوم . النحاس . النيكل.

(ج) شبكة ذرية سداسية مزدحمة Close Packed Hexagonal Structure:

تترتب الذرات في هذه الخلية لتحل أركان منشور سداسي قائم ، وبمركز كل من القاعدتين ذرة إضافية علاوة على ثلاث ذرات لتجد لنفسها مكاناً في منتصف خط مركز

ثقل ثلاث من المنشورات المتباعدة المكونة للمنشور السداسي كمل هو موضح بشكل ١ - ١ (ج) ، ومن أمثلة المعادن التي تأخذ بلوراتها هذا الترتيب هما الزنك والمغنسيوم.



شكل ١ - ١

ترتيب الذرات بالشبكة الفراغية

خواص البنية البلورية :

تختلف خواص البنية البلورية تبعاً لاختلاف اتجاه قياسها ، فعلى سبيل المثال إذا أخذنا بلورة جرافيت وقسمنا مقدرتها على توصيل الكهرباء لوجدناها تبلغ مائة مرة ضعف مقدارها في الاتجاه المتعامد على اتجاه القياس الأول ، وبسبب هذا الاختلاف الاتجاهي فإن هذه البلورات يطلق عليها أنها غير متساوية الخواص ، وهذه الظاهرة تبدو منطقية لأن المسافة بين الذرات في التركيب البلوري تختلف باختلاف الاتجاهات المختلفة أو المستويات المختلفة ، الأمر الذي يتوقف عليه الخواص الطبيعية للمعدن.

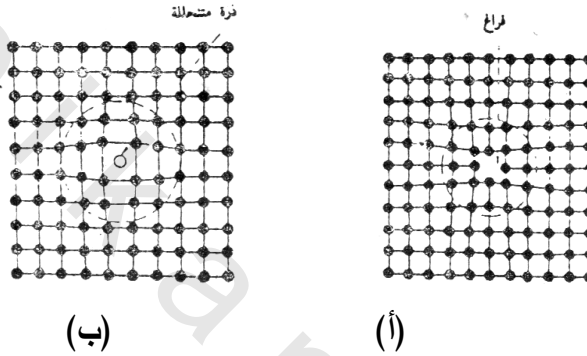
أما في العناصر الغير بلورية في الغازات والسوائل ، فإننا نجد أم الخواص العامة مثل التوصيل الحراري والكهربي والصلادة واللدونة والنفاذ المغناطيسي ومعدل الإنتشار وإنكسار الضوء تتساوى فيها الخواص في الاتجاهات المختلفة لجميع العناصر.

عيوب البنية البلورية :

تقسم عيوب البنية البلورية حسب أبعادها الهندسية إلى عيوب نقطية وعيوب

سطحية .

العيوب النقطية تكون صغيرة في جميع الأبعاد الثلاثة ولا يتعدى نطاق تأثيرها في أى اتجاه بضعة أقطار ذرية ، ومن أمثلة العيوب النقطية الفراغية هي عبارة عن عقد في النسق البلوري ، وتتكون الفراغات كنتيجة لإنقال الذرات من أماكنها في عقد النسق البلوري إلى سطح البلورة أو لمغادرة الذرات لمن أماكنها إلى أماكن بينية بين العقد كما هو موضح بشكل ١ - ٢ .



شكل ١ - ٢

العيوب النقطية في الشق البلوري

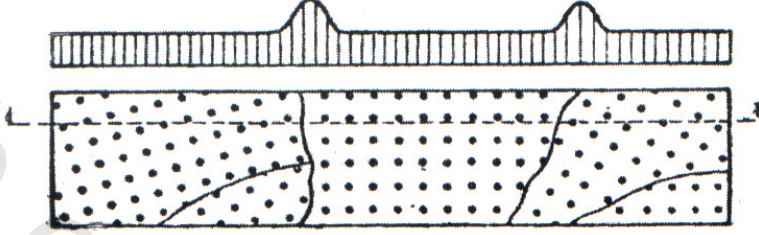
الحبيبات وحدود الحبيبات :

لا تتكون معظم المعادن من بلورة واحدة ، بل من عدة بلورات دقيقة وهي ما تسمى بالحبيبات ، علماً بأن كل حبيبة تختلف في اتجاه تواجدتها وحجمها وشكلها وبعدها عن جارتها ، وبالتالي لا بد أن يفصلها عن بعضها حدود فاصلة تسمى حدود الحبيبات كما هو موضح بشكل ١ - ٣ .

وحدود الحبيبات هي المناطق الفاصلة بين البلورات أو الحبيبات ، أو بمعنى آخر فإن حدود البلورة الواحدة هي تلك التي ينتهي عندها النظام الشبكي للذرات .

حدود الحبيبات تحتوي في حد ذاتها على ذرات من المعدن ، ولكن ترتيبها لا يخضع لأى نظام . يبدأ إنصهار المعدن عند هذه الحدود بدلاً من وسط البلورات ،

وكذلك يسهل إنتشار ذرات العناصر الأخرى في المعدن عن حدود الحبيبات ، ومن ناحية أخرى فإن حدود الحبيبات تعتبر مسئولة عن نسبة كبيرة من المقاومة التي يبديها المعدن لتوصيل الكهرباء ومقاومته الإجهادات.



شكل ١ - ٣

الحبيبات وحدود الحبيبات

تبلور المعادن :

عملية التبلور تعني إنتقال المعدن من الحالة المنصهرة إلى الحالة الجامدة ، ويمكن تتبع وجود التحولات في المعدن على منحنيات تسخينه وتبريده كما هو موضح بشكل ١ - ٤ ، فالمعدن الصلب عند تسخينه إلى درجة حرارة معينة يبدأ في الإنصهار ، ونظراً لإمتصاص المعدن للحرارة الكامنة للإنصهار فإن درجة حرارته تبقى ثابتة ، ويظهر ذلك في الجزء الأفقي من منحنى التسخين (a) ولا تعود الحرارة إلى الإرتفاع في الجزء المائل من المنحنى إلا بعد الإنصهار الكامل للمعدن ، وبالمثل عند التبريد فإن المعدن المنصهر يبرد تدريجياً حتى درجة حرارة التبلور ، ولكنه يتجمد عند درجة حرارة ثابتة (الجزء الأفقي) ويشير ذلك إلى فقدان الحرارة بالتبريد .. تعوضه الحرارة الكامنة للتبلور . وعند إنتهاء التجمد تنخفض درجة الحرارة تدريجياً كما هو موضح بالمنحنى (b) ، حيث كانت درجتي حرارة التبلور والإنصهار بمنحنيات التبريد والتسخين (a ، b) تنطبقان على هذه المنحنيات التي تصف عملية التحول المتوازن للمعدن .. وهذا ما يحدث نظرياً.

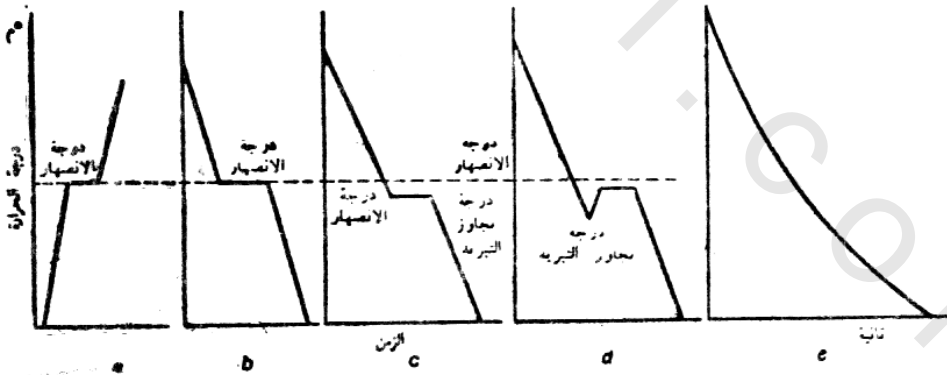
أما ما يحدث عملياً هو التبلور الذي يحدث عند درجة حرارة أقل قليلاً من درجة

حرارة الإنصهار ، أى أن الجزء الأفقي من منحنى التبريد الذي يحدث عنده التجمد يكون منخفضاً عند درجة حرارة الإنصهار المتوازية شكل (c) وتسمى هذه الظاهرة بالتبريد المتجاوز للمعدن السائل ، ويسمى الفرق بين درجتى الحرارة المتوازية (النظرية) والفعلية للتبلور بدرجة التبريد المتجاوز.

وعلى سبيل المثال فإن درجة تجمد الأنثيمون المتوازية النظرية = 631°م ، وإذا كان الأنثيمون السائل يتجاوز عند تبريده هذه الدرجة إلى 595°م ، حيث يبدأ التبلور عند هذه الدرجة فإن درجة التبريد المتجاوز يمكن إيجادها من العلاقة التالية:-
درجة التبريد المتجاوز = $631 - 595 = 36^{\circ} \text{م}$

ونظراً لتجاوز الشديد للتبريد فإن منحنى التبريد يتكون عليه أنشطة شكل (d) تشير إلى تجاوز التبريد الشديد ، مما ينتج عنه إرتفاع فجائي في درجة حرارة المعدن تقترب معه إلى درجة الإنصهار ، وتتوقف درجة تجاوز التبريد على سرعة التبريد ، فكلما كان التبريد أسرع .. كلما كان التجاوز أكبر.

أما الأجسام الغير متبلورة فإنها تتبلور بالتدريج ، ولا تنتقل إنتقالاً مفاجئاً من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة ، وبالتالي فإنه ليس لها درجة معينة فهي ذات طابع تدريجي للتبريد شكل (e).



شكل ١ - ٤

منحنيات تسخين وتبريد المعدن النقي

- (a) منحنى التسخين.
- (b) منحنى التبريد دون تجاوز للتبريد.
- (c) منحنى بتجاوز التبريد.
- (d) منحنى لتجاوز التبريد.
- (d) منحنى تبريد مادة غير متبلورة.

المواد الهندسية

لسهولة عرض المواد الهندسية التي نتعامل معها في الصناعة ، فقد قسمت المواد الهندسية كما هو موضح بشكل ١ - ٥ إلى ثلاثة مجموعات أساسية ، وقسمت كل مجموعة إلى مجموعات فرعية على النحو التالي .

أولاً : مواد فلزية (معدنية) Metallic Materials

ويمكن تنقسم المواد الفلزية (المعدنية) إلى الآتي :-

١. معادن حديدية Ferrous Materials مثل الحديد المطاوع Wrought Iron وحديد الزهر Cast Iron . درجة إنصهار الحديد النقي 1539°C ، كثافته 7.78 جم/سم^3 .

يمكن إدراك أهمية سبائك الحديد في الصناعة من خلال الإنتاج العالمي للمعادن الحديدية الذي يبلغ حوالي ٨٠٠ مليون طن في العام تقريباً ، علماً بأن المعدن الذي يليه في الانتشار هو الألومنيوم والذي يبلغ إنتاجه العالمي حوالي ١٢ مليون طن في العام .. هذا يعني أن إنتاج المعادن الحديدية يفوق إنتاج جميع المعادن الأخرى مشتركة بعدة أضعاف.

٢. معادن غير حديدية Non-Ferrous Metals .. أي جميع المعادن الأخرى المستخدمة في الصناعة بخلاف الحديد ، تم تجميعها في مجموعات .. ويمكن تقسيمها إلى الآتي :-

أساسيات هندسة الإنتاج

معادن ثقيلة Heavy Metals مثل النحاس Copper والنيكل Nickel .
معادن خفيفة Light Metals مثل الألومنيوم Aluminum والمغنسيوم Magnesium

معادن طرية Soft Metals مثل الرصاص Lead والقصدير Tin .

ثانيا : مواد غير معدنية Building materials

جميع المواد غير المعدنية المستخدمة في الصناعة بخلاف المواد الحديدية ،
والمواد غير الحديدية ، تم تجميعها في مجموعات .. ويمكن تقسيمها إلى الآتي :-
١ . مواد طبيعية Natural وتنقسم إلى الآتي :-

○ الأحجار . الرمل . الزلط . الرخام . الخشب . مطاط . جلد . ماس .

٢ . مواد إصطناعية Synthetic وتنقسم إلى الآتي :-

○ الزجاج . اللدائن . الاسمنت . الجبس . الطوب . الخرسانة . السيراميك
(الخزف) . اللدائن . الفلين .

ثالثا : المواد المركبة Composite Materials

تنقسم المواد المركبة إلى الآتي :-

مواد مقواه بالحبيبات Particle – Reinforced materials .

مواد مقواه بالألياف Fiber– Reinforced materials .

رابعا : المواد المساعدة للتصنيع Auxiliary materials

تنقسم المواد المساعدة إلى الآتي :-

مواد اللحام واللصق Soldering and Adhesion materials

مواد التنظيف Cleaning materials

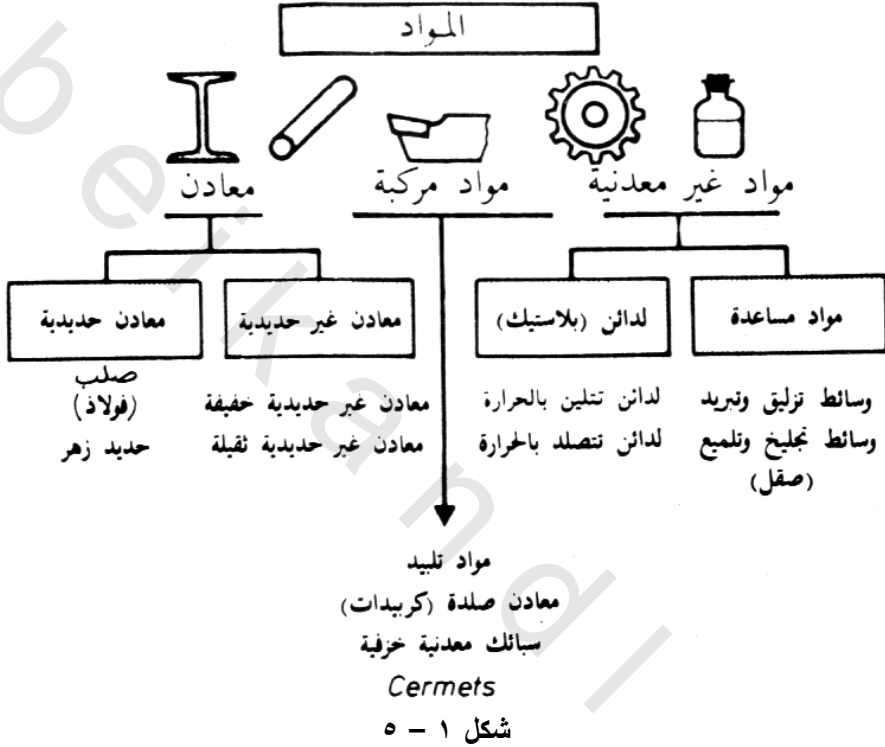
المواد الحاكاة للتجليخ والتلميع Grinding and Polishing materials

الحراريات Refractories

المواد العازلة Insulators materials .

خامسا : مواد أخرى

مواد أخرى الغرض منها الطاقة مثل المياه والوقود والمفرقات ومواد الطاقة النووية.



تصنيف المواد الهندسية

إختيار المواد الهندسية :

عند إختيار مواد هندسية لإنتاج جزء معين على سبيل المثال ، فإنه يجب تحديد متطلبات وظيفة هذا الجزء بالإضافة إلى الإعتبارات الإقتصادية ، وبالتالي فإنه يجب الإلمام بالمعارف الأساسية التالية :-

١. أنواع المواد التي يمكن الحصول عليها وخواصها.

أساسيات هندسة الإنتاج

٢. الإستعمال المطلوب.

٣. طرق وأساليب التصنيع الممكنة لتلك المواد ، أى ملاءمة خصائص المواد لأساليب التصنيع المختلفة ومدى تأثرها بتلك الأساليب.

٤. التوفير النسبي في المواد ، مع الأخذ في الاعتبار تكاليف المنتج .. من حيث قيمة المواد وأسلوب التصنيع وقدرة المنتج على المنافسة في الأسواق التجارية.

إرتباط العناصر السابق ذكرها بعضها ببعض .. يمثل المفهوم الأساسي لإختيار المواد الهندسية وأسلوب تصنيع المنتج المطلوب تصنيعه . علما بأنه لا يكفي إختيار المواد ذات الخصائص المناسبة الرخصة ، فقد تكون تكلفة تصنيعها باهظة ، كما أن كثير من خصائص المواد تتأثر بصورة مباشرة بأسلوب التصنيع المستخدم.

بذلك يمكن الوصول إلى قناعة بأن إختيار المواد الهندسية لتصنيع منتج معين ، هي عملية توافق بين خواص المواد المتاحة والمتطلبات والظيفية للمنتج والتي يمكن تشغيلها أو تشكيلها بالوسائل والمعدات بأقل تكلفة ممكنة.

جدول ١ - ١ يوضح أمثلة لبعض المنتجات والخواص المطلوبة لكل منها.

جدول ١ - ١

أمثلة لبعض المنتجات والخواص المطلوبة

الخاصية	المنتج المطلوب
مقاومة للكسر	سلاسل
مقاوم لتآكل والبرى	قضيب محور دوار
قدرة على امتصاص الطاقة	نابض (ياي)
مقاومة للأحمال المتكررة	قواعد إرتكاز
الصلادة والمتانة مع خفة الوزن	أجزاء طائرات
مقاومة للضغط	أعمدة خرسانية

خواص المواد الهندسية

خواص المواد الهندسية .. تعني جميع الصفات التي تتصف بها الفلزات (المعادن) من حيث الخواص الطبيعية . الميكانيكية . الحرارية . الكهربائية . الكيميائية وغيرها.

تفيد هذه الخواص عند مقارنة العينات والمنتجات المختلفة للمادة الواحدة ، هذا يعني أنه عند المعرفة الدقيقة لمادة أو لمجموعة مواد التي تؤدي إلى انخفاض في ثمن المنتج .. فإنه يجب معرفة خواص هذه المواد تحت ظروف متباينة للحصول على المعلومات التي تؤثر على القيمة الاقتصادية بغرض الوصول إلى منتج يؤدي نفس الغرض.

علماً بأنه قد تكون الخواص في بعض الاستعمالات مرغوبة بصورة واضحة ، في حين أنها في استعمالات أخرى تكون غير مرغوبة.

أنواع خواص المواد :

يمكن تقسيم خواص المواد الهندسية كما هو موضح بجدول ١ - ٢ إلى الآتي

—:

جدول ١ - ٢

خواص المواد الهندسية

النوع	الخاصية
طبيعية	الأبعاد . الشكل . الكثافة . الوزن النوعي . المسامية . نسبة الرطوبة . بنيان مرئي بالعين المجردة . بنيان دقيق .
كيميائية	التركيب الكيميائي (الحمضي . القلوي) . مقاومة الصدأ . عدم التأثير بالتغيرات الجوية . إمتصاص الماء . عدم إمتصاص الماء . الإنكماش . التمدد . التأثير بالرطوبة .
حرارية	الحرارة النوعية . التمدد . التوصيل الحراري .
ميكانيكية	مقاومة الأحمال والإجهادات . سهولة التشكيل . الإنفعال . المرونة . اللدونة . الممتطولية . القصفة . منحنى الإجهاد . المرونة . الصلادة . المتانة .
كهربائية	موصل جيد للتيار الكهربائي . موصل رديئ للتيار الكهربائي . غير موصل للتيار الكهربائي .
مغناطيسية	قابليته للمغطة . عدم قابليته للمغطة .
بصرية	اللون . نفاذ الضوء . إنعكاس الضوء .
سمعية	التوصل الصوتي . إنعكاس الصوت .

الخواص الميكانيكية للمواد

لكل مادة خصائص ومميزات تحدد شخصيتها ومجال إستخدامها ، كما إنها تلعب دوراً هاماً في إختيار أساليب التشغيل المناسبة لها ، ويمكن توصيف المادة بمدى مقاومتها ومطاوعتها للقوى الواقعة عليها وبالتغيرات في المقاومة والانفعالات والاجهادات المؤثرة عليها أثناء التشغيل أو التشكيل . ومن ثم فإن الخواص الميكانيكية لمواد التصنيع المختلفة تحدد من خلال سلوك هذه المواد ، وتبعاً لذلك توجد مواد

قابلة لعمليات التصنيع كالصب - الطرق - اللحام - التشغيل بالقطع وغيرها من العمليات ، كما أن الخواص الميكانيكية تستخدم كأساس للمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة.

المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق عمليات السباكة .. مثل حديدي الزهر - الرصاص - سبائك النحاس - سبائك الألومنيوم .

المواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ، الدرفلة ، الثني ، مثل الصلب - النحاس - سبائك الألومنيوم .

المواد القابلة للحام يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحام بالضغط مثل الصلب والمعادن الغير حديدية .

المواد القابلة للتشغيل بالقطع يمكن تشغيلها على آلات القطع .. على سبيل المثال بواسطة الثقب - القشط - البرد - الخرت - التفريز - التخليق - التجليخ الخ ، وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض .

كما توجد خواص ميكانيكية ، تحدد أهم صفات الخواص الميكانيكية للمعادن وهي الآتي :-

المتانة : Toughness

عكس القصفة .. وهي قدرة المعدن على تحمل الصدمات ومقاومة الإجهادات الخارجية المفاجئة دون أن يتحطم ، وهي صفة تجمع ما بين المرونة والصلادة.

الصلادة : Hardness

هي الخاصية التي تمكنها من الإحتفاظ بشكل سطحها سليماً متماسكاً تحت تأثير الأحمال.

وتعرف بقدرة المادة لمقاومة التشوه . النقر . القطع . الخدش . البرى (التآكل) نتيجة للإحتكاك وأيضا لمقاومة الخدش أو القطع . يوجد للصلادة عدة أنواع أهمها ما يلي :-

(أ) **صلادة الخدش** : Scratch Hardness

هي خاصية مقاومة سطح المادة للخدش.

(ب) **صلادة البرى** : Wear Hardness

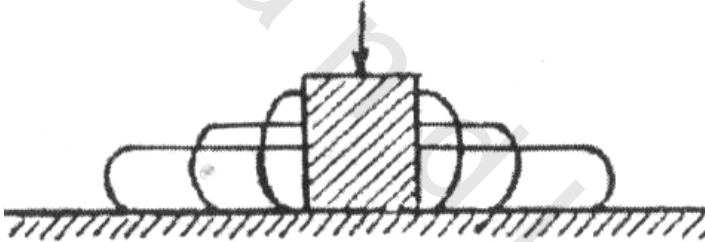
هي خاصية مقاومة سطح المادة للبرى نتيجة الإحتكاك.

(ج) **صلادة الارتداد** : Rebound Hardness

هي خاصية قدرة المادة للرجوعية .. أى إمتصاص الطاقة وإعادتها مرة أخرى للأحمال المؤثرة مسببة إرتداد لها ، ترتفع قيمتها كلما زادت صلادة المادة.

(د) **صلادة التشكيل بالماكينات** : Malleability

هي قدرة المادة على التشكيل بواسطة الطرق Hammering أو الدرفلة Rolling بدون كسر كما هو موضح بشكل ١ - ٦ ، وهي خاصية مشابهة للمطولية ولكن لا يوجد علاقة مباشرة بينهما.



شكل ١ - ٦

مادة مشكّلة بالطرق تحت تأثير حمل الضغط

المرونة : Elasticity

هي خاصية تغيير شكل المادة تحت تأثير قوى معينة ، ثم تعود إلى شكلها وأبعادها الأصلية بعد زوال الإجهادات المسلطة عليها .. هذا يعني أن المرونة عكس اللدونة.

معايير المرونة : Modulus of elasticity

هو قيمة الزيادة في الإجهاد مقسوماً على الزيادة المناظرة في الإنفعال لجزء

الخط المستقيم الابتدائي لمنحنى الإجهاد والإنفعال . وحدة قياسه هي Kgf / cm^2

يساوي معايير المرونة في الشد والضغط لأكثر المعادن ، ويعبر عن معايير

الليونة في الشد والضغط بالعلاقة التالية :-

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

حيث E معايير المرونة في الشد والضغط.

اللدونة : Plasticity

هي قابلية المادة للتشكيل (تغيير شكلها) تحت تأثير إجهادات أو قوى خارجية

، دون عودته إلى شكله الأصلي بزوال تلك الإجهادات .. هذا يعني أن اللدونة عكس المرونة.

لا يوجد في الطبيعة مادة مرنة تماماً ، فالمطاط على سبيل المثال يأخذ شكل عندما يسلط عليه حمل .. ولكنه يعود بعد إلى حالته وأبعاده بعد زوال الحمل المسلط عليه.

هذا يعني أن هناك مواد لها خاصية المرونة العالية في حدود مدى معين من الإجهادات ، ثم تتحول إلى لدنة لدرجة معينة ومن أمثلة ذلك الصلب ، وهناك مواد أخرى لها لدونة عالية وقليل من المرونة مثل الرصاص.

الهشاشة : Crackly

هي عدم قدرة المعدن للصدمات أو للأحمال أو القوى الخارجية المؤثرة عليه ، الذي يؤدي إلى تحطيمه .

المطيلية : Ductility

هي قابلية المعدن للاستطالة ، ويكون ذلك تحت تأثير قوى الشد ، أى قابلية

للسحب .. كما هو الحال بعملية السحب إلى أسلاك.

وتقاس نسبة ممطولية المادة .. (نسبة الزيادة في طول المادة) من العلاقة

التالية:-

$$\text{النسبة المئوية للإستطالة} = \frac{\text{الزيادة في طول المادة}}{\text{طول المادة}} \times 100$$

$$\text{النسبة المئوية للإخفاض مساحة المقطع} = \frac{\text{النقص في طول المادة}}{\text{مساحة المقطع الأصلية}} \times 100$$

الليونة : Cottony

عكس الصلادة ، وهي قابلية المعدن للثني والحنى والالتواء.

القصفية : Brittleness

معناها الهشاشة ، وهي قابلية المادة للكسر قبل حدوث تغير ملحوظ في الشكل مثل حديد الزهر والزجاج والخرسانة .. فإنها تنكسر تحت تأثير حمل دون أن يحدث لها تغيير في الشكل . يعتبر التقصف عكس الممطولية.

الصلابة : Stiffness

هي خاصية تماسك المادة ومقاومتها لأى نوع للتغير في الشكل ، وهي عكس السيولة.

الرجوعية : Resilience

هي كفاءة المادة لإمتصاص طاقة الإجهادات المبذولة في حدود المرونة.

المتانة : Toughness

عكس القصفية ، وهي خاصية المواد التي تعبر عن قدرتها على تحمل ومقاومة الإجهادات ، هذه الخاصية تجمع ما بين المرونة والصلادة.

قابلية السحب :

هي استجابة المعدن للتمدد باتجاه الشد أو التشكيل بالطرق .

قابلية الطرق :

هي استجابة المعدن للتشكيل بالتمدد في جميع الجهات عند طرقه بدون تشقق أو ضغطه أو درفله.

قابلية الشد :

هي مقاومة المعدن للكسر عند تأثير جهد شد .

قابلية اللحام :

هي استجابة قطعتين من المعدن للوصل باستعمال لحام بالضغط أو بالحرارة أو كلاهما معا .

مقاومة الصدم :

هي قدرة المعدن على مقاومة الضربات المفاجئة .

الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها لقوى إستاتيكية أوديناميكية:

يمكن تحديد الخواص الميكانيكية لبعض المواد من خلال التعبير عن سلوكها عند تعرضها للقوى والإجهادات المؤثرة المختلفة ، سواء كانت هذه القوى إستاتيكية أو ديناميكية أو متكررة كالآتي :-

التحميل :

يمكن تقسيم الطرق التي تؤثر بها الأحمال على المادة على الآتي:-

١. حمل إستاتيكي : Static load

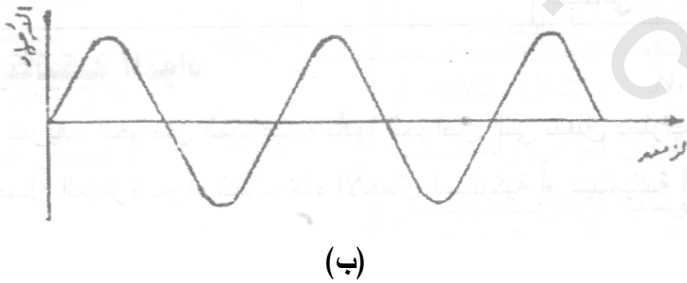
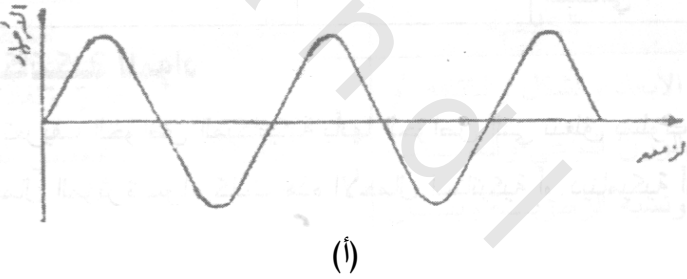
هو القوة أو الحمل الذي يكون تأثيره على المادة بطيئاً ويزداد تدريجياً حتى يصل إلى قيمته القصوى دون حدوث أى صدم أو إهتزاز.

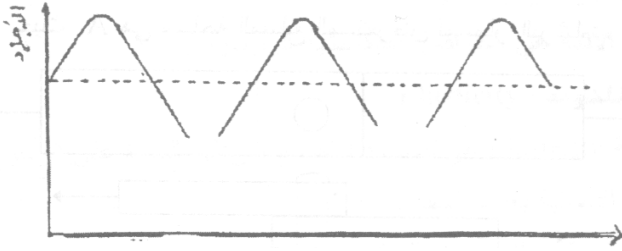
٢. حمل ديناميكي : Dynamic load

هو القوة أو الحمل الذي يطلق على الفلز (المعدن) من خلال صدمة تؤدي إلى حدوث إهزاز . يختلف هذا النوع عن التحميل الإستاتيكي ، حيث تكون الإجهادات الناتجة في هذه الحالة أعلى من الإجهادات الناتجة تحت تأثير حمل بطيء له نفس القيمة.

٣. تحميل متكرر : Repeated loading

الذي يكون فيه تأثير الحمل على المادة عدة مرات ، حيث تتحمل المادة إجهادات معينة إذا كان الحمل مؤثراً لمرة واحدة ، بينما قد يكون هذا الحمل مؤثراً ويؤدي إلى إجهاد المادة تحت تأثير نفس الحمل أو أقل في حالة تكرره لعدة مرات. يؤدي التحميل المتكرر إلى إجهادات متغيرة في حدود معينة كما هو موضح بشكل ١ - ٧ كالآتي :-





(ج)

شكل ١ - ٧

تأثير الإجهادات على المادة عند التحميل المتكرر

- (أ) إجهادات تتغير من قيمة قصوى في الشد إلى قيمة قصوى في الضغط.
 (ب) إجهادات تتغير من قيمة قصوى في الشد إلى قيمة تساوي صفر.
 (ج) إجهادات تتغير من قيمة قصوى في الشد إلى قيمة أقل تكن أعلى من صفر.

الإجهادات : Stress

عندما تتعرض المادة (جزء من منشأ أو جزء من ماكينة على سبيل المثال) لأحمال أو قوى خارجية ، تؤدي هذه القوى أو الأحمال إلى تولد قوى مقاومة في داخل المادة لتلك الأحمال.

تسمى كثافة القوى الداخلية في جزء المنشأ بالإجهاد Stress ، يمكن أن تكون هذه الإجهادات شد Tensile أو ضغط Compressive أو قص Shear .. ووحدتها هي Kg / cm^2 .

يعبر عن إجهاد الشد أو الضغط بالرمز σ ، ويعبر عن إجهاد القص بالرمز q

ويفترض في حالة الأحمال المركزية F في الشد أو الضغط تكون القوى الداخلية عند أي مقطع مستعرض موزعة توزيعاً منتظماً ، وعليه تكون كثافة القوى الداخلية (الإجهادات) عند أي نقطة هي كما هو موضحة بالعلاقة التالية :-

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

حيث σ الإجهاد عند أي نقطة.

P الحمل أو القوة المؤثرة.

A مساحة المقطع المستعرض.

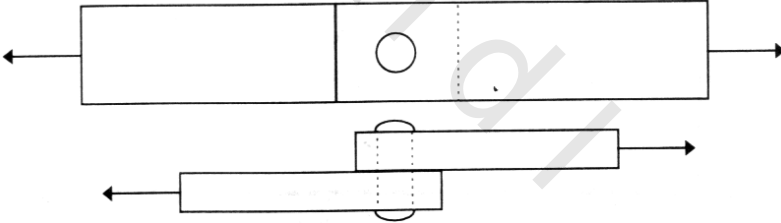
ويمكن إستخدام العلاقة السابقة في بعض حالات القص الذي لا يؤثر فيها الحمل F بطريقة مركزية حقيقية ، ولكنه يؤثر في المستوى المراد حساب الإجهادات عليه ، وعلى سبيل المثال مسمار البرشام الموضح بشكل ١ - ٨ يكون إجهاد القص المؤثر عليه كما هو موضح بالعلاقة التالية :-

$$q = \frac{F}{A}$$

حيث q إجهاد القص.

F الحمل.

A مساحة المقطع المستعرض لمسمار البرشام.



شكل ١ - ٨

إجهاد القص الواقع على مسمار البرشام

التشكيل والانفعال : Deformation & Strain

عندما تؤثر قوى خارجية على المنشأ أو جزء من ماكينة يؤدي إلى تغير في نسبي في شكل وأبعاد هذا الجزء .. يسمى التغير في أى بعد طولي للمنشأ تشكيلاً Deformation ، أما الانفعال Strain فهو وحدة التشكيل أو التغير لكل وحدة من الأبعاد الطولية للمنشأ.

فيما يلي جدول ١ - ٣ الذي يوضح أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة ورموزها وكثافتها ودرجة حرارة إنصهارها.

جدول ١ - ٣

أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة
(رموزها - كثافتها النسبية - درجة حرارة إنصهارها)

المعدن	رمز المعدن	الكثافة النسبية	درجة حرارة الانصهار °م
الألومنيوم	Al (Aluminum)	2.7×10^3	660
البزموت	Bi (Bismuth)	9.8×10^3	271.3
الكاديوم	CD (Cadmium)	8.6×10^3	320.9
الكروم	Cr (cromium)	7.1×10^3	1890
الكوبلت	Co (Cobalt)	8.9×10^3	1490
النحاس	Cu (Copper)	8.9×10^3	1083
الذهب	Au (Gold)	19.3×10^3	1063
الحديد	Fe (Iron)	7.9×10^3	1535
الرصاص	Pb (Lead)	11.3×10^3	326.4
الزئبق	Hg (Mercury)	13.6×10^3	388
النيكل	Ni (Nickel)	8.9×10^3	1458
البلاتين	Pt (Platinum)	21.4×10^3	1773
الفضة	Ag (Silver)	10.5×10^3	960
القصدير	Sn (Tin)	7.3×10^3	231.9
التييتانيوم	Ti (Titanium)	4.5×10^3	1725
التنجستن	W (Tungsten)	4.5×10^3	3410
الزئبق	Zn (Zinc)	7.1×10^3	419.5
الماغنسيوم	Mg (Magnesium)	1.7×10^3	651

الباب الثاني

2

المعادن الحديدية

مُهَيِّدٌ

توجد الفلزات (المعادن) المختلفة كالحديد والمعادن غير الحديدية بالطبقات السطحية والطبقات العميقة بالقشرة الأرضية في صورة غير نقية . تتفاوت الكميات الموجودة والمستخرجة من هذه الفلزات ، كما يتفاوت تركيزها ودرجة نقاوة كل منها من مكان إلى الآخر ، وعادة توجد أغفال الفلزات (المعادن) مختلطة بالأتربة الأرضية والشوائب المختلفة.

كلمة فلز أو معدن هي كلمة مترجمة عن كلمة Metal بالإنجليزية وهذه الكلمة مأخوذة عن كلمة من أصل لاتيني Metallum ومعناها حفرة أو منجم ، حيث كانت تستخرج الفلزات أو المعادن ، وقد أُنْفِقَ أخيراً على إختيار كلمة فلز بدلا من معدن في اللغة العربية.

تستخرج أغفال الفلزات (المعادن المختلفة كالحديد والصلب والنحاس وغيرها) من باطن الأرض ، وتجرى عليها عمليات استخلاص من خلال صهر هذه المعادن باستخدام عدة أنواع من الأفران.

يتناول هذا الباب استخلاص وإنتاج المعادن الحديدية وسبائكها مثل حديد الزهر والصلب بأنواعهم المختلفة.

كما يتعرض لأفران الصهر المختلفة مثل الفرن العالي . فرن الدست المعروف بالكيوبولا . فرن البوتقة . فرن التقلب . المحولات والأفران الكهربائية وغيرها ، والأفران المستخدمة في صهر ونقاوة وتكرير هذه الفلزات ، وذلك من خلال الشرح التفصيلي لكل فرن من هذه الأفران على حدة ، مع عرض لطريقة التشغيل ومميزات وعيوب كل منهم.

الفلزات (المعادن) الحديدية

Ferrous materials

الفلزات (المعادن) الحديدية هي سبائك من حديد مضاف إليها كربون وعناصر أخرى منها السيلكون والمنجنيز والفسفور والكبريت وغيرها.

تنقسم سبائك الحديد حسب نسبة الكربون بها إلى صلب وزهر ، فالسبائك التي تحتوي على نسبة كربون لا تزيد عن ٢ % تعتبر من المعادن الصلبة ، أما السبائك التي تحتوي على كربون بنسبة أكبر فإنها تعتبر من حديد الزهر ، علماً بأن نسبة الكربون في أنواع الصلب الذي ينتج عملياً لا تتجاوز ١.٤ % ، وكذلك نسبة الكربون في الزهر المنصهر عملياً تتراوح ما بين ٢.٥ - ٤.٥ %.

يستخلص الحديد في الأفران العالية ، ويسمى عند صبه بتماسيح الحديد ، أما الصلب فيحصل عليه بالتحويل من الزهر.

الجزء الأكبر من الزهر المستخلص في الأفران العالية يستعمل لإنتاج الصلب ، كما أن جزءاً من هذا الزهر يستعمل لإنتاج مسبوكات الزهر.

الحديد الخام (تماسيح الزهر) من الفلزات (المعادن) الثقيلة ، درجة الحرارة العادية ٧.٨٧٥ °م ، ودرجة حرارة إنصهاره ١٣٠٠ °م ، ودرجة حرارة غليانه ٢٤٥٠ °م . كثافته ما بين ٧.٣ - ٧.٧ كجم/دسم^٣ . نسبة الكربون تتراوح ما بين ٣ - ٤ % .

يعرف الحديد بسهولة تمغنطه ، كما إنه يفقد مغناطيسيته بسهولة أيضاً ويفقدها كلياً في درجة حرارة ٧٦٩ °م . قابلية الحديد للتوصيل الحراري أقل من قابلية الفضة للتوصيل الحراري بمقدار ٦ - ٧ مرات ، وأقل من قابلية الألومنيوم للتوصيل الكهربائي بمقدار ٣ مرات.

الرمز الكيميائي للحديد هو Fe مأخوذة من كلمة لاتينية Ferum ، وهو لا يصدأ في الهواء الجاف ، ولكنه يصدأ بسرعة في الهواء الرطب المحتوي على ثاني

أكسيد الكربون.

استخلاص الحديد الغفل : PIG IRON EXTRACTION :

لا يوجد الحديد منفرداً في الطبيعة ، ولكنه يوجد متحداً مع عناصر أخرى كالأكاسيد أو الأكسوجين أو الكبريت أو السيليكا وغيرها ، كما يحتوي على شوائب من القشرة الأرضية ، هذا يعني أن الحديد يستخرج من الأرض في صورة غير نقية ، ويتفاوت في جودته وتركيزه من موقع إلى آخر ، كما تختلف درجة نقاوته.

العمليات التجهيزية التي تجرى على الحديد الغفل :

المقصود بالعمليات التجهيزية التي تجرى على الحديد الغفل .. هي العمليات الأولية التي تجرى على الخامات المستخرجة من باطن الأرض قبل إرسالها إلى الأفران العالية لإستخلاص الحديد منها.

وهذه العمليات هي في الحقيقة عمليات تحضير وتهيئة وتركيز لهذه الخامات ، وتشتمل هذه العمليات على الآتي :-

١. تكسير الخامات وتفتيتها.

٢. الفرز .. (التصنيف).

٣. التحميص.

٤. الغسل.

٥. التركيز الكهرومغناطيسي.

٦. التلييد.

هذه العمليات رخيصة ، وهي لا تحدث أى تغيير في التركيب الكيميائي للمعدن أو في حالته المعدنية.

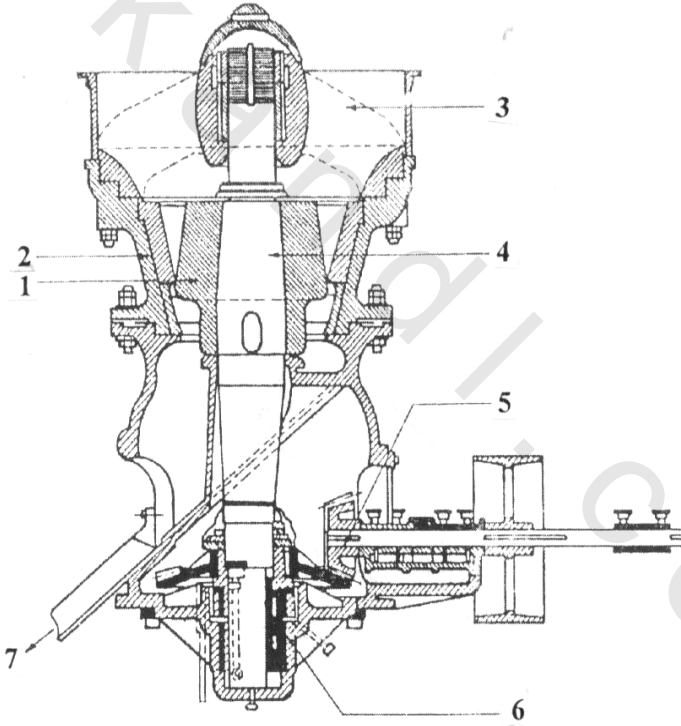
أولاً : عملية التكسير

الصخور المستخرجة من المناجم تكون في العادة كبيرة الحجم نسبياً ، يصل

حجمها إلى ما بين ١.٢ . ١.٥ متر تقريباً ، وإن عمليات استخلاص المعدن من خاماته تتطلب قطعاً صغيرة من الخامة الغفل ، ولهذا السبب تستعمل الماكينات والآلات لتكسير وتفتيت هذه الخامات . تسمى الماكينات المستعملة لهذا الغرض بالكسارات أو الطواحين .

تتم عملية تكسير غفل الحديد في كسارات مخروطية كما هو موضح بشكل ١ - ٢ وذلك عن طريق الضغط المستمر بين مخروطيين ناقصين أحدهما متحرك والآخر ثابت .

تستخدم الكسارات المخروطية على إختلاف أنواعها في تكسير الكتل الخام الكبيرة والمتوسطة والصغيرة . تصل سعة الكسارة المخروطية إلى ٢١٠٠ طن في الساعة .



شكل ١ - ٢

كسارة مخروطية للكتل الكبيرة

أساسيات هندسة الإنتاج

١. المخروط المتحرك.
٢. المخروط الثابت.
٣. شحن الغاز.
٤. عمود الدوران.
٥. تروس نقل الحركة.
٦. العنق.
٧. تفريغ الخام.

ثانيا : الفرز والفصل

المقصود بعملية الفرز والفصل هو تصنيف المواد بعد تكسيرها حسب الحجم ، حيث أن المواد الخام تختلف حجمها بعد عملية التكسير ، فمنها ما يكون صغير الحجم نسبياً أو متوسط الحجم أو كبير الحجم نسبياً.

تتم عملية الفرز باستخدام مغناطيسيات كهربائية ، حيث تلتقط الأجزاء التي تحتوي على حديد وتلقى المواد الأخرى الغير مغناطيسية بعيداً .

أما عملية فصل الخام المكسر فيتم بالمناخل (الغرابيل) ذات شبكات مختلفة من خلال هزازات ميكانيكية ، وتسمى هذه العملية بعملية تصنيف المواد حسب الحجم.

ثالثاً : التحميص

تجرى عملية التحميص لخامات الحديد بعد إستخراجها من المنجم في الهواء الطلق المباشر ، ثم تنقل إلى أفران أو في قمائن خاصة تعمل بالهواء الساخن لتبخير ماء الغسيل وطرده ، هذا بجانب التخلص من جزء كبير من الكبريت وثاني أكسيد الكربون . ولزيادة تركيز الخام تستخدم طريقة الفرن الدوار حيث يختلط الغفل مع الفحم ويسخن في فرن أسطواني دوار ، ترتفع درجة حرارته إلى حوالي ١٢٠٠ م^٠ ، حيث يتخلص من معظم السيليكا والشوائب الأخرى ، وبذلك يتم الحصول على غفل غني بالحديد حيث تبلغ نسبة الحديد بالغفل إلى نحو ٩٠ % تقريباً .

رابعاً : الغسيل

تجرى عملية غسل الخامات باستخدام تيار مائي بضغط مناسب للتخلص من الأتربة والرمل والطين ، كما يعمل التيار المائي على حمل المواد العاطلة والشوائب

بعيداً عن الخام ، وبعد عملية الغسل تجرى عملية التجفيف

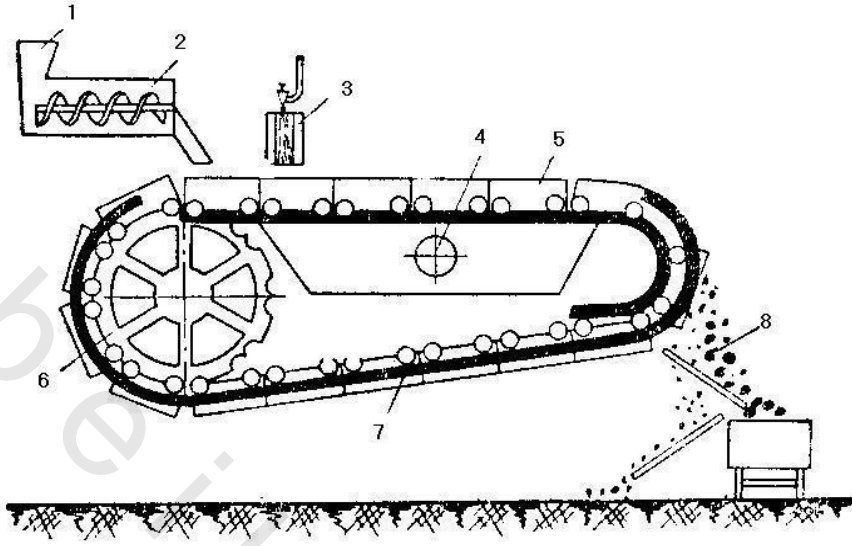
خامساً : التركيز الكهرومغناطيسي

تعمل ماكينات الفصل الكهرومغناطيسية على التقاط أجزاء الخام التي تحتوي على حديد ، وتلقى بالمواد العاطلة والشوائب التي لا يلتقطها المغناطيس بعيداً عنها.

سادساً : التلييد

تجرى عملية تلييد الغفل للأحجار الصغيرة وغبار الخام المتطاير للحصول على أحجار كبيرة . شكل ٢ - ٢ يوضح ماكينة تلييد الخام وهي عبارة عن جنزير يحتوي على عربات صغيرة تتحرك في دورة مغلقة ، تحمل على القضبان الموجودة على هذه العربات طبقة يصل سمكها إلى ما بين ٢٥٠ . ٣٥٠ ملليمتر من خليط مبلل من الخام والوقود المفتت ، ويشعل الوقود بواسطة مشعل ، ويسحب تيار من الهواء من أعلى إلى أسفل ، وتتولد عند اشتعال الوقود درجة حرارة ما بين ١٢٠٠ . ١٣٠٠ °م ، ويتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلى أجزاء كبيرة مسامية تصلح للصهر في الأفران العالية

وقد بدأ في الوقت الحاضر في تلييد خليط من الخام والوقود والمواد المساعدة للصهر Fluxes للحصول على مركب مختلط بمساعدة الصهر ، تعمل هذه الطريقة على رفع كثيراً من إنتاجية الأفران العالية وتخفيض من استهلاك الوقود عند صهر حديد الزهر .



شكل ٢ - ٢

رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تلييد الخام

- | | |
|------------------|-----------------|
| ١. صندوق . | ٥. عربة . |
| ٢. الخلاط . | ٦. ترس محرك |
| ٣. مشعل . | ٧. قضيب . |
| ٤. غرفة التخلخل. | ٨. غريال هزاز . |

إنتاج الحديد الخام

Wrought iron production

يجرى استخلاص الحديد الخام من غفل الحديد في أفران خاصة لتحويله إلى حديد خام كمرحلة أولى ، ويتم ذلك عادة باستخدام الأفران العالية Blast Furnaces ، وفي بعض الأحيان يستخلص الخام في أفران كهربائية ، علماً بأنه بدأ في الآونة الأخيرة إستخلاص الحديد الخام باستخدام غازات مختزلة ساخنة مثل الهيدروجين والميثان وأول أكسيد الكربون ، وقد تختلف وسائل تسخين الغفل بهذه الطريقة ، حيث تستخدم

الوسائل الكيميائية بإحراق فحم الكوك وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون وتوليد حرارة عالية كما هو الحال بالفرن العالي .

تستخدم الطاقة الكهربائية في التسخين بالأفران العالية .. إلا أن إختزال أكسيد الحديد يتم بأسلوب واحد في كلا الطريقتين ، حيث يستخدم كربون فحم الكوك لينزع الأكسوجين من أكسيد الحديد . هذا يعني أنه لا بد من استخدام فحم الكوك في كلا الطريقتين للاختزال أكاسيد الحديد الموجودة بالخام.

الفرن العالي

Blast furnace

يستخدم الفرن العالي في فصل الخامات عن شوائبها بواسطة الصهر ، والتخلص من الأكسوجين الموجود في الحديد الخام عن طريق الإختزال بالكربون لتحويله إلى إيلي حديد زهر (تماسيح حديد).

سمي الفرن العالي بهذا الاسم لضخامته وارتفاعه الشاهق ، حيث يتراوح ارتفاع الفرن الذي يعمل بالكوك إلى ما بين ٣٠ . ٨٠ متر ، ويبلغ قطر أكبر مقطع فيه ما بين ١٠ . ١٤ متر . علماً بأن ارتفاع الفرن الذي يعمل بالفحم الخشبي يصل إلى ٢٠ متراً فقط.

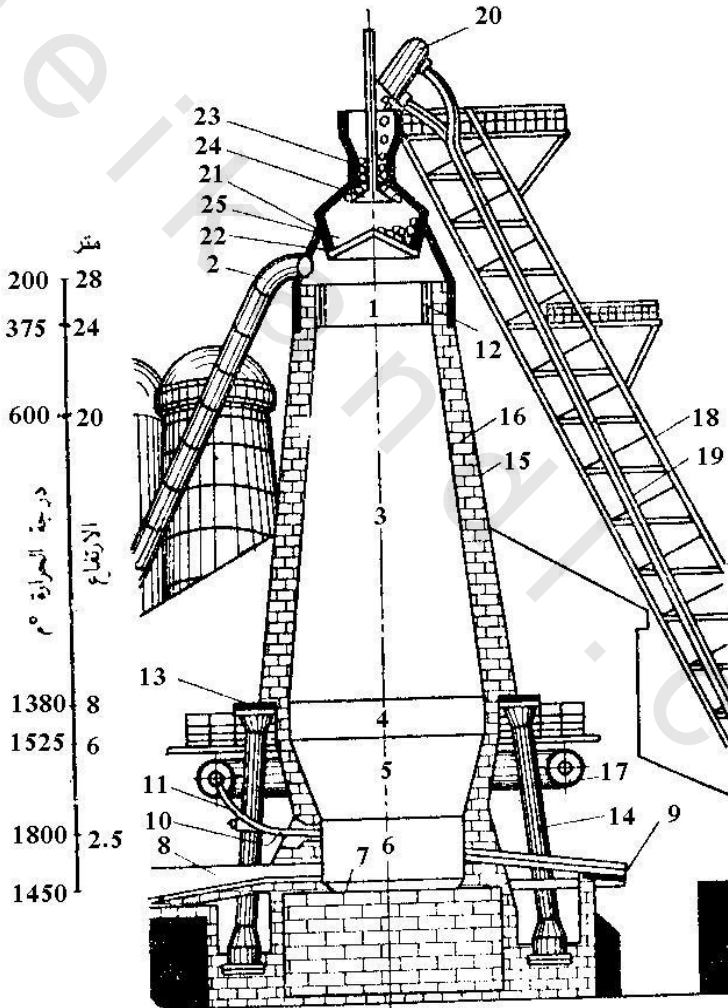
يعمل الفرن بشكل متواصل .. أي بدون توقف منذ إنشائه وتشغيله . يصل إنتاجه إلى أكثر من ٢٠٠٠ طن من حديد الزهر في اليوم.

الفرن العالي الموضح بشكل ٢ - ٣ عبارة عن مخروطين ناقصين مركبين فوق بعضهما البعض ، تم بنائهما بالطوب الحراري ، مغطى من الخارج بغلاف من الصلب . تتراوح درجة مقاومته للحرارة إلى ما بين ١٥٨٠ . ١٧٣٠ °م.

يحيط بجدران الفرن قنوات تبريد مائية مصنوعة من الصلب ، أما قمة الفرن فتتكون من منصة الفوهة وغطاء ناقوسي الشكل ، ويحيط بأكبر مقطع بالفرن أنبوب بشكل حلقي لخروج الهواء منها إلى داخل الفرن.

يعمل الفرن بشكل متواصل .. أي بدون توقف منذ إنشائه وتشغيله . يصل إنتاجه إلى أكثر من ٢٠٠٠ طن من حديد الزهر في اليوم.

سمي الفرن العالي بهذا الاسم لضخامته وارتفاعه الشاهق ، حيث يتراوح ارتفاع الفرن الذي يعمل بفحم الكوك إلى ما بين ٣٠ . ٨٠ متر ، ويبلغ قطر أكبر مقطع فيه ما بين ١٠ . ١٤ متر . علماً بأن ارتفاع الفرن الذي يعمل بالفحم الخشبي يصل إلى ٢٠ متراً فقط.



شكل ٢ - ٣

رسم تخطيطي لمقطع بالفرن العالي

١. قمة الفرن.
٢. ماسورة خروج الغاز.
٣. القصبة.
٤. منطقة الصهر.
٥. الأكثاف.
٦. الكور.
٧. القعر.
٨. قناة صب الزهر.
٩. قناة الخبث.
١٠. فتحات دخول الهواء.
١١. كوع الهواء.
١٢. حلقات.
١٣. حلقة السند.
١٤. مسند.
١٥. الغلاف الخارجي.
١٦. البطانة.
١٧. أنبوب الهواء.
١٨. رافعة عربة الشحن.
١٩. قضيب.
٢٠. عربة الشحن.
٢١. القمع الكبير.
٢٢. المخروط الكبير.
٢٣. القمع الصغير.
٢٤. المخروط الصغير.
٢٥. مواد الشحنة.

الأجزاء الأساسية للفرن العالي :

يتكون الفرن العالي الموضح بالشكل السابق ٢ - ٣ من الأجزاء الأساسية

التالية :-

١. القمة :

هو جزء أسطواني قصير يستقبل الشحنة عن طريق جهاز الشحن بأعلى الفرن ، ويحتوي على جهاز ناثر للشحنة لسقوطها داخل الفرن ، كما يحتوي على مواسير لخروج الغازات الناتجة عن عملية الصهر.

٢. القصبة :

هي جزء أسطواني مخروطي متصل بالقمة ، وهو كثر أجزاء الفرن اتساعاً وارتفاعاً . صممت القصبة بهذا الارتفاع وذلك لحدوث العمليات المختلفة من انتقال الحرارة

والاختزال التي تؤدي إلى انصهار الحديد أسفل القصبية . تحمل القصبية على أعمدة سائدة من الصلب وترتكز على قواعد خرسانية.

٣. منطقة الانصهار :

هو جزء أسطواني قصير ، ويعتبر من أكثر أجزاء الفرن اتساعاً .

٤. الأكثاف :

هو جزء أسطواني مخروطي ، أسفل القصبية .

٥. الكور :

هو جزء أسطواني يتراوح قطره ما بين ٥.٥ إلى ٨.٥ متر ، يتجمع به المعدن المنصهر ، يوجد بالجزء الأسفل عدة فتحات هي :-

- فتحة في القاع لخروج الزهر المنصهر .
- فتحة علوية في مستوى أعلى من مستوى فتحة خروج الزهر ، وذلك لخروج الخبث المنصهر .
- فتحات دخول الهواء الساخن للفرن ، توجد بأعلى الكور ، وتتكون ما بين ١٢ إلى ١٨ فتحة منتشرة على محيط دائرة واحدة . تصل درجة حرارة الهواء الساخن إلى حوالي ١٠٠٠ °م.

شحنة الفرن العالي : BLAST FURNACE CHARGE

تتكون شحنة الفرن العالي من مكونات مختلفة حسب النسب التالية :-

١. خام الحديد :

- يشحن الفرن باثنتين ٢ طن خام حديد قبل شحن خام الحديد إلى الفرن العالي ، ويتم تجهيزه بعدة عمليات تحضيرية كالاتي :-
- (أ) تكسير الخام .
 - (ب) فرز الأحجام الصالحة للشحن ما بين ٣٠ إلى ١٠٠ مم .

- (ج) الأحجام الصغيرة والتربة يتم تلييدها على شكل قوالب بحجم مناسب.
- (د) غسل الخام للتخلص من المواد العالقة به والمواد العاطلة مثل الطفل والسيليكا وغيرها .
- (هـ) يلتقط الخام الصالح لعملية الشحن من خلال مغناطيسيات كهربائية ، ومن الطبيعي فصل المواد العاطلة الأخرى .

٢. فهم الكوك :

يشحن الفرن بطن فحم كوك ، الذي يعتبر من أجود أنواع الوقود المستخدم للصهر في الأفران العالية ، حيث يولد طاقة حرارية تتراوح ما بين ٧٠٠٠ إلى ٨٠٠٠ كيلوكالورى / كجم ، ومن مميزاته أنه يساعد على اختزال أكاسيد الحديد .

٣. مساعد صهر :

يستخدم الحجر الجيري كمساعد للصهر ، حيث يتحد مع المواد العاطلة أو الشوائب الموجودة بالشحنة (المواد الغير معدنية) مكونا خبث سهل الانصهار ، يطفو على سطح المعدن المنصهر ، حيث أن كثافة الخبث المنصهر أقل من كثافة حديد الزهر المنصهر .

٤. هواء ساخن :

ينفخ الهواء الساخن الذي يصل إلى ١٠٠٠ °م من خلال مواسير بأسفل الفرن ، ويحتاج الفرن العالي إلى كمية هائلة من الهواء الساخن بحيث يتراوح ما بين ٢ إلى ٤ متر مكعب لكل كيلوجرام من الزهر المنصهر . لذلك فإن الهواء الساخن الذي يصل إلى الأفران العالية الحديثة يصل ما بين ١٣٠٠ إلى ٣٥٠٠ م^٣ / دقيقة ، تحت ضغط ١.٤ إلى ٢.١ ضغط جوي .

العمليات التي تتم داخل الفرن العالي :

يوجد في الفرن العالي تياران متصلان متضادان في الاتجاه ، فمن أعلى إلى أسفل يتساقط الخام وفحم الكوك ومساعدات الصهر ، ومن أسفل إلى أعلى تتصاعد نواتج

احتراق فحم الكوك والهواء الساخن والغازات .

يعبأ الفرن بمزيج من الخامات وفحم الكوك ومساعدات الصهر ، وتقوم رافعة مائلة موجودة بالقرب من الجزء العلوي للفرن بنقل هذه المواد إلى الفوهة ، ويحتاج الفرن العالي عادة إلى مسخنات هوائية قد يصل عددها إلى أربعة ، تعمل هذه المسخنات على تسخين جدران الفرن العالي بالتناوب ، وذلك من خلال حرق غاز الفوهة ، أما وظيفة مساعدات الصهر وأهمها الحجر الجيري فهي تمييع المواد الترابية الصعبة الانصهار المختلطة بالخامات ، وكذلك رماد المواد المحترقة لتحويلها إلى خبث . وفي أحوال كثيرة يتم شحن الفرن العالي بالحجر الجيري مطحونا ملبدا .

يحترق فحم الكوك عند دفع الهواء الساخن عبر المنافس ، وينتج عن هذا الاحتراق غاز ساخن ترتفع درجة حرارته أكثر عند رش زيت إضافي على الفحم لزيادة توهجه

يرتفع غاز إلى الفوهة عبر محتويات الفرن إلى الطبقات العليا جارفا معه غاز ثاني أكسيد الكربون وجزءاً من الكبريت ، أما أكاسيد الحديد المتبقية فإنها تهبط في الفراغ الناتج عن حرق فحم الكوك ، ويتم اختزال أكاسيد الحديد الساخنة .. أي استخلاص الأكسوجين منها بواسطة الغازات الصاعدة والتي تحتوي على أول أكسيد الكربون .

فحم الكوك المتوهج يمتص الكربون ويختزله من الحديد أثناء عملية الصهر ، وينصهر الخام ويهبط الخام ويهبط إلى أسفل ليتجمع في الكور أو في ما يسمى ببئر الفرن ، أما الخبث المنصهر فإنه يطفو بأعلى الحديد المنصهر لكونه أقل كثافة منه ، ويمتص جزءا كبيرا من الكبريت المرافق للمعدن المنصهر وفحم الكوك ويحول دون اتحاده مع الحديد .

يسحب الخبث بصورة مستمرة من خلال قناة الخبث ، ويفرغ حديد الزهر المنصهر ليتجمع في الكور (بئر الفرن) مرة كل أربع ساعات ، وينقل حديد الزهر المنصهر في

بواتق خاصة إلى مصنع الصلب ، أو يصب ويشكل تماسيح تستخدم كمواد خام في المسابك وذلك حسب تركيبه .

منتجات الفرن العالي : BLAST FURNACE PRODUCTS

ينتج الفرن العالي المنتجات التالية :-

١. حديد زهر التماسيح :

يعتبر الحديد المستخلص من الفرن العالي هو المنتج الأساسي للفرن ، ويستخدم في إنتاج أنواع مختلفة للصلب والزهر .

٢. الخبث :

يستعمل الخبث الذي على شكل قار في عمليات رصف الشوارع ، وفي الطوب الخبثي ، كما يدخل في صناعة إسمنت بورتلاند ، وفي صناعة الأسمدة ، والصوف الخبثي الذي يستخدم كعازل حراري وذلك لرداءة التوصيل للحرارة.

٣. الغازات :

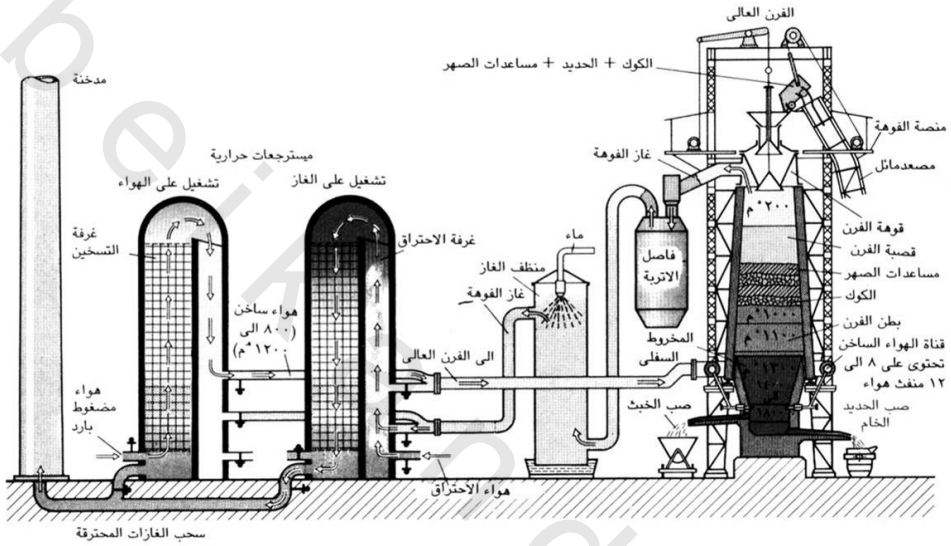
تتكون الغازات المنتجة من أول أكسيد الكربون بنسبة ٢٥ % تقريبا ، أما الغازات الباقية فهي مكونة من ثاني أكسيد الكربون وأكسوجين وأوزون ، وهذه الغازات قابلة للاحتراق ، تستعمل في تسخين الهواء في منشأة الفرن ، كما تستخدم كوقود للمحركات الغازية ، وتسخين غرف فحم الكوك ، وفي التدفئة .

ملاحظة :

تعتبر تماسيح الحديد المنتجة من الفرن العالي كمادة خام ، هذه المادة الخام لا تصلح للعمليات الصناعية مباشرة ، إلا بعد إجراء عمليات تنقية بتجهيزات بدرجات مختلفة ، باستخدام الأفران والمحولات وذلك للحصول على الزهر والصلب بدرجاته .

منشأة الفرن العالي : BLAST FURNACE ESTABLISHMENT

يحتاج الفرن العالي إلى منشأة ، وهي تتمثل في إنتاج العمليات العديدة مثل رافعات للشحنة - تجهيز الهواء الساخن - ماء تبريد - فواصل للأتربة والمواد غير المرغوب فيها ... وغيرها . لذلك لا يعمل الفرن العالي بمفرده بل يجب إنشاء وحدات بجواره للمساعدة في عمليات الصهر . شكل ٢ - ٤ يوضح منشأة الفرن العالي .



شكل ٢ - ٤

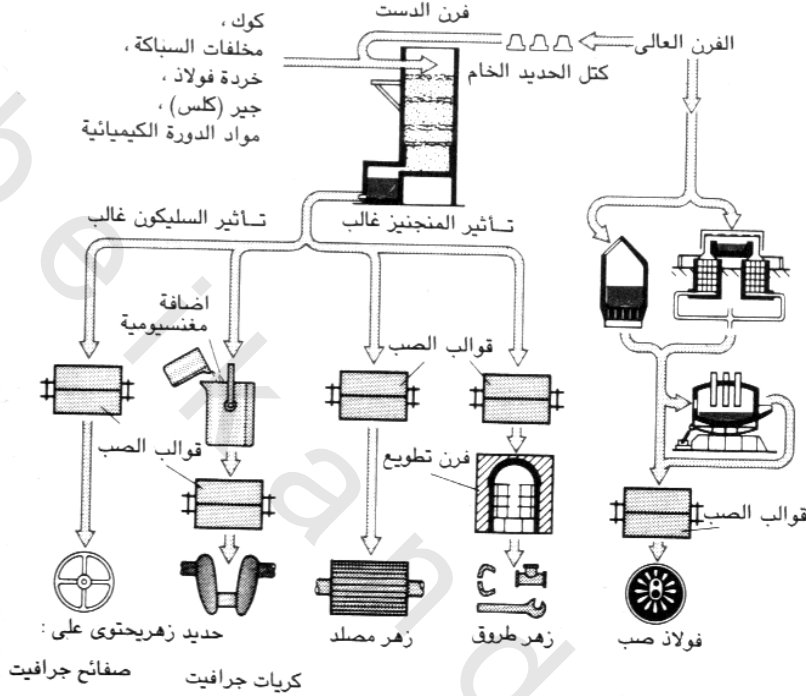
منشأة الفرن العالي

استخلاص الزهر من الحديد الخام :

تعتبر تماسيح الحديد المنتجة من الفرن العالي كمادة خام ، لا تصلح لأعمال السباكة Casting قبل أن تجري عليها عمليات تنقية . وعادة تتم عملية التنقية من خلال صهر تماسيح الحديد الخام الرمادي مع خردة الحديد والصلب في أفران الصهر مثل فرن الدست أو الفرن الكهربائي كما هو موضح بشكل ٢ - ٥ ، وذلك لتحويل الحديد المنتج من الفرن العالي إلى حديد صالح للصناعة.

وللتخلص من الخبث يضاف الحجر الجيري ، وبهذا الصهر يكون حديد الزهر

المنتج أكثر كثافة وتماسك وذا حبيبات أنعم وأدق.
وبالتبريد البطيء بعد الصهر ينفصل الكربون في أغلب الأحوال بشكل صفائح من الجرافيت.



شكل ٢ - ٥

تحويل الحديد الخام إلى حديد قابل للصب

والشائع بصفة عامة وبدون إستثناء هو استخدام سبائك أو خلائط من الحديد وعناصر أخرى مثل الكربون والسليكون والمنجنيز مع بعض الشوائب الأخرى مثل الكبريت والفسفور ، هذه العاصر وأهمها الكربون تحدد إلى قدر كبير نوع وخواص سبيكة الحديد الناتجة.

خواص حديد الزهر القابل للصب :

من أهم خواص القصدير هي الخواص التالية :-

الرمز : GG .

كثافته : ٧.٢٥ كجم/دسم^٣.

درجة إنصهاره : ١١٥٠ . ١٢٥٠ م^٠.

درجة حرارة الصب : ١٣٥٠ م^٠.

متانة الشد ١٠ . ٤٠ كجم/مم^٢.

الإنفعال : معدوم تقريباً.

نسبة الإنكماش : ١ %.

التركيب : ٢.٥ . ٣.٦ % كربون.

١.٨ . ٢.٥ % سليكون.

١.٠ . ٠.٤ % منجنيز.

٠.٩ . ٠.٢ % فوسفور.

٠.١٢ . ٠.٨ % كبريت.

المواد الحديدية المستخدمة في الصناعة :

يمكن تقسيم المواد الحديدية المستخدمة في الصناعة إلى الأنواع الثلاثة

التالية :-

١. خامات معدنية.

٢. مواد نصف مصنعة.

٣. منتجات نهائية.

أولاً : الخامات المعدنية

هي معادن متحدة مع عناصر أخرى على شكل أكاسيد أو كربونات أو كبريتات وغيرها ، توجد هذه العناصر في الطبيعة مختلطة مع مواد أخرى تسمى بالمواد العاطلة .

تستخرج الخامات في الطبيعة بواسطة الصناعات التعدينية ومنها على سبيل المثال

لا الحصر .. خام الهيماتايت . خام الماجنتايت أما المواد العازلة في الخامات فهي السيليكا (الرمال) . الألومينا (إحدى مكونات الطين) . أكسيد الكالسيوم (الجير) .

ثانيا : المواد نصف المصنعة

هي المواد التي أجرى عليها بعض العمليات التصنيعية والتي لا تزال تنتظر إجراء عمليات تصنيعية أخرى للحصول على أشكال وخواص مناسبة.

تعرف المواد نصف المصنعة بأنها ذات أشكال متعددة ، تتوقف هذه الأشكال على المرحلة التي وصلت إليها في التصنيع .. فيما يلي بعض الأمثلة للمواد الحديدية نصف المصنعة.

المعدن الخام :

هو المعدن الناتج عن عمليات الاستخلاص الأولية من الخام المعدني الأصلي . يحتاج التركيب الكيميائي للمعدن الخام إلى تعديل بواسطة عمليات تصنيعية أخرى للحصول على التركيب النهائي المطلوب .. كما هو الحال في تسلسل عمليات حديد الصلب والزهر.

معدن مجهز :

بعد إعادة صهر المعدن الخام وضبط تركيبه الكيميائي يكون جاهز للصب في القالب بالشكل المطلوب ، وأقرب مثال لذلك هو إعادة صهر الزهر الخام المستخرج من الفرن العالي في فرن الدست أو صهره في أي أفران أخرى ، ثم يصب في قوالب بالأشكال المطلوبة ، أو يحول في فرن تحويلي آخر إلى حديد صلب ويصب على شكل كتل.

هي الأشكال التي تنتج عن طريق صب المعدن المنصهر في قوالب (قوالب رملية أو تجاويف لها نفس الشكل المراد إنتاجه) ، ثم يبرد المعدن ويتجمد في هذه القوالب أو التجاويف للحصول على مسبوكات بالأشكال المطلوبة.

كتل التشكيل :

تصب المعادن المراد تشكيلها تشكيلاً لدناً عن طري الدرفلة أو الطرق على شكل كتل تشكيل . يتراوح وزن هذه الكتل ما بين ١٠٠ كيلوجرام إلى ١٠ طن.

كتل تشكيل نصف مدرفلة :

جميع كتل التشكيل يجرى عليها درفلة أولية لتغيير التركيب البلوري للمعدن ، لأنه عادة لا يكون غير متجانس ، ومن ثم فإنه لا يلائم عمليات التشكيل اللدنة اللاحقة.

ينتج من عمليات الدرفلة الأولية كتل نصف مصنعة .. يطلق عليها بالكتل المربعة أو بلاطات التشكيل.

القضبان :

هي المنتجات المنتجة عن طريق الدرفلة أو البصق أو السحب ، وعادة تكون على شكل أطوال كبيرة ذات مقاطع صغيرة .. قد تكون هذه المقاطع مستديرة أو مربعة أو مسدسة أو مستطيلة ، ويمكن تكون هذه القضبان مستقيمة وقد تكون أحياناً ملفوفة على بكرات.

المطروقات :

هي المنتجات اللدنة الناتجة عن طريق طرقات متتالية على المعدن الذي يكون في حالة لدنة.

القطاعات الإنشائية :

هي منتجات ذات أطوال كبيرة ، تأخذ قطاعاتها أشكالاً معددة ومنها على سبيل المثال حرف I أو حرف T أو على شكل زاوية . وتنتج هذه القطاعات عن طرق الدرفلة وتستخدم في الأعمال الإنشائية وبالبناء.

الأسلاك :

يطلق إسم الأسلاك على القطاعات المستديرة الصغيرة التي لا يزيد قطرها عن ٢ ملليمتر.

تنتج الأسلاك عن طرق سحب القضبان المعدنية .. وعادة تكون أطوالها كبيرة جداً.

الألواح :

هي منتجات مسطحة ذات تخانات مختلفة، لا يقل سمكها عن ١ ملليمتر، يتم إنتاجها عن طريق الدرفلة.

الصاج :

تصنع ألواح الصاج من الحديد يتم إنتاجها عن طريق الدرفلة ، وهي ألواح مسطحة ذات تخانات مختلفة ، لا يقل سمكها عن ١ ملليمتر، منها المجلفن بالزنك ويسمى بالصاج الأبيض المجلفن ، أما الغير مجلفن فإنه الذي لم يعالج كيميائياً ويعرف بالصاج الأسود.

الرقائق :

هي ألواح مسطحة ذات تخانات مختلفة ، سمكها أقل من ١ ملليمتر ، يتم إنتاجها عن طريق الدرفلة.

تستخدم المواد نصف المصنعة ذات الأشكال المتعددة كمواد أولية لصناعات أخرى ، وعلى سبيل المثال يستخدم السلك في صناعة المسامير ، كما يستخدم بعد معالجته كيميائياً في صناعة النوابض اللولبية (السوستة أو الزنبرك أو الياى).

ويستخدم الصاج في صناعة هياكل السيارات والثلاجات والأفران وغيرها . أما الكتل المربعة فإنها تستخدم كمواد أولية في عمليات الحداة أو البثق. وتستخدم القضبان ذات المقاطع المستديرة أو المربعة أو المسدسة أو

المستطيلة كمواد أولية في عمليات قطع المعادن (البرادة . الخراطة . المقاشط . التفريز . التخليق).

ثالثاً: المنتجات النهائية

هو المنتجات الناتجة عن مرورها بجميع مراحل التصنيع كالتشكيل والتشغيل والمعالجة والطلاء .. وأصبحت جاهزة للاستخدام النهائي أو لتجميعها مع منتج آخر.

إنتاج المعادن الحديدية

FERREOUS METALS PRODUCTION

تعتبر المعادن الحديدية من أكثر المواد استخداماً في الصناعات الهندسية ، حيث تمثل أكثر من ٩٠ % من وزن أى ماكينة ، لذلك فإنها تحتل مركزاً لم تستطع أى مواد معدنية أخرى منافستها ، كما أن سبائك الحديد سواء كانت على هيئة ألواح أو قضبان أو أسلاك أو قطاعات إنشائية ذات مقاطع مختلفة ، أو مسبوكات أو مطروقات .. فإنها تمثل العمود الفقري لأى إقتصاد صناعي حديث.

يستخلص الحديد من المواد الخام من خلال صهرها بهدف إزالة الشوائب العالقة بها ، ومن الصعب فصل المعدن (الحديد النقي) فصلاً تاماً من العناصر المكونة له في الطبيعة ، حيث يتطلب ذلك عمليات معقدة غير اقتصادية ، هذا بجانب كون الحديد النقي ليس له خواص مفيدة من الناحية العملية ، فهو معدن طرى ذو مقاومة منخفضة للصدأ والتآكل ، ولا يتحمل الشد .. لذلك فإنه لا يستخدم ، ولا يوجد له أي استخدام على الإطلاق .

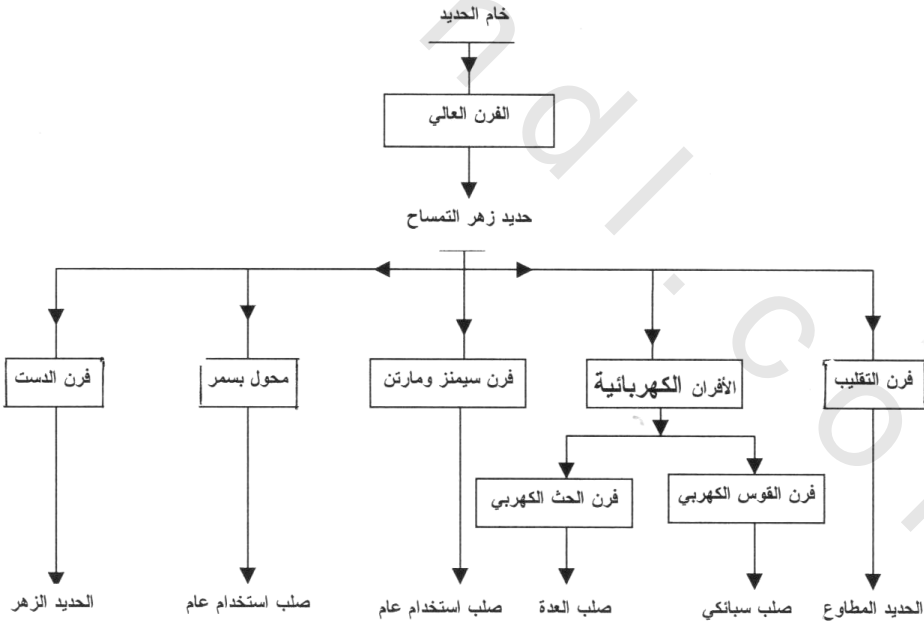
أما الحديد المستخدم في الصناعة فهو عبارة عن سبيكة (خليط) من الحديد النقي مضافاً إليه الكربون بنسبة تتراوح ما بين ٠.١ % . نحو ٣.٧ % مع بعض العناصر الأخرى بنسب ضئيلة جداً مثل السيليكون - المنجنيز - الفوسفور - الكبريت.

وعادة يكون معظم أنواع الحديد المستخدم هو عبارة عن سبيكة تحتوي علي حديد وكربون وبعض العناصر الأخرى.

ويمكن تلخيص عمليات إنتاج المعادن الحديدية المخلفة في الآتي :-

١. استخلاص الحديد الخام باستخدام الفرن العالي لإنتاج حديد زهر التمساح .
٢. استخدام حديد زهر التمساح المستخرج من الفرن العالي لإنتاج الأنواع والمواد الحديدية المستخدمة في الصناعة مثل الحديد المطاوع - حديد الزهر - الصلب بأنواعه .. وذلك باستخدام أفران ومحولات مختلفة ، والغرض من ذلك هو تحسين الخواص الميكانيكية للمعادن المستخدمة كالشد - الضغط - وقابلية الاستطالة والتشكيل بصفة عامة ، من خلال الصهر والصب في قوالب ، أو السحب أو الدرفلة الخ .

شكل ٢ - ٦ يوضح رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها .



شكل ٢ - ٦

كسارة مخروطية للكتل الكبيرة

إنتاج حديد الزهر والصلب

STEEL & CAST IRON PRODUCTION

لا يختلف تركيب حديد الزهر Cast Iron الناتج من عملية التنقية عن حديد الصلب Steel إلا في نسبة إحتوائه على الكربون بصفة أساسية والعناصر الأخرى بصفة ثانوية ، حيث نسبة الكربون في حديد الزهر تصل إلى ما بين ٢.٥ . ٣.٧٥ %، وترتفع نسب العناصر الأخرى كالسليكون والمنجنيز والفسفور والكبريت بنسب مختلفة.

والصلب هو سبيكة من إحدى سبائك الحديد . يحتوي على أقل من ٢ % كربون ، أما الزهر فهو السبائك التي تحتوي على نسب تتراوح ما بين ٢.٥ . ٣.٧٥ % كربون. وإذا تأملنا أى منتج من الأشياء التي تصادفنا في حياتنا اليومية مصنوع من المعادن الحديدية مثل السيارة سنجد أن أكثر أجزاء محركها مصنوع من سبائك الحديد والزهر ، أما هيكلها فهو مصنوع من الصاج ، وإذا تحرينا عن طريقة تصنيعها .. لوجدنا أن هذا المنتج قبل أن يصل إلى شكله النهائي قد مر بسلسلة طويلة مترابطة من العمليات الصناعية ، أدت إلى تغيير في شكل وخواص المعدن لى يتلاءم مع متطلبات الاستخدام النهائي.

وفي كثير من الأحيان يصعب إختصار أى عملية من العمليات المتسلسلة أو البحث عن طريقة أقصر ، إذ إنه بغير هذا التسلسل لا يصل المنتج إلى خواصه المطلوبة.

إنتاج حديد الزهر

Cast iron production

تعتبر تماسيح الحديد المنتجة من الفرن العالي كمادة خام ، لاتصلح لإنتاج المسبوكات قبل أن تجري عليها عمليات تنقية ، وعادة تتم عملية التنقية للحصول علي حديد الزهر عن طريق الصهر باستخدام فرن الدست المعروف بالكيويولا . وهذا الفرن هو صورة مصغرة من الفرن العالي ، ولكنه يختلف في طريقة تشغيله ، حيث إنه لا يعمل بصورة مستمرة مثل الفرن العالي ، بل يتم تشغيله في الفترات التي يحتاج إليها فقط .

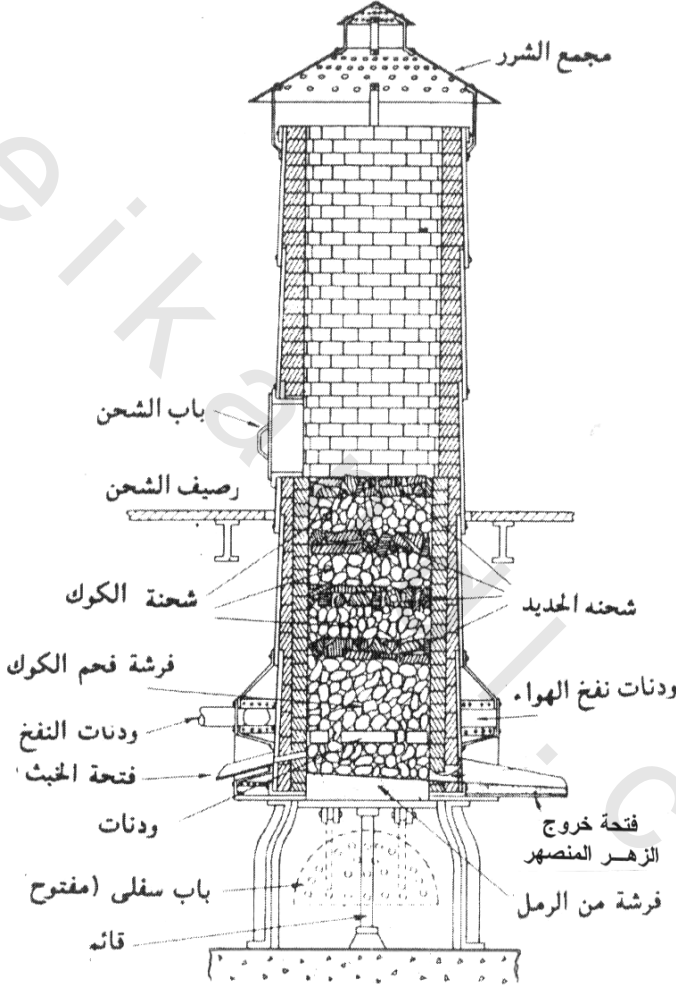
فرن الدست

Cupola furnace

على الرغم من أن اختراع فرن الدست كان في القرن الثامن عشر .. إلا أنه يعتبر من أكثر أنواع أفران الصهر انتشاراً ، حيث ينتج ملايين الأطنان من حديد الزهر سنوياً .. والتي تمثل حوالي ٨٠ % إلى ٩٠ % من حديد الزهر المنصهر في المسابك يسمى فرن الدست بفرن الصهر المستمر .. بمعنى أن عمليتي شحن الفرن واستخراج المعدن المنصهر منه يمكن أن تتم في آن واحد بدون أي تعارض بينهما ، مما يتيح تدفق المعدن المنصهر داخل خزان ملحق بالفرن ، بحيث يمكن استخدام كميات كبيرة من المعدن المنصهر مرة واحدة ، وذلك عند صب القوالب ذات الأحجام الكبيرة من المسبوكات .

يتكون فرن الدست الموضح بشكل ٢ - ٧ من اسطوانة رأسية طويلة مصنوعة من ألواح الصلب التي يتراوح سمكها من ٦ إلى ١٨ ملليمتر ، تبطن بالطوب الحراري . يوجد حول الجزء الأسفل بالفرن صندوق هواء ، وهو الذي يوصل الهواء إلى داخل الفرن عن طريق ودنات ، ومن الطبيعي وجود مراوح لإمداد الصندوق بالهواء اللازم. يشحن الفرن من خلال فتحة عليا على ارتفاع يصل إلى ٦ متر ، ويوجد بقاع الفرن بابين منفصلين ، يكون شكل الفرن عند غلق البابين أشبه بالاسطوانة القائمة

، نهايتها السفلي مغلقة ونهايتها العليا مفتوحة على المدخنة . تدك قاعدة الفرن بأعلى البابين المغلقين برمل المسبك ، ويمكن تفريغ الفرن عند إسقاط هذين البابين . توجد فتحتان بأسفل الفرن ، الفتحة الأمامية لخروج حديد الزهر المنصهر ، والفتحة الخلفية لخروج الخبث .



شكل ٢ - ٧

رسم تخطيطي لفرن الدست

تشغيل فرن الدست : CUPOLA FURNACE WORKING

يوضع كمية كافية من كسر الخشب وذلك لإشعال الفحم ، ثم يملأ قاع الفرن بطبقة من فحم الكوك إلى ارتفاع أعلى من مستوى الودنات ، ويسمى هذا الارتفاع فرشاة فحم الكوك ، وبعد إتمام اشتعال هذه الكمية من فحم الكوك ، يشحن الفرن بطبقات متتالية من الحديد الخام والخردة معا ، وفحم الكوك ، ومساعد الصهر .. (غالبا يكون من الحجر الجيري) ، بحيث تكون كل ثلاث طبقات متتالية شحنة واحدة . الغرض من إضافة مساعد الصهر مع كل شحنة هو الحصول على خبث أكثر سيولة . يعتمد الصهر في فرن الدست على استمرار عملية الشحن وإخراج المنصهر ، إذ كلما تحركت الشحنة إلى أسفل .. أي إلى منطقة الصهر ، يضاف بالفرن شحنة إضافية من أعلى . وتتوقف حجم الشحنة على حجم وسعة الفرن .

يخرج حديد الزهر المنصهر من فرن الدست عند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٠٠ إلى ١٦٠٠ °م ، حيث يصب المعدن المنصهر في بواتق مبطن من الطين الحراري ، وتنقل البواتق عن طريق حوامل خاصة لصب المعدن المنصهر في القوالب المجهزة . تسخن أفران الدست الكبيرة عن طريق أوناش خاصة تستعمل لرفع المواد إلى منطقة الشحن بالفرن .

جدول ٢ - ١ يوضح الشحنة التي تحتوي على المواد المختلفة التي توضع في فرن الدست ، والمواد المنتجة منه .

جدول ٢ - ١

يمثل شحنة فرن الدست والمواد المنتجة

المواد التي توضع بالفرن	المواد المنتجة من الفرن
١٠٠ طن من حديد زهر خام والحديد الخردة	٠.٩٨ طن حديد زهر منصهر
٠.١٥ طن فحم كوك	٠.٥ طن خبث
٠.٠٣ طن مساعد صهر	هذا بالإضافة إلى الغازات المستفاد بها ، والغازات المفقودة بالجو .
١.٢٠ طن هواء	

مميزات فرن الدست :

يتميز فرن الدست عن أفران الصهر الأخرى المستخدمة في المسبك بالمميزات

التالية :-

١. تركيبه بسيط.
٢. سهل الاستعمال.
٣. اقتصادي في استهلاكه للوقود.
٤. إنتاجية عالية.
٥. يمكن استخدامه بنظام الإنتاج المستمر أو الإنتاج المرحلي.
٦. إمكانية التحكم في التركيب الكيميائي لحديد الزهر المنصهر المنتج.
٧. إمكانية الحصول على درجة الحرارة المناسبة لتوفير السيولة المناسبة واللازمة للمعدن المنصهر.

إستعمالات حديد الزهر المنتج من الفرن الدست :

يستعمل حديد الزهر المنتج من الفرن الدست (الكيوبولا) في السبابة لتصنيع

العديد من المصبوبات .. فيما يلي بعض إستخداماته :-

١. أسطوانات ومكابس المحركات البخارية ومحركات الإحتراق الداخلي.
٢. هياكل التربينات والمضخات والماكينات.
٣. أنابيب الغاز وأنابيب الماء كبيرة الحجم.
٤. بعض المستلزمات المنزلية الخاصة بالحمامات.
٥. قواعد وفرش ومنزلاقات وهياكل الماكينات.

مميزات حديد الزهر المنتج من الفرن الدست :

يتميز حديد الزهر المنتج من الفرن الدست (الكيوبولا) بالمميزات التالية :-

١. انخفاض درجة انصهاره للمعدن حيث تصل ما بين ١١٥٠ إلى ١٢٠٠ °م.
٢. يحتوى على نسبة كبيرة من الكربون تتراوح ما بين ٢ . ٤ %.

٣. طول فترة سيولة المعدن المنصهر.

٤. رخيص الثمن.

٥. يحتوي بداخله على نسبة من الجرافيت الحر ، الذي يعمل على تحسين الأداء الزيتي له ، ومن ثم فإنه يساعد على تخفيض معامل الاحتكاك مع المواد الأخرى ، لذلك يستخدم في صناعة المنزلقات الطويلة للماكينات.

تحويل الحديد الخام إلى صلب

المادة الخام الأساسية لإنتاج الصلب هي الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) وكذلك الحديد الخردة .

يحتوي الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) على نسبة كربون تصل إلى ما بين ٢ ٤ % ، علما بان نسبة الكربون بالصلب أقل من ١.٥ % ، بالإضافة إلى ذلك يحتوي الحديد الخام على شوائب غير مرغوب بها مثل السيلكون والمنجنيز والفسفور والكبريت.

بتحويل الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) إلى حديد صلب فإنه يجب تخفيض نسبة الكربون إلى حد كبير ، مع إزالة الشوائب الغير مرغوب بها ، ويمكن التخلص من معظم الكربون والشوائب الأخرى الموجودة في حديد الزهر بحرقها أو أكسدتها عند صهر الحديد الخام ، حيث تتأكسد هذه العناصر أو تحترق لقابليتها للإتحاد بالأكسجين.

تسمى عملية تحويل الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) إلى حديد صلب بالتصفية .. وهناك أساليب مختلفة للتصفية.

طرق إنتاج الصلب : WAYS OF STEEL PRODUCTION

يجرى على الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) المنتج من الفرن العالي ، عمليات تنقية بطرق ذات أساليب مختلفة ، لتحويله إلى صلب باستخدام إحدى الأفران أو المحولات التالية :-

١. المحولات .. (محول بسممر – محول توماس) .

٢. فرن التقليل . فرن سيمنز مارتن .

٣. الأفران الكهربائية .

تحويل الحديد الخام إلى صلب طري :

يمكن تحويل الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) إلى حديد صلب طري (حديد مطاوع) من خلال تخفيض نسبة الكربون إلى حد كبير ، مع إزالة الشوائب الغير مرغوب بها ، ويمكن التخلص من معظم الكربون والشوائب الأخرى الموجودة في حديد الزهر بحرقها أو أكسدتها عند صهر الحديد الخام ، حيث تتأكسد هذه العناصر أو تحترق لقابليتها للإتحاد بالأكسوجين ، وينتج عن ذلك حديد صلب لدن (فقير) لا يحتوي إلا على نسبة ضئيلة جداً من الكربون .. أى حديد صلب طري سهل تشكيله بالطرق أو السحب أو الضغط . ويطلق على هذا الصلب إسم الحديد المطاوع WROUGHT IRON .

يعتبر حديد الصلب الطري (الحديد المطاوع) من أقدم أنواع حديد الصلب الذي استخدمه الإنسان في الحدادة ، وهو من أنقى وأطرى المعادن الحديدية وأقلها إحتواء على الكربون ، حيث يحتوي على نسبة عالية من الحديد تتراوح ما بين ٩٩ . ٩٩ % ، أما نسبة الكربون فإنها تتراوح ما بين ٠.٠٢ . ٠.٠٣ % ، ويمكن زيادة نسبة الكربون في الحديد وذلك حسب الحاجة ، وتحويله إلى أنواع أخرى من الصلب الأكثر صلادة مثل صلب العدة .

يستخدم فرن التقليل لإنتاج الحديد المطاوع المعروف في الوسط الفني بالصلب الطري .

خواص الحديد المطاوع (الصلب الطري) :

PROPERTIES OF WROUGHT IRON

أهم خواص الحديد المطاوع (الصلب الطري) هو الآتي :-

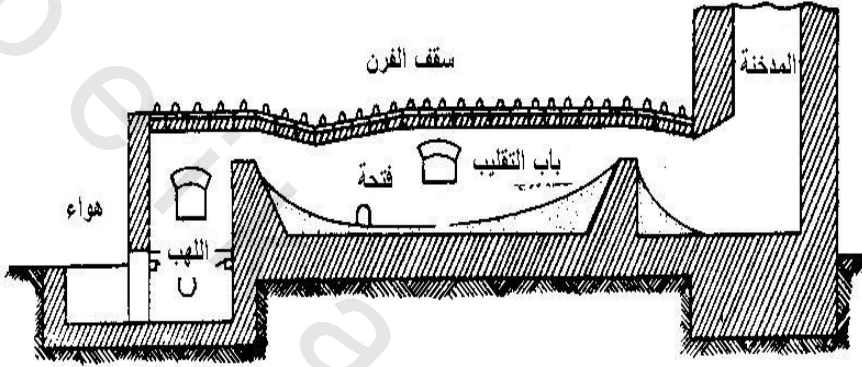
١. سهل التشكيل بالحدادة واللحام الحدادي .

٢. يعتبر من أكثر المعادن الحديدية تقبلا لعمليات السحب والتني والتشكيل.
 ٣. سهل التني على البارد.
 ٤. يتحمل الصدمات.
 ٥. مقاوم للعوامل الخارجية ، حيث أن أكسوجين الجو لا يمكنه الوصول إلى الطبقات الداخلة للمعدن.
- فيما يلي عرض للأفران والمحولات المختلفة المستخدمة في تحويل الحديد الخام إلى أنواع من صلب .. (صلب مطروق أو صلب صلد).

فرن التقلب

Pudding furnace

فرن التقلب الموضح بشكل ٢ - ٨ يسمى أيضاً بالفرن العاكس ، ويطلق عليه لفظ العاكس لأن الشحنة لا تتعرض للهب المباشر الناتج عن احتراق الوقود ، بل تتعرض للغازات الساخنة نتيجة لانعكاسها من سقف الفرن وجدران الفرن إلى الكور.



شكل ٢ - ٨

قطاع بفرن التقلب لصناعة الصلب الطري (الحديد المطاوع)

استخدام فرن التقلب :

يستخدم فرن التقلب (الفرن العاكس) في تحويل الحديد الخام إلى صلب طري مطاوع ، ولو إن استخدام هذا الفرن أصبح محدوداً.

المبدأ الأساسي في هذه الطريقة هو إختزال الكربون الموجود بالحديد الغفل IRON ORE باستخدام الأكسجين.

طريقة فرن التقلب لصناعة الصلب :

توضع الشحنة المتكونة من تماسيح الحديد الخام وخردة الحديد وقدرها ٠.٥ . ٠.٧٥ طن في مجمرة الفرن من فتحة جانبية ، ثم يسלט عليها لهب الوقود

المحترق في الموقد (يستخدم الفحم الحجري كمادة لتوليد الطاقة الحرارية) ، وعند إبتداء انصهار الحديد ، تبدأ عملية خلط الحديد بواسطة قضبان حديد من خلال البوابة الخاصة بذلك ، وتضاف كمية أخرى من أكسيد الحديد وتستمر عملية الخلط ، وبعد حوالي ٣٠ دقيقة تقريباً يتحول الحديد إلى عجينة ، وتتم أكسدة الحديد المضاف لتتكون أكاسيد السيليكون والفسفور والكبريت على شكل خبث ، أما أكاسيد الكربون فإنها تصعد إلى أعلى الفرن وتتحول إلى لهب وتخرج كغازات عادمة من خلال المدخنة . تصاحب هذه العملية غليان الشحنة ، وعندما تنخفض كمية الكربون الموجودة في الحديد ، تنخفض ميوعته ويصعب تقليبها ، كما يصعب خلطه ، ويحول الحديد إلى شكل كتل منصهرة ، ثم تجزأ إلى كتل صغيرة ، يتراوح وزن الكتلة إلى ما بين ٣٠ إلى ٦٠ كيلو جرام.

تخرج هذه الكتل من الفرن وتطرق بالمطارق الآلية للتخلص من الجزء الباقي من الخبث الذي يحتويها . تنقل إلى ماكينات الدرفلة لتحويلها إلى قضبان بمقاطع بأشكال مختلفة .

استعمالات الصلب الطري (الحديد المطاوع) : USES OF WROUGHT IRON

يستعمل الحديد المطاوع المعروف بالصلب الطري في العديد من المنتجات الصناعية .. أهمها الآتي :-

١. عمل السلاسل الحديدية - خطاطيف الأوناش - الأجزاء المفصلية - الأبواب وملحقاتها .. كما يستعمل في صنع بعض المعدات الزراعية.
٢. يستعمل الحديد المطاوع النقي في بعض أجزاء الماكينات الكهربائية كالأقطاب الكهرومغناطيسية والملفات الكهربائية وبعض أجزاء الأجهزة الكهربائية.

تحويل خام الحديد إلى صلب بالنفخ

يتمثل هذا الأسلوب من التحويل في إختزال الكربون بخام الحديد (تماسيح الحديد الخام) من خلال نفخ خام الحديد المنصهر بغاز الأكسجين النقي بدلا من الهواء (النفخ يكون من أعلى الفرن) ، حيث يعمل الأكسجين على حرق الكربون والشوائب الأخرى الغير مرغوب بها مثل السيلكون والمنجنيز والفسفور والكبريت ، لذلك فإن هذه الطريقة تعرف بطريقة الصلب الأكسجيني .

تولد هذه العملية كمية كبيرة من الحرارة تكفي للمحافظة على درجة حرارة الشحنة.

محول بسمر

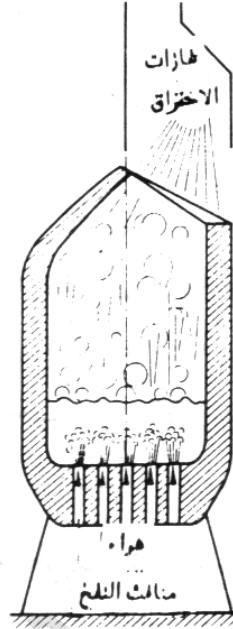
Bessmer converter

اكتشف هنري بسمر عام ١٨٥٥ م طريقة إنتاج حديد الصلب بكميات كبيرة باستخدام محول ، ويعتبر هذا الاكتشاف من الأحداث التاريخية الهامة التي أدت إلى تطور صناعة الصلب.

محول بسمر الموضح بشكل ٢ - ٩ عبارة عن وعاء أسطواني كمثري الشكل على هيئة بوتقة . مصنوع من ألواح الصلب سمكها ١٥ . ٣٠ ملليمتر ومبطنة من الداخل طوب مجهز من مادة مقاومة للحرارة.

يجرى التحويل الحامضي في هذا المحول من خلال البطانة الحامضية المكونة من طوب حراري الذي يحتوي على ٩٠ . ٩٧ سيلكا.

توجد فتحات في قاعدته عددها ٣٠٠ فتحة ، تغلق هذه الفتحات من أسفل عن طريق صندوق الهواء . يبلغ سعة المحول حوالي ٤٠ طن.



شكل ٢ - ٩

محول بسمر

التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي) :

تتم عملية تحويل الخام المنصهر والمأخوذ من الفرن العالي مباشرة ، للحصول على صلب بطريقة بسمر باستخدام محول حامضي .. أي باستخدام فرن مبطن بطوب حراري خاص يحتوي على ٩٠ % سيليكا.

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون نسبة الفسفور الشوائب الموجودة بالخام منخفضة.

يشحن المحول عندما يكون وضعه بشكل أفقي تقريباً ، ويسمى هذا الوضع بوضع الصب ، حيث يصب فيه الحديد الخام المنصهر والمأخوذ مباشرة من الفرن العالي ، ثم يعاد وضعه تدريجياً إلى الوضع القائم الذي يسمى بوضع التشغيل.

خطوات عملية التحويل باستخدام محول بسمر :

تنقسم خطوات عملية تحويل خام الحديد (تماسيح الحديد الخام) من خلال نفخ خام الحديد المنصهر بغاز الأكسوجين بمحول يسمر الموضح بشكل ٢ - ١٠ إلى ثلاث مراحل كالآتي :-

المرحلة الأولى :

تبدأ هذه المرحلة منذ اللحظة الأولى لنفخ الهواء ، وتتميز بظهور شرر كثيف من المعدن عند عنق المحول واحتراقها في الهواء على شكل نجوم مضيئة ، ويفسر ظهور الشرر بتأثر الحديد الخام المنصهر من تيار الهواء المندفِع ، والذي يؤدي إلى تطاير قطرات منه.

في هذه الحالة تبدأ الأكسدة الشديدة للمواد المختلطة بالحديد الخام ، وذلك نتيجة لتفاعل أكسيد الحديد المتكون مع السيليكون والمنجنيز المختلطين بالحديد ، حيث تتوليد طاقة حرارية كبيرة ينتج عنها ارتفاع كبير في درجة حرارة الشحنة ، لتنتقل أكاسيد هذه الشوائب إلى الخبث . تستمر هذه المرحلة ما بين ٣ . ٤ دقائق .. وتسمى بمرحلة تكوين الخبث.

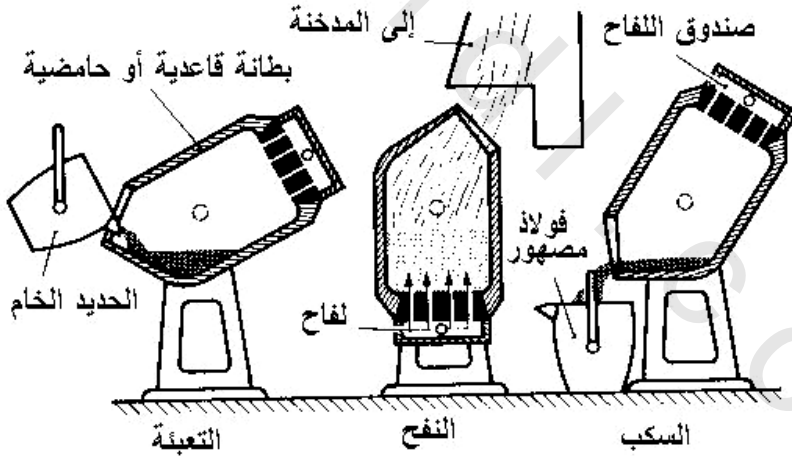
المرحلة الثانية :

تبدأ هذه المرحلة عند ارتفاع درجة حرارة المعدن المنصهر ما بين ١٣٠٠ . ١٦٠٠ م°، مما يخلق الظروف الملائمة لتأكسد وإحتراق الكربون ، الذي يتسبب في تكوين غاز أول أكسيد الكربون الذي يؤدي إلى غليان شديد للمعدن المنصهر ، ونتيجة لعملية الإحتراق السابقة يصعد غاز أول أكسيد الكربون إلى أعلى ويحترق ويتحول إلى ثاني أكسيد الكربون ، ويظهر عند عنق المحول شعلة بيضاء براقية يصل إرتفاعها إلى حوالي ٥ أو ٦ متر.

المرحلة الثالثة :

تبدأ هذه المرحلة عند إنخفاض إرتفاع الشعلة البيضاء إلى حد كبير وتحولها إلى دخان بني داكن ، وذلك نتيجة لنقص تركيز الكربون في المعدن ، وهو دليل على التأكسد الشديد للحديد. وعندئذ تتوقف العملية ، ويدار المحول إلى الوضع الأفقي مع يتوقف تيار الهواء المندفع تدريجياً.

تستمر المرحلة الثالثة حوالي ٣ دقائق ، ويستمر النفخ من خلال إندفاع الهواء بالمعدن المنصهر حتى إحتراق جميع الشوائب . ويدار المحول إلى الوضع الأفقي مع توقف نفخ الهواء المندفع لخام الحديد المنصهر تدريجياً ، ويضاف إلى محتويات الشحنة سبيكة من الحديد والمنجنيز والكربون قبل تفريغها من المحول ، وذلك لإختزال أكاسيد الحديد الذائبة في المعدن المنصهر نتيجة لنفخ الهواء المندفع والذي يخفض كثيراً من جودته ، كما تعمل هذه السبيكة المضافة على ضبط مقدار الكربون بالمعدن المنصهر لإنتاج صلب حسب المواصفات المطلوبة.



شكل ٢ - ١٠

الأوضاع المختلفة لمحول بسم

ملاحظة :

يمكن تمييز المراحل الثلاثة أثناء عملية التحويل ، من خلال مراقبة ألوان الدخان والذهب الصاعد من فوهة المحول .

محول توماس

Thomas converter

قام توماس الإنجليزي الجنسية عام ١٨٧٨ م بتطوير محول بسمر ، حيث صنع بطانة المحول من الدولوميت وهي مادة مقاومة للحرارة والصهر ، لتكون قاعدية للتخلص من العناصر الحامضية الغير مرغوبة بالحديد مثل الفوسفور والكبريت. تستخدم هذه الطريقة عندما تكون نسبة الفسفور والكبريت والشوائب الأخرى الموجودة بالخام مرتفعة ، لذلك يختار لهذا المحول الحديد الخام الغني بالفسفور والذي يصل إلى ٢ %.

يبلغ سعة هذا المحول حوالي ١٠٠ طن ، وقد سمي باسمه (محول توماس) كما عرف أيضا بمحول بسمر القاعدي (نسبة إلى مخترعه الأول) . يعتبر هذا المحول من أكثر المحولات استخداماً.

التحويل باستخدام محول توماس (التحويل القاعدي) :

تسمى هذه الطريقة بطريقة بسمر القاعدية ، حيث أن المحول المستخدم هو نفس محول بسمر السابق ، ولكن توماس قد طوره بحيث تكون بطانته قاعدية للتخلص من العناصر الحامضية الغير مرغوبة مثل كالفسفور والكبريت.

يوضع المحول الذي يدار حول محوره بوضع أفقي ، ثم يشحن بالحديد الخام المنصهر مع خردة الصلب ، ويضاف إليها مقدار من الحجر الجيري يعادل ١٥ % من الشحنة لتكوين الخبث.

يوجه إلى الشحنة تيار هواء مندفع من الفتحات السفلية بقاع المحول ، ثم يدار المحول في وضعه الرأسي ليندفع هواء النفخ خلال الحديد المنصهر ليبدأ التفاعل

بحرق الكربون والعناصر الأخرى ، بالإضافة إلى التفاعل مع بطانة المحول .. وذلك حسب نوعها (حامضية أو قاعدية)

لتنولد الحرارة اللازمة نتيجة لإحتراق الفوسفور في المقام الأول ليصل درجة حرارته إلى 1300°C ، وترتفع درجة الحرارة داخل المحول أثناء النفخ لتصل إلى 1600°C ، وارتفاع درجة الحرارة ليس نتيجة لتأكسد الفوسفور كما هو الحال في محول بسمر (المحول الحامضي) .. بل نتيجة لاحتراقه .

يستمر هذا الوضع ما بين ١٥ . ٢٠ دقيقة ، ثم يقشط الخبث من أعلى سطح المعدن المنصهر ، ويدار المحول للوضع الأول لتفريغه من الصلب المنتج ، حيث يصب بقوالب أو على هيئة أعمدة لإستخدامها فيما بعد في عمليات الدرفلة . يسمى الصلب المنتج من هذا المحول بصلب توماس .

ملاحظة :

يمكن التحكم في نسبة الكربون في الصلب المنتج من المحول من خلال التحكم في فترة التفاعل .. أي في فترة تعرض خام الحديد المنصهر للنفخ .

منتجات محولات بسمر وتوماس :

تنتج محولات بسمر وتوماس المنتجات التالية :-

١. الصلب : STEEL

يعتبر الصلب المنتج من محولات بسمر وتوماس من أجود أنواع الصلب والذي يتميز بالجودة العالية وقابليته لعمليات التشكيل كالحداة واللحام السحب والدرفلة إلخ ، كما يستخدم في إنتاج ألواح الصلب والمواسير الملحومة ، والمشغولات المدرفلة مثل القضبان الكمرات ذات المقاطع المختلفة وكتل الصلب والأسلاك وغيرها من المنتجات .

٢. الخبث : SLAG

يتميز خبث توماس باحتوائه على ٢٥ % تقريباً من خامس أكسيد الفوسفور ، حيث يطحن ويستعمل كسماد زراعي .

مميزات محولات إنتاج الصلب :

تتميز محولات بسمر وتوماس لإنتاج الصلب للآتي :-

١. ارتفاع إنتاجها.
٢. صغر حجمه.
٣. بساطتها.
٤. انخفاض التكلفة الذي يؤدي إلى انخفاض ثمن الصلب المنتج.

عيوب محولات إنتاج الصلب :

عيوب محولات بسمر وتوماس لإنتاج الصلب هي الآتي :-

١. صعوبة تحويل كمية كبيرة من الحديد الخردة إلى صلب بهذه الطريقة.
٢. صعوبة تنظيم عمليات التحويل.

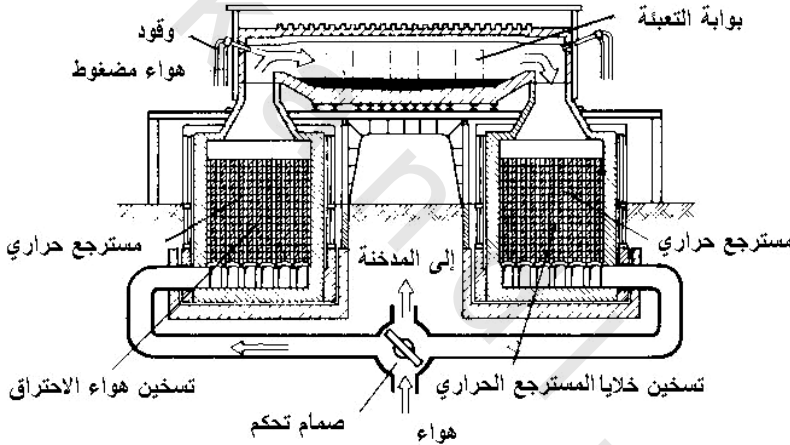
تطوير محولات إنتاج الصلب :

لقد تم إضافة بعض التحسينات في العقود الماضية على محولات بسمر وتوماس أدت إلى تطويرها ، وأهم هذه التحسينات هي نفخ الأكسجين بدلا من الهواء الذي أدى إلى سرعة عملية التحويل ورفع الإنتاج ، كما خفض من نسبة النتروجين (الأزوت) ، ولقد أدى الإستخدام الواسع للأجهزة والمعدات الحديثة إلى المراقبة الدقيقة لعمليات الصهر وتنظيمها بالمحولات ، كما رفعت من جودة الصلب المنتج وجعلت طريقة التحويل أكثر تطوراً.

فرن سيمنز مارتن

Siemens martin furnace

فرن سيمنز مارتن الموضح بشكل ٢ - ١١ سمي بهذا الاسم نسبة إلى مخترعه ، كما سمي بفرن المجرمة المفتوحة OPEN HEARTH PROCESS ، وذلك لأن مجرمة الفرن قريبة من السطح ومعرضة للوقود الغازي بصورة مباشرة. بنى الفرن بالطوب الحراري وغلف بألواح من الصلب . يصل طول الفرن إلى ٢٥ متر وعرضه إلى ٧ متر ، ويتراوح سعته إلى ما بين ٢٠٠ . ٥٠٠ طن. يعمل الفرن على تصفية المعدن المنصهر في مجرمة مفتوحة ، وقد طورت عملية احتراق الوقود في هذا الفرن بحيث يكون فرنًا عاكسًا.



شكل ٢ - ١١

فرن سيمنز مارتن

شحنة فرن سمنز مارتن:

يشحن فرن سمنز مارتن بالحديد الخام المنصهر أو حديد زهر التماسيح وكذلك خردة الحديد والصلب Scrape ونفايات المعادن الحديدية .. هذا يعني أنه قد أمكن

بواسطة هذا الفرن صهر أجزاء الآلات والماكينات القديمة التي أصبحت غير صالحة للعمل والمتراكمة بالمصانع ، هذا بالإضافة إلى الجير أو الحجر الجيري.

وقود فرن سمنز مارتن:

الوقود المستخدم في أفران سمنز مارتن إما أن يكون من الوقود الغازي أو من الوقود السائل ، بحيث يكون له قيمة حرارية عالية ولا يحتوي على كبريت. يستعمل الوقود الغازي مثل غاز الأفران العالية وغاز فحم الكوك ، حيث تختلط هذه الغازات مع الهواء الساخن في غرف خاصة تسمى بالمسترجعات الحرارية قبل دفعها إلى الشحنة ، ويستعمل الوقود السائل عند عدم القدرة على الحصول إحدى أنواع الغازات الجديدة.

طريقة تشغيل فرن سمنز مارتن :

يندفع الهواء الساخن مسبقا عند إشعال لهب الفرن ، ويحترق الوقود المكون من غاز مصانع الكوك أو الغاز الطبيعي أو الزيت ، كما يتم تسخين الهواء عن طريق أحد مسترجعات الحرارة الموجودة أسفل المجرمة .

تتلامس السنة اللهب التي تبلغ درجة حرارتها إلى ما بين ١٨٠٠ . ٢٠٠٠ °م مع سطح الشحنة المنصهرة ، ويتم ذلك عن طريق الإمرار التبادلي لغازات التسخين خلال خلايا المسترجعات الحرارية ، حيث تسخين أحدهما في حين يقوم الآخر بتسخين هواء الاشتعال في نفس الوقت وهكذا . وغالبا يضاف الأكسوجين إلى هواء الاحتراق لرفع درجة الحرارة في الفرن .

وهناك طريقة أخرى لدفع الأكسوجين مباشرة في المعدن المنصهر ، وذلك من خلال مواسير مبردة بالماء والتي تسمى بحربة الأكسوجين ، مما يسمح بخلط الحديد مع المعادن الأخرى ذات درجة انصهار مرتفعة ، الذي يؤدي إلى التجهيز السريع لأنواع من الصلب الملائم للسحب العميق وذلك بسبب ضالة نسبة الكربون فيها . هذه الطريقة تؤدي إلى الارتفاع بجودة الصلب ، كما تجعلها طريقة أقل تكلفة .

أما القيمة الاقتصادية المميزة لطريقة سيمنز مارتن ، تكمن في إمكانية إضافة أجزاء الماكينات التي أصبحت غير صالحة للعمل والمتراكمة في المصانع وكل الأنواع الممكنة من خردة المعادن الحديدية ، كما يمكن تعبئة الفرن بالخردة وحدها أو مع تماسيح الحديد الخام الجامدة أو المنصهرة ، وتضاف بعض المعدن بنسبة بسيطة وذلك لتحسين جودة الصلب المنتج ، ويعرف الصلب المنتج بهذه الطريقة بصلب سيمنز مارتن أو بصلب المجرمة المفتوحة .

منتجات فرن سيمنز مارتن: Simens Martin Furnace Production

ينتج فرن سيمنز مارتن الصلب بأنواع التالية :-

١. الصلب المصلد بأنوعه المختلفة.

٢. الصلب المطيع.

٣. الصلب السبائكي.

مميزات فرن سيمنز مارتن :

يتميز أنواع صلب سيمنز مارتن بالآتي :-

١. إنتاجه الغزير للأنواع المختلفة النقية من الصلب لإنخفاض نسبة الشوائب التي تحتويها.

٢. إنتاج أنواع جيدة من سبائك الصلب.

٣. قاليته المنتج لعمليات الحدادة واللحام.

٤. إمكانية تصليده إذا ارتفعت نسبة الكربون فيه عن ٠.٥ %.

٥. إقتصادي.

الأفران الكهربائية

Electrical furnaces

لا ينتج الصلب في الأفران الكهربائية ، بل يتم تكريره وتنقيته فقط للحصول على

أنواع نقية من الصلب تحتوي على نسبة ضئيلة جداً من الفوسفور والكبريت ، نظراً

لانعدام غازات الاحتراق التي تتسبب في وجود شوائب ونفايات.

تعرف أنواع الصلب بالأنواع المكررة نسبة إلى نقائها أو إلى أسلوب تجهيزها نسبة إلى نوع الفرن الكهربائي المستخدم.

لارتفاع ثمن الكهرباء نسبياً بالمقارنة بالوقود المستخدم في المحولات والأفران ، لذا فإن الأفران الكهربائية تستخدم عادة للتنقية النهائية لأنواع الصلب المنتجة بالمحولات والصلب المنتج بفرن سمز مارتن السابق ذكره لإنتاج سبائك عالية أو منخفضة الخلط.

تعمل الأفران الكهربائية على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية ، ويمكن تقسيم الأفران الكهربائية إلى نوعين أساسيين هما :-

- ١ . أفران القوس الكهربائي .. Electric Arc Furnaces .
- ٢ . أفران الحث الكهربائي .. Electric Induction Furnaces .

أفران القوس الكهربائي

Electric Arc Turnaces

هي أفران قوسية ذات تيار ثلاثي الأطوار ، تحتوي عادة على ٣ أقطاب من الكربون أو الجرافيت أما قاعدتها فإنها تصنع من مادة غير موصلة للكهرباء . يتراوح سعتها إلى ١٨٠ طن.

تسير الدائرة الكهربائية بفرن القوس الكهربائي الموضح بشكل ٢ - ١٢ بتسلسل (القطب . القوس . الخبث . القوس . القطب) ، حيث تعمل على تولد طاقة حرارية مرتفعة تصل إلى ٣٤٠٠ °م . تؤدي هذه الطاقة إلى انصهار خردة الصلب (الفولاذ) المصفى مسبقاً وإزالة جميع الشوائب الموجودة مثل الكبريت والفسفور والكربون ، حيث تحترق هذه الشوائب أثناء هذه عملية الانصهار.

يستعمل غاز الأكسوجين النقي أو يؤخذ الأكسوجين اللازم من الهواء المحيط بحمام الفرن لعملية الاحتراق .

يضاف في نهاية عملية التنقية بعض المواد للحصول على التركيب المناسب للسبكة المطلوبة.

تنقسم أفران القوس الكهربائي إلى الأنواع التالية :-

١. فرن القوس الكهربائي المباشر :

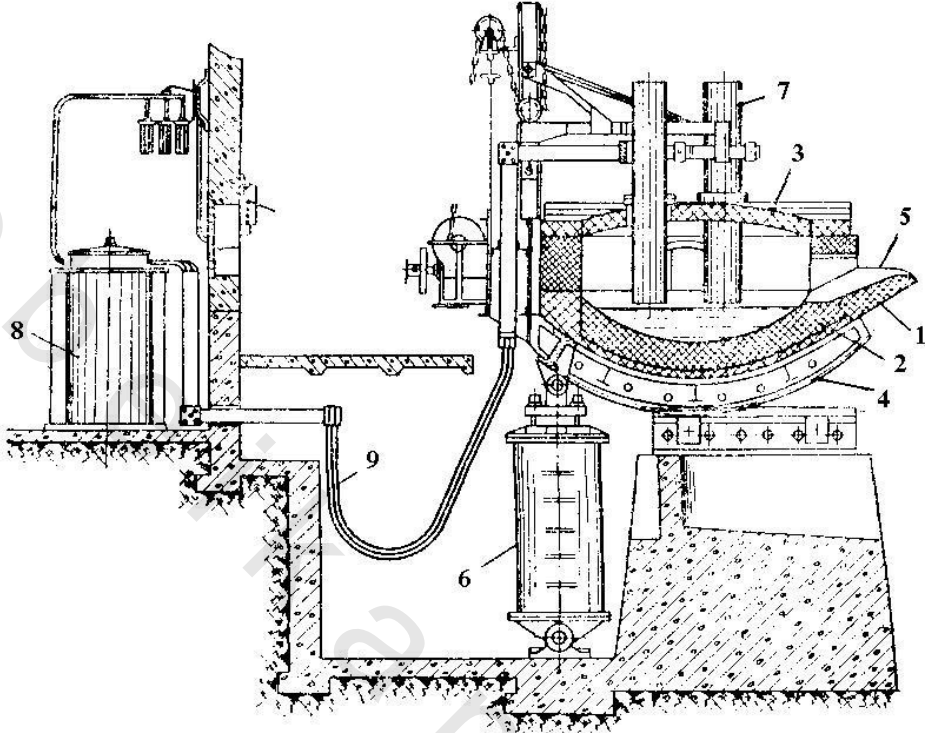
تتولد الحرارة بهذا الفرن عن طريق القوس الكهربائي بين الأقطاب الكهربائية والشحنة مباشرة.

٢. فرن القوس الكهربائي الغير مباشر :

تتولد الحرارة بهذا الفرن عن طريق توليد قوس كهربائي بين قطبين من الكربون أو من الجرافيت متصلين بمصدر التيار الكهربائي المتردد ، وتنتقل الحرارة إلى الشحنة بالإشعاع.

٣. فرن القوس الكهربائي المغمور :

تتولد الحرارة بهذا الفرن عن طريق توليد قوس كهربائي بين الأقطاب الكهربائية والشحنة (الشحنة في هذه الحالة مكونة من حديد غفل مستخرج من باطن الأرض) وليس حديد خام ، حيث يكون القوس مغمور أسفل الشحنة.



شكل ٢ - ١٢

فرن القوس الكهربائي

١. غلاف مصنوع من ألواح الصلب.
٢. بطانة حامضية أو قاعدية.
٣. قبة الفرن من الطوب الحراري.
٤. مجاري مقوسة.
٥. بوابة صب الشحنة.
٦. تجهيزة كهربائية أو هيدروليكية لإمالة الفرن.
٧. أقطاب متحركة مصنوعة من الكربون أو الجرافيت.
٨. محول كهربائي لتغذية الأقطاب بالتيار الكهربائي.
٩. كابلات مرنة.

منتجات أفران القوس الكهربائي : Electric Arc Furnaces Production

تنتج أفران القوس الكهربائي ذات البطانة الحامضية جميع أنواع صلب العدة تقريباً ، كما تنتج أنواع مختلفة من الصلب العالي الجودة الذي لا يحتوي على شوائب مثل الكبريت والفسفور ، أما الأفران القاعدية فإنها تنتج صلب الهياكل الإنشائية التي تتحمل الاجهادات العالية جداً.

مميزات أفران القوس الكهربائي :

- تتميز الأنواع المختلفة لأفران القوس الكهربائي بالآتي :-
١. إمكانية الحصول على درجات حرارة عالية جداً في مكان الصهر تصل إلى 3400°C مما يسمح بالحصول على خبث به كثير من الجير.
٢. التخلص من الشوائب مثل المسفور والكبريت.
٣. يخفض من إحتراق المعدن المنصهر.
٤. إنتاجه غزير لأنواع مختلفة نقية من الصلب لإنخفاض نسبة الشوائب التي تحتويها.
٢. إنتاج أنواع جيدة من سبائك الصلب.
٣. قاليته المنتج لعمليات الحدادة واللحام.

أفران الحث الكهربائي

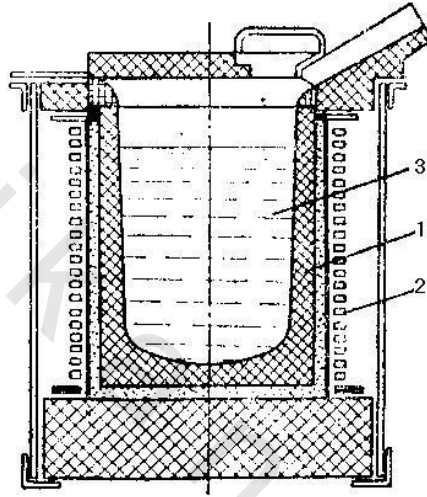
Electric Induction Furnaces

فرن الحث الكهربائي الموضح بشكل ٢ - ١٣ يعمل بتيار متردد ٥٠٠ . ٢٠٠٠ ذبذبة / ثانية . سعته لا يتجاوز ٨ طن.

يحتوي الفرن على بوتقة مقاومة للحرارة ١ ، يوجد حول البوتقة ملف كهربائي على شكل ماسورة من النحاس ٢ مقطوعاً على شكل مستطيل ، يمر بها تيار عالي التردد من مولد كهربائي خاص ، حيث يثير في المعدن المنصهر تيارات دوامية ، لترتفع درجة حرارة المعدن ٣ الموجود داخل البوتقة إرتفاعاً كبيراً حتى ينصهر.

يشحن في أفران الحث الكهربائية العالية التردد شحنات مواردها شديدة النقاوة ، بحيث يتكون منتجاً بعناية ، ونظراً للسرعة الكبيرة في عملية الصهر .. لا يجد المعدن فرصة للتأكسد الشديد.

يضاف في نهاية عملية الصهر كميات صغيرة من العناصر والمواد المختزلة للحصول على التركيب المناسب للسبيكة المطلوبة.



شكل ٢ - ١٣

رسم تخطيطي لفرن الحث الكهربائي

١. بوتقة مقاومة للحرارة.

٢. ملف كهربائي.

٣. المعدن الموجود داخل البوتقة.

منتجات أفران الحث الكهربائي :

Electric Induction Furnaces Production

تستخدم عادة أفران الحث الكهربائي العالية التردد في إنتاج الآتي :-

١. صهر المعادن الثقيلة والخفيفة.

٢. صهر وإعادة صهر حديد الزهر .

أساسيات هندسة الإنتاج

٣. إنتاج حديد الزهر الذي يحتوي على كريات جرافيت.
٤. إنتاج حديد الزهر السبائكي.
٥. إنتاج أنواع الصلب ومسبوكاته العالية الجودة والتي تتميز بالصفات التالية :-
 - مقاوم عالي للتآكل.
 - مقاوم عالي للحرارة.
 - مقاوم للصدأ.
 - بخواص مغناطيسية ممتازة.

مميزات أفران الصهر الكهربائي :

تتميز أفران الصهر الكهربائي إذا قورن بطرق صهر الصلب الأخرى بعدة مميزات أهمها الآتي :-

١. إمكانية التوصل إلى درجة حرارة عالية في مكان الصهر .
٢. يسمح بالحصول على خبث يحتوي على كمية كبيرة من الجير .
٣. يضمن التخلص التام (تقريباً) من شوائب الفوسفور والكبريت .
٤. يخفف كثيراً من احتراق المعدن وعناصره لعدم وجد لهب مؤكسد .

عيوب أفران الصهر الكهربائي :

يعتبر العيب الوحيد لأفران الصهر الكهربائي هو ارتفاع ثمن الكهرباء الذي يعتبر المصدر الحراري للصهر ، لذلك تستخدم الأساليب الكهربائية غالباً للتنقية النهائية للصلب المنتج من المحولات أو الأفران ، أو عند خلط المعادن بالصهر لإنتاج السبائك .

استخدامات الصلب : USES OF STEEL

توجد أنواع مختلفة من الصلب ، يختلف استخدام كل منها عن الآخر من حيث درجة الصلادة .. أي على نسبة الكربون الموجودة بالمعدن .
فيما يلي جدول ٢ - ٢ الذي يوضح نسبة الكربون داخل الصلب ، ومجال استخدام

كل منها .

جدول ٢ - ٢

مجالات استخدام الصلب الكربوني

الاسم	النسبة المئوية للكربون	الاستخدامات
(الصلب الرخو) الصلب المنخفض الكربون	0.1 - 0.125	قضبان السلك ، والأنواع الرقيقة ، والأنابيب المصمتة المسحوبة .. الخ
	0.15 - 0.3	ألواح الغلايات ، وأعمال الكباري ، والقطاعات الإنشائية ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، وأعمال الورش العامة .
الصلب المتوسط الكربوني	0.3 - 0.5	أعمدة الدوران ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، ومواسير ، والأسلاك ، والأجهزة الزراعية .
	0.5 - 0.7	اليايات ، وعجلات السكك الحديدية ، وقوالب الحدادة الكبيرة ، وحبال السلك ، والمطارق ، وعدد تشكيل البرشام .
	0.7 - 0.9	اليايات وقوالب الحدادة الصغيرة ، والحدود القاطع للمقصات ، والمقاطع على البارد ، والمقاطع المستخدمة في ورش النجارة .
الصلب العالي	0.9 - 1.1	أجنات القطع على البارد ، وقوالب الكبس ، والسنايك ، ولقم قطع أسنان القلاووظ ، وأدوات أعمال النجارة ، وأعمدة المحاور .

الكربوني	١.١ - ١.٤	شفرات الحلاقة ، والمبارد اليدوية ، وينط المثقاب ، ومحددات القياس ، وأدوات قطع الماكينات .
----------	-----------	---

تأثير الإضافات اللا معدنية والمكونات السببكية على الحديد والصلب :

تتوقف خواص الحديد والصلب إلى حد كبير على الإضافات اللا معدنية والمكونات السببكية لها كما هو موضح بجدول ٢ - ٣ . ولا يتوقف التأثير النهائي للمواد المضافة على نسبها المئوية فقط ، وإنما على نوعيتها أيضاً بسبب تأثيرها في كثير من الأحيان.

جدول ٢ - ٣

تأثير الإضافات المعدنية واللا معدنية على خواص الحديد والصلب

المادة	تؤدي إلى زيادة	تؤدي إلى خفض
لا معادن	المتانة . الصلادة . قابلية التصليد	نقطة الانصهار . الانفعال . قابلية التشكيل . قابلية اللحام قابلية الحدادة
	المرونة . المتانة . قابلية التصليد التام . الصلادة في درجات الحرارة العالية . الصمود للتآكل الكيميائي	قابلية اللحام
	التميع . التقصفية على البارد . مقاومة الحرارة العالية	الانفعال . مقاومة الصدمات
	تقصف الرايش . اللزوجة . التقصفية عند الاحمرار	مقاومة الصدمات
المنجنيز	قابلية التصليد التام . المتانة . مقاومة الصدمات . مقاومة التآكل الإحتكاكي	سهولة التشغيل بالقطع
النيكل	المتانة . الصمود للتآكل الكيميائي . الصمود للتسخين . قابلية التصليد التام	التمدد الحراري

المادة	تؤدي إلى زيادة	تؤدي إلى خفض
الكروم	الصلادة . المتانة . مقاومة الحرارة العالية . درجة حرارة التصليد . الصمود للقطع . مقاومة التآكل الإحتكاكي . الصمود للتآكل الكيميائي	الانفعال (بصورة ضئيلة)
الفاناديوم	الصلادة . مقاومة الحرارة العالية	الحساسية للتسخين الزائد
الموليبدنم	الصلادة . مقاومة الحرارة العالية	الانفعال . قابلية الحدادة
الكوبالت	الصلادة . الصمود للقطع . مقاومة الحرارة العالية	قابلية التشكيل بأى كيفية . الحساسية للتسخين الزائد
التنجستين	الصلادة . المتانة . الصمود للتآكل الكيميائي . درجة حرارة التصليد . مقاومة الحرارة العالية . الصمود للتسخين . الصمود للقطع	الانفعال (بصورة ضئيلة)

أساليب إنتاج الصلب :

يتيح تنوع أساليب إنتاج الصلب المختلفة لتحقيق العديد من المتطلبات فيما يختص بالخواص المرغوبة للصلب . ومن ثم فإنه يجرى التفرقة بين أنواع صلب .. فيما يلي أمثلة لبعض أنواع الصلب المختلفة.

صلب الإنشاءات :

يتوقف استخدامه بالدرجة الأولى على مقاومة الشد.

الصلب الجيد :

عبارة عن صلب معالج بالتصليد الغلافي أو التطبيع ، وهو أكثر نقاوة وتجانس في التركيب من صلب الإنشاءات . تتحدد خواصه إلى حد كبير على نسبة الكربون الموجودة بأنواعه.

الصلب الممتاز :

أساسيات هندسة الإنتاج

عبارة عن صلب يحتوي على نسبة ضئيلة من الشوائب (الكبريت والفسفور) .
يمتاز بنقاوة عالية وبنية منتظمة.

الباب الثالث

3

المعادن غير الحديدية

الفصل الأول

المعادن غير الحديدية

Non-ferrous metals

مُهَيِّدٌ

توجد المعادن غير الحديدية المختلفة كالححاس والألومنيوم والقصدير والزنك والرصاص ، بالطبقات السطحية والطبقات العميقة في القشرة الأرضية في صورة غير نقية ، تتفاوت الكميات الموجودة والمستخرجة من المعادن والمواد المختلفة ، كما يتفاوت تركيبها ودرجة نقاوة كل منها من مكان إلى الآخر .

تجرى على أغفال المعادن والمواد المختلفة عمليات استخلاص من خلال صهر هذه المعادن باستخدام عدة أنواع من الأفران . تتميز هذه الأفران عن بعضها البعض من حيث السعة ونوع ودرجة نقاوة المعادن أو المواد المنتجة ونوع المصدر الحراري (الوقود المستخدم) الخ .

يتناول هذا الباب استخلاص وإنتاج المعادن غير الحديدية وسبائكها ، والأفران المستخدمة في عمليات الصهر ، وعمليات نقاوة وتكرير هذه المعادن ، وذلك من خلال الشرح التفصيلي للمعدن والمواد المختلف كل منها على حدة ، مع عرض لطريقة التشغيل ومميزات وعيوب كل منهم .

الفلزات (المعادن) غير الحديدية

Non-ferrous metals

على الرغم من أن الفلزات (المعادن) الحديدية مثل الحديد والصلب والزرهر بأنواعهم من أهم المعادن المستعملة في الصناعة ، إلا أن هناك معادن أخرى غير حديدية مستعملة أيضاً في المجال الصناعي على نطاق واسع مثل النحاس . الألومونيوم . النيكل . الرصاص . القصدير . الزنك . المغنسيوم ، وهي لاتقل أهمية عن المعادن الحديدية.

ويفسر استعمال الفلزات (المعادن غير الحديدية وسبائكها بأن لبعضها خواص مميزة في الاستخدام الصناعي مثل جودة التوصيل الكهربائي والحراري . مقاومة الصدا . مقاومة التآكل . انخفاض معامل التآكل . خفة الوزن . سهولة التشكيل على البارد أو على الساخن الخ ، بجانب الاعتبارات الاقتصادية الأخرى ، ومن ثم فإنه يجب التعرف عليها من حيث خواصها وإستخداماتها ومميزات وعيوب كل منها .

الفلزات (المعادن) غير الحديدية النقية

Pure non-ferrous metals

هي فلزات (معادن) لينة جداً وذات متانة ضئيلة للغاية . يمكن تحسين خواصها عند عمل سبائك منها .. أى عند مزجها مع معدنين أو أكثر في حالة سائلة ، حيث تتحسن صفاتها كزيادة الصلادة والمتانة كما تنخفض الانفعالات بين المعادن الممتزجة ، بينما تنخفض درجة جودة توصيلها للكهرباء .

درجة إنصهار السبائك بصفة عامة أقل من درجة إنصهار المعادن المتكونة منها ، كما إنها تنخفض إلى أدنى درجة إنصهار لأى من المواد المتكونة منها . يمكن تغيير لون أى معدن من خلال خلطه بمعدن آخر أو أكثر ، الأمر الذي يؤدي إلى خفض مقاومته وصموده للتآكل الاحتكاكي .

هي فلزات (معادن) لينة جداً وذات متانة ضئيلة للغاية . يمكن تحسين خواصها

عند عمل سبائك منها .. أى عند مزجها مع معدنين أو أكثر في حالة سائلة.

أنواع الفلزات (المعادن) غير الحديدية النقية :

يمكن تقسيم الفلزات (المعادن) غير الحديدية من حيث الكثافة إلي نوعين

أساسيين هما :-

١. فلزات (معادن) ثقيلة .. Heavy Metals.

٢. فلزات (معادن) خفيفة .. Light Metals.

الفلزات (المعادن) غير الحديدية الثقيلة

Non-ferrous heavy metals

هي التي تزيد كثافتها عن ٥ كجم / د سم³ وأهمها النحاس . القصدير . الرصاص

. النيكل . الكروم . التنجستين . الموليبدنم . الفاناديوم . الكوبالت . المنجنيز . التنتالوم .

التيتانيوم . الأنتيمون . الكاديوم . البزموت . الزئبق ، وكذلك المعادن الثمينة مثل

الفضة . الذهب . البلاتين.

إنتاج النحاس

Production of copper

يعتبر النحاس هو أقدم الفلزات (المعادن) التي عرفها الإنسان منذ عصور ما

قبل التاريخ ، وذلك لوجوده في حالته الطبيعية متحداً مع كثير من العناصر الأخرى.

النحاس الطبيعي النقي لونه أحمر ذهبي براق ، أما لون سبائكه فهي مائلة إلى

الاصفرار . يمكن تشكيله على البارد أو على الساخن.

يتميز النحاس وكثير من سبائكه بارتفاع قابليته للتوصيل بالكهرباء والحرارة ،

بجانب قابليته للسحب (المطيلية) .. وبالتالي يمكن سحبه إلى أسلاك رفيعة ، بجانب

ذلك فهو طروق يمكن تشكيله بالطرق على البارد أو على الساخن وتحويله إلى

تخانات مختلفة ومنها الصفائح أو الرقائق الدقيقة.

يستعمل النحاس في حالته النقية في العديد من الصناعات وأهمها بالمجالات

(الكهربائية . الحرارية . الكيميائية) ، كما يستعمل النحاس على نطاق واسع للحصول على بعض السبائك.

خواص النحاس : Copper Properties

يسمى النحاس باللاتينية كوبروم . يرمز للنحاس وسبائكه بالرمز (نح) أو (CU) . كثافته ٨.٩ كجم /دسم^٣ . درجة انصهاره تصل إلى ما بين ١٠٧٠ . ١٠٩٣ °م وترتفع درجة انصهاره كلما ازدادت درجة نقاوته . تصل مقاومته للشد إلى ما بين ٣٠ . ٣٦ كجم/مم^٢ وبالأسلاك الدقيقة إلى ٦٠ كجم/مم^٢ . درجة إنفعاله ما بين ٣٥ . ٥٠ % .. وتصل بالأسلاك الدقيقة إلى ٢ % . من أهم خواصه الآتي :-

١. الليونة.
٢. قابليته الكبيرة للتمدد.
٣. لونه أحمر لامع.
٤. موصل ممتاز للحرارة والكهرباء.
٥. مقاوم ممتاز للتآكل الكيميائي والتهب.
٦. يتغير لون سطحه عند تأكسده إلى اللون الأخضر.

غفل النحاس : Copper Blank

يوجد غفل النحاس بالقشرة الأرضية (بأعماق باطن الأرض) على شكل مركبات مختلطة بخامات معادن أخرى . مركبات النحاس الموجودة في الطبيعة هي أكاسيد النحاس مختلطة مع الكبريت والحديد والتي تعرف باسم بيريت أو شالكوبيريت . يحتوي على نسبة نحاس حوالي ٣٢ % .

استخلاص النحاس

Copper extraction

يستخلص النحاس من خاماته بإحدى طريقتين أساسيتين هما :-

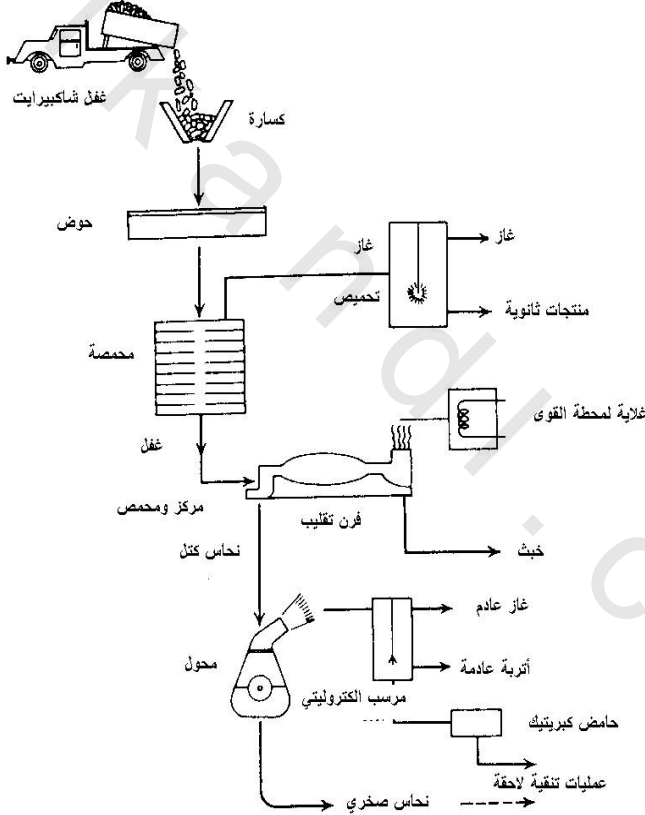
أولاً : الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس :

تتكون الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس والموضحة بشكل ٣ - ١ من عدة

مراحل كالآتي :-

١. تكسير الغفل في كسارات خاصة.

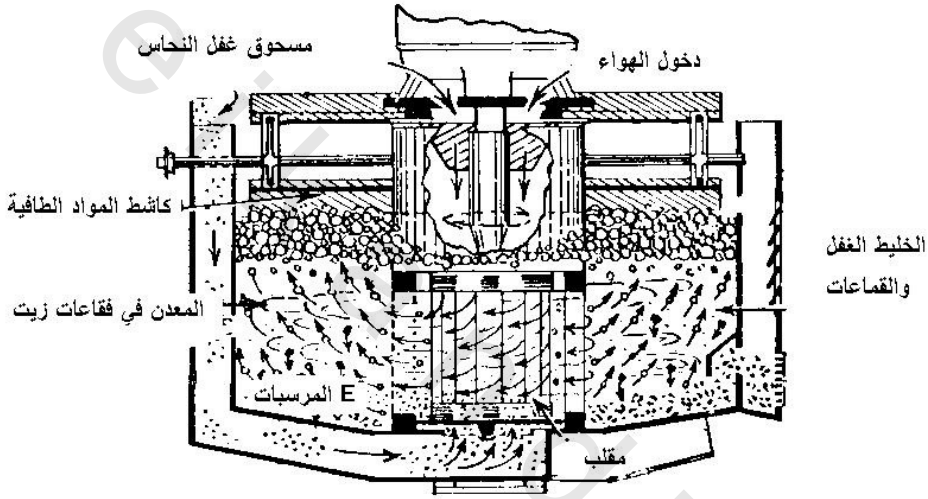
٢. خلط الغفل المكسر مع الجير ومساعد الصهر (سيليكون).



شكل ٣ - ١

رسم تخطيطي لخريطة استخلاص النحاس بالطريقة الجافة

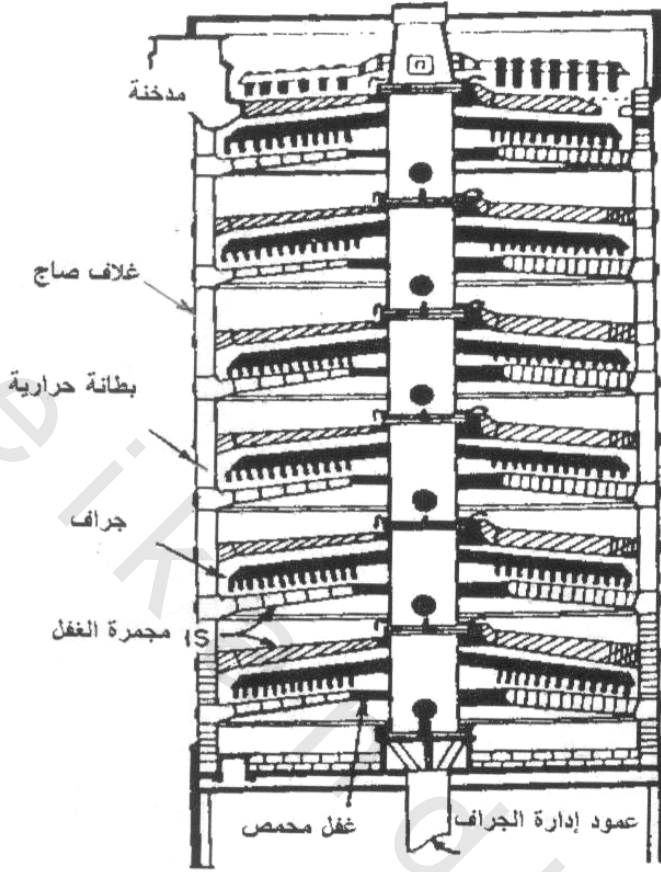
٣. تخليص الغفل من الشوائب والأتربة العالقة كما هو موضح بشكل ٣ - ٢ ، ويتم ذلك بطريقة التقويم في حوض ماء ، حيث تبدأ حبيبات الغفل الغير مبتلة بتكوين فقاعات وتطفو على سطح الماء ويرسب الباقي في القاع ، وعادة يضاف زيت بترول للماء ، ونفخ الهواء في الماء للتعجيل بالطفو ، حيث تلتصق فقاعات الهواء المتكونة بحبيبات الغفل وتطفو على شكل زيت يمكن إزالته بسهولة .



شكل ٣ - ٢

خليط تقويم لفصل غفل النحاس عن المواد العالقة به

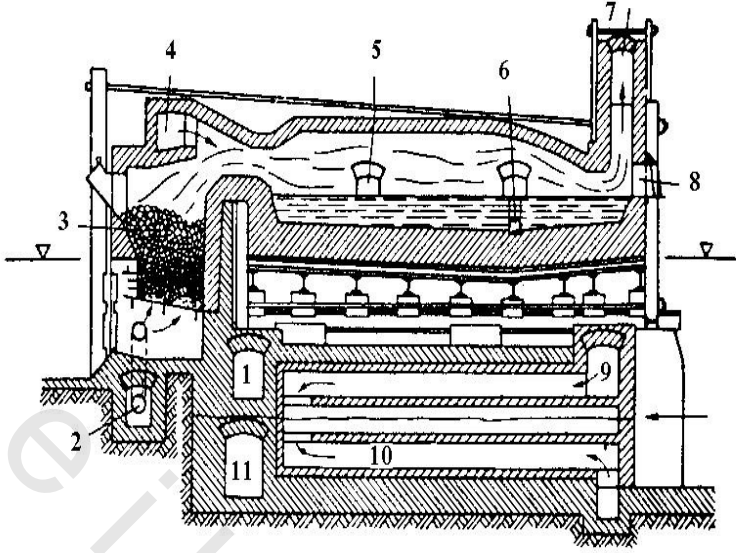
٤. يحميص خليط الغفل جزئياً بالتسخين والذي يتكون من مركبات كبريتيد النحاس وأكاسيد الحديد ، ويسمى هذا الخليط بالكالسين . يتم التحميص عند درجة حرارة ما بين ٨٠٠ . ١٠٠٠ م⁰ في أفران عاكسة كما هو موضح بشكل ٣ - ٣ .



شكل ٣ - ٣

تحميص غفل النحاس

٥. صهر الكالسين مع حجر الجير (كمساعد صهر) في فرن يشبه فرن التقليل الموضح بشكل ٣ - ٤ ، حيث يتم التخلص من معظم مركبات الحديد في صورة خبث ، ويتبقى غفل النحاس ملبداً مع باقي مركبات حديد الخبث الذي يسمى بالنحاس الصخري .

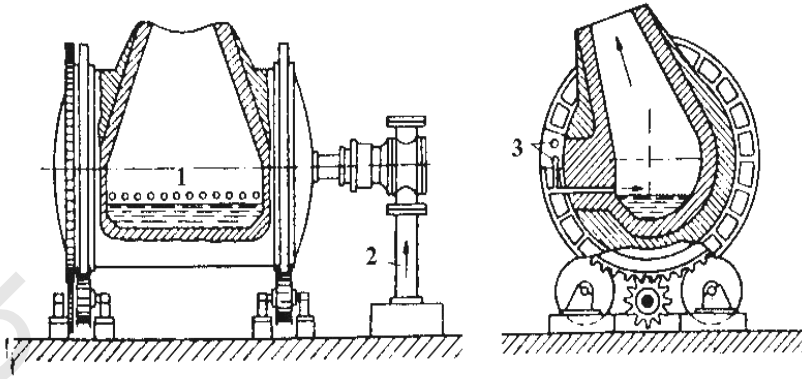


شكل ٣ - ٤

فرن التقليل لاستخلاص النحاس

١. هواء الاشتعال.
٢. المدخل الأول للهواء.
٣. مولد غاز.
٤. تسخين هواء المدخل الثاني.
٥. أبواب الشحن والتفريغ.
٦. فتحة التفريغ.
٧. مخرج الغازات إلى دورة التسخين.
٨. مخرج الخبث.
٩. غازات العادم.
١٠. هواء.
١١. إلى المدخنة.

٦. يصب النحاس الصخري في محول يشبه محول بسمر شكل ٣ - ٥ ، حيث يتم نفخ سطح المعدن المنصهر بالهواء من الفتحات ١ المقامة في المداخل ٢ عن طريق قنوات هوائية ٣ ، ويستمر النفخ لفترة تتراوح ما بين ٤ . ٥ ساعات ، حتى تتأكسد الشوائب وتخرج معظمها على هيئة أكاسيد متطايرة ، أما الشوائب المتبقية فإنها تنضم إلى الخبث الذي يطفو على سطح المعدن المنصهر ، ويقشط من حين لآخر .



شكل ٣ - ٥

محول نفخ النحاس

١. منافس النفخ.

٢. مدخل هواء النفخ.

٣. قنوات هواء النفخ.

٧. تحفظ الشحنة منصهرة كما هو الحال في محول بسممر.

٨. يتأكسد كبريتيد النحاس نتيجة للنفخ بالهواء ، ويتحول إلى أكسيد النحاس أو

إلى كبريتات النحاس ، وبعد انتهاء فترة النفخ يبدأ التفاعل بين أكسيد النحاس

وكبريتات النحاس ، حيث تحتوي الشحنة في هذه الحالة على نسبة ما بين ٩٨

. ٩٩ % نحاس ، وهو خام لا يصلح للاستخدام المباشر ، بل إنه يحتاج إلى

عمليات تنقية أكثر .. كما هو الحال بالحديد الخام المستخرج من الفرن العالي.

٩. تتم عملية التنقية النهائية للنحاس الخام (التنقية من الشوائب الضارة) بالطريقة

الحرارية بأفران عاكسة أو بالطريقة الكهروكيميائية .. أي بالترسيب الكهربائي

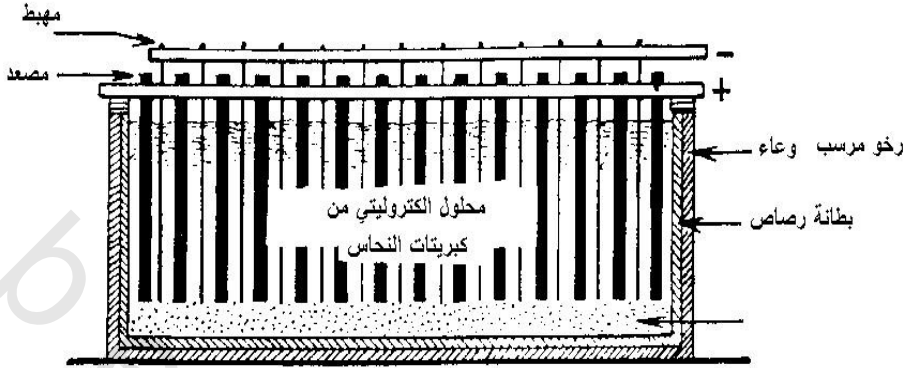
كما هو موضح بشكل ٣ - ٦ وذلك لإنتاج نحاس نقي تماماً ، وهو الذي يطلق

عليه نحاس عالي الجودة والخالي من الأكسوجين . يحتوي النحاس الذي ينتج

بهذه الطرق على ما بين ٩٩.٥ - ٩٩.٧ من عناصر النحاس . ثم يصب هذا

النحاس في صفائح مصعدية ، ليجرى عليه عملية تحليل كهربائي للحصول على

تنقية أكثر للنحاس لتصل نسبته إلى ٩٩.٩٨ % من عناصر النحاس.

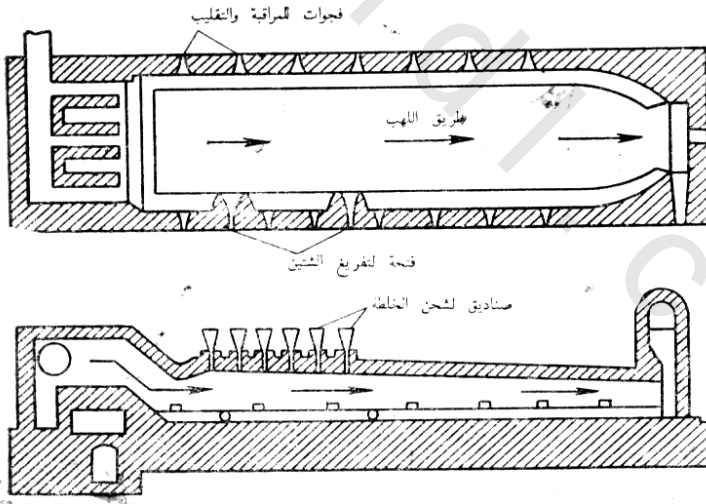


شكل ٣ - ٦

خلية ترسيب كهربائية لإنتاج النحاس النقي

ثانياً : الطريقة الرطبة لاستخلاص النحاس

يستعمل للطريقة الرطبة لاستخلاص النحاس الخامات الأكسيدية الفقيرة بالنحاس ، حيث توضع في أفران عاكسة كما هو موضح بشكل ٣ - ٧ ، علماً بأن الطريقة الأولى (الطريقة الجافة) هي الطريقة الأكثر استخداماً.



شكل ٣ - ٧

رسم تخطيطي لفرن عاكس

يقتت الخام إلى أن يصل حبيباته إلى ما بين ١٥ . ٢ ملليمتر ، ويفرز للحصول على أحجام واحدة ، ويجري لكل حجم عملية تركيز في ماكينة ترسيب ، وفي هذه الماكينة يغسل الخام والمادة العاطلة بواسطة تيار مائي ، ولما كان الوزن النوعي للخام والمادة العاطلة مختلفاً ، فإنهما ينفصلان عن بعضهما البعض ، ويرسب الخام إلى أسفل بينما تظل المادة العاطلة إلى أعلى ، ويعامل الخام المركز بمحلول مخفف من حامض الكبريتيك ، ثم يرشح للحصول على محلول نظيف ، ويتم ترسيب النحاس من المحلول بالتحليل الكهربائي ، أو باستخدام الحديد الخردة بدلا من النحاس حسب التفاعل ، ويعاد صهر النحاس الناتج في أفران لهبية ثم ينقى.

إستخدامات النحاس : Uses Of Copper

يستخدم النحاس بشكل أساسي في تلبية إحتياجات الصناعات الكهربائية ، حيث تصنع منه الأسلاك والكبلات الكهربائية وكاويات اللحام وملفات التبريد والتدفئة ولبعض الأعمال الفنية.

مميزات النحاس :

يتميز النحاس بالصفات التالية :-

- ١ . ارتفاع قابليته للتوصيل الكهربائي والحراري .
- ٢ . قابليته للسحب (المطيلية) .
- ٣ . قابلية تشكيله على البارد أو على الساخن .

إنتاج سبائك النحاس

Production of copper alloys

النحاس الأحمر النقي لا يستفاد منه إلا في الأجزاء والعناصر التي يهتم فيها بأهم خواصه وهي خاصية التوصيل الكهربائي والحراري ، ولا يستفاد به في المجالات الأخرى بسبب قصور مقاومته للإجهادات الميكانيكية ، حيث لا يرقى إلى مستوى الصلب في المجالات الهندسية بجانب إرتفاع ثمنه ، ولكن يستفاد به في مجالات

عديدة عندما يختلط بمعادن أخرى مكوناً سبائك.

يمكن تقسيم سبائك النحاس إلى الآتي :-

سبيكة النحاس الأصفر : Brass Alloy

هي سبيكة مكونة من النحاس النقي والزنك ، وتعتبر من أكثر السبائك اللاحديدية الثقيلة استعمالاً . نسبة النحاس فيها لا تقل عن ٥٠ % ، حيث أنه كلما إرتفعت هذه النسبة كلما تحسنت الخواص الميكانيكية وإزدادت قابلية السبيكة للتشكيل كمقاومة الشد والضغط والإنحناء وإزدادت صلابتها ، لذلك تصنع الأجزاء النحاسية التي تشكل على البارد أو على الساخن من سبيكة النحاس الأصفر التي لا يتجاوز نسبة الزنك فيها عن ٣٠ % .

تتميز سبيكة النحاس الأصفر بمقاومتها للصدأ والبرى بالاحتكاك (التآكل الاحتكاكي).

استعمالات سبيكة النحاس الأصفر : Uses Of Brass Alloy

تستعمل سبيكة النحاس الأصفر في صنع بعض الأجهزة والأجزاء الخاصة بالصناعات الكهربائية والميكانيكية . العملات النحاسية . مقابض الأبواب . التماثيل . أعمال الزينة والديكور ، كما تدخل في صناعة المحامل (كراسي المحاور) ، بحيث تحتوي السبيكة على سيليكون أو ألومنيوم.

سبائك البرونز : Bronze Alloy

هي سبيكة مكونة من النحاس النقي وأى معدن آخر عدا الزنك . نسبة النحاس فيها ٨٠ % تقريباً ، ونسبة البرونز الفسفوري ٠.١ % ، أما نسبة القصدير فهي تتراوح ما بين ١ . ٢٢ % .

كما يوجد سبيكة البرونز النيكلية وهي مكونة من النحاس النقي والبرونز النيكلية . يتراوح نسبة النحاس في هذه السبيكة ما بين ٧٠ . ٨٠ % ، أما نسبة البرونز النيكلية فهو يتراوح ما بين ٢٠ . ٣٠ % .

سميت هذه السبائك بسبائك البرونز ، لأن أي سبيكة تسمى باسم المعدن المضاف إليها مهما كانت نسبته ضئيلة .
تتميز سبائك البرونز بصفة عامة بمقامتها العالية للشد ومقاومة ممتازة للتآكل الإحتكاكي .

استعمالات سبيكة البرونز: Uses Of Bronze Alloy

تشكل سبيكة البرونز بالصب لصعوبة تشكيلها بالوسائل الأخرى ، وتستعمل في صنع مراوح الدفع في السفن ومراوح المضخات والأجراس .

سبائك النيكل : Nickel Alloy

هي سبيكة مكونة من النحاس النقي والنيكل والزنك والرصاص . تتراوح نسبة النحاس في هذه السبيكة ما بين ٤٥ - ٦٥ % ، وتتراوح نسبة النيكل ما بين ١٠ - ٢٥ % ، ونسبة النيكل ما بين ١٥ - ٤٢ % ، ويضاف الرصاص بنسبة تصل إلى ٢ % .

ينشأ اللون الأبيض الفضي في هذه السبيكة بسبب وجود النيكل ، وكلما إزدادت نسبته كلما زاد صمود السبيكة للتآكل الكيميائي وإزدادت لمعته .

استعمالات سبيكة النيكل : Uses Of Nickel Alloy

تستعمل تشكل البرونز النيكل في صنع أسلاك المقاومات الكهربائية . بادئات التشغيل ومنظمات التحكم . أدوات الرسم . براغي الأجهزة الدقيقة . أغلفة الساعات . الحلي . أدوات المائدة ، كما تستعمل هذه السبيكة في تغطية الألواح المقاومة للتآكل الكيميائي وفي صنع العملات المعدنية وذلك عند زيادة نسبة النيكل في السبيكة إلى ما بين ١٥ - ٢٥ % .

إنتاج الزنك (الخارصين)

Zinc production

يوجد في الطبيعة بشكل خامات الزنك (مركبات الزنك مع الأحماض الكبريتية والكربونية) . يتوفر في ألمانيا وفي الولايات المتحدة الأمريكية وإنجلترا والكنغو .. يرمز له بالرمز (زنكوم أو ZN).

يستخلص الزنك (الخارصين) من خامات الزنك بالتحميص أو الإختزال أو بالتقطير أو بالتحليل الكهربائي . يحتوي على ما بين ٣٠ . ٥٠ % خارصين.

إستخلاص الزنك بالتحليل الكهربائي :

تعتبر طريقة التحليل الكهربائي للزنك هي الأكثر استخداماً .. كما أنها حظيت بانتشار كبير .. ويمكن تلخيصها في الآتي :-

يحمص الخام المركز ثم يعالج بمحلول حامض الكبريتيك ، ويرسل المنتج بعد تنقيته من الشوائب إلى حوض التحليل الكهربائي ، الذي يحتوي على مصعد من ألواح الرصاص ، ومهبط من ألواح الألومنيوم .

يترسب الزنك في عملية التحليل على المهبط ، ويصهر الزنك المهبطي في أفران عاكسة ذات جو مختزل للمحافظة على المعدن من التأكسد ، حيث ينتج الزنك النقي على شكل مصبوبات أو كتل على هيئة تماسيح.

يحتوي الزنك المنتج بطريقة التحليل الكهربائي على ٩٨.٥ % من عنصر الخارصين.

خواص الزنك : Zinc Properties

١. كثافته ٧.١ كجم/دسم^٣ تقريباً . درجة إنصهاره ٤١٩ °م . درجة التبخر ٩٠٧ °م .

٢. لونه أبيض مائل للزرقة .

٣. من أكثر المواد الصلبة تمدداً بالحرارة

٤. مقاومته للتآكل في الهواء جيدة ، إلا أنه يتأثر سريعاً بالأحماض والأملاح.

اساسيات هندسة الإنتاج

٥. مقطع الكسر بلوري خشن.
٦. ينصهر عند درجة حرارة 419°C .
٧. يتداول في الأسواق على شكل ألواح أو مسحوق بالكيلوجرام .

استعمالات الزنك : Uses Of Zinc

- يستعمل الزنك في صناعات مختلفة أهمها الآتي :-
١. في صناعة الألواح والمواسير المجلفنة.
 ٢. البطانات الخاصة بالمبردات.
 ٣. طلاء للحديد والصلب.
 ٤. الطلاء المقاوم للصدأ.

سبائك الزنك : Zinc Alloys

يخلط الزنك النقي بالدرجة الأولى مع إضافات من النحاس والألومنيوم ، وتصب بالقوالب الرملية أو القوالب الدائمة أو تحت ضغط بصورة خاصة.

تبلغ مقاومة الشد لسبائك الزنك المصبوبة في القوالب الرملية إلى ١٨ كجم/مم^٢ ، وفي القوالب الدائمة إلى ما بين ٢٠ . ٢٢ كجم/مم^٢ وتحت ضغط ٢٧ كجم/مم^٢.

استعمالات سبائك الزنك : Uses Of Zinc Alloys

تستعمل سبائك الزنك النقي المصبوب في صنع المصبوبات المختلفة ، وجلب المحاور ، والتروس الدودية الغير معرضة للإجهادات العالية.

أما سبائك الزنك النقي المصبوب تحت ضغط فإنه يستعمل في صنع المشغولات ذات المقاسات الدقيقة التي يصل دقتها إلى ± 0.02 مم والأسطح الممتازة ، لذلك فإنها لا تحتاج إلى عمليات تشغيل بالقطع.

إنتاج القصدير

Tin production

يستخلص القصدير من خاماته النادرة الموجودة بالطبيعة والتي لا توجد بكميات كبيرة .. يرمز له بالرمز (قص أو Sn).

يوجد القصدير على هيئة أحجار قصديرية (أكسيد القصدير) ، نسبة القصدير في الخام عادة تكون صغيرة جداً ، حيث تبلغ ما بين ٠.٢٥ - ١ % ، أما الباقي فهي مواد عاطلة عبارة عن كوارتز وشوائب أخرى.

تصل نسبة القصدير في الخامات الغنية إلى ما بين ٢ - ٦ % . تحتاج خاماته إلى عمليات تحضيرية كبيرة قبل البدء في عمليات التعدين المناسبة.

يجرى على الخام المستخرج التركيز والتحضير ، وبعدها يصهر الخام المركز لاختزال ثاني أكسيد القصدير في أفران عاكسة باستخدام الفحم ، عند درجة حرارة ٨٠٠ °م .

يحتوي القصدير المنتج على كثير من الشوائب والتي تصل نسبتها إلى ٣ % ، أما الأنواع القصديرية النقية فإنها تحتوي على ٩٩.٩٩ % من عنصر القصدير.

أماكن وجود القصدير :

أماكن وجوده الرئيسية هي الهند (جزيرة بانكا وشبه جزيرة ملقا) . أمريكا الجنوبية . أستراليا . إنجلترا . يتخلص القصدير من خاماته بطريقة الإختزال أو بالتحميص.

خواص القصدير : Tin Properties

أهم خواص القصدير هو الآتي :-

١. كثافته ٧.٣ كجم/دسم^٣.
٢. درجة انصهاره ٣٢٢ °م.
٣. مقاومته للشد كثافته ٤ . ٥ كجم/مم^٢.

أساسيات هندسة الإنتاج

٤. لونه أبيض لامع مائل للزرقة.
٥. معدن طرى (أطري من الزنك).
٦. مقاوم جيد للتآكل الكيميائي.
٧. يتأثر بالأحماض والقلويات.
٨. يتحول إلى مسحوق رمادي عند انخفاض درجة حرارته بالتبريد إلى أقل من 18°م ، إلا أن هذه الظاهرة التي يطلق عليها (طاعون القصدير) لا تحدث غالباً إلا عند تبريده إلى درجة حرارة تحت الصفر.
٩. يصدر عنه صرير يسمى بصرخة القصدير بسبب احتكاك بلوراته مع بعضها البعض.
١٠. يتحد مع النحاس مكونا البرونز.

استعمالات القصدير : Uses Of Tin

١. تكوين سبيكة مع الرصاص لإستخدامها في لحام السمكرة.
 ٢. تكوين سبيكة مع الرصاص والأنتمون لإستخدامها في صناعة حروف الطباعة.
 ٣. تكوين سبيكة مع النحاس والأنتمون لإستخدامها في صناعة كراسي المحاور.
 ٤. تغطية أسطح الصلب لحمايتها من الصدأ ، وقصدرة النحاس لحمايته من الأكسده.
 ٥. تستخدم مركباته الكيميائية في النسيج والخزف ومواد الطلاء .
 ٦. يستخدم ثاني أكسيد القصدير في صناعة وإنتاج الزجاجاللبني والمينا.
- .. يتداول في الأسواق على شكل صفائح أو كتل أو أسلاك بالكيلوجرام.

سبائك القصدير : Tin Alloys

- أهم سبائك القصدير هي سبائك لحام القصدير (اللحام اللين) والتي تحتوي على
- ١٢ . ٩٠ % قصدير مضاف إليه الرصاص أو الأنثيمون أو الكاديوم.
- تستخدم سبائك القصدير التي تتوفر فيها خواص والمتطلبات العالية مثل قابلية الإنزلاق . تحمل الإجهادات في صنع المحامل (كراسي المحاور) .. إلا أن استعمالاتها

تترجع بالمقارنة بمعادن المحامل المصنوعة من سبائك الرصاص.

إنتاج الرصاص

Lead production

يوجد الرصاص في الطبيعة في مركبات عديدة ، كما يوجد بالأماكن التي يوجد بها الزنك . أهم خامات الرصاص هو كبريتيد الرصاص الطبيعي (الجالينا) ، تتراوح نسبة الرصاص بالخام المتوسط ما بين ٦% . ١٦% .. يرمز له بالرمز (ر أو Pb).

يستخلص الرصاص من خاماته بالتحميص بطريقة الصهر الاختزالي للخام المركز بعد تحميصه مبدئياً . ويجرى التحميص المبدئي في أفران عاكسة كتحليل كبريتيد الرصاص ، وتحويل الرصاص إلى كبريتات ، ويمكن بواسطة التحميص الثانوي التخلص تماماً من الكبريت ، ويختزل الرصاص عند الصهر في أفران أسطوانية بواسطة كربون فحم الكوك .

يحتوي الرصاص المنتج على شوائب بنسبة تصل إلى ١.٥ % ، ويحتوي الرصاص بعد تنقيته على نحو ٩٩.٩٩ % من عنصر الرصاص .

خواص الرصاص : Lead Properties

أهم خواص الرصاص هو الآتي :-

١. كثافته ١١.٣ كجم/دسم^٣.
٢. درجة إنصهاره ٣٢٧ م^٠.
٣. مقاومته للشد ١.٥ - ٢ كجم/مم^٢.
٤. لونه رمادي مائل للزرقة ، ذو سطح غير لامع.
٥. معدن طري ثقيل.
٦. سهل التشكيل ، يتأكسد بسرعة في الهواء.
٧. مقاوم جيدة للتآكل الكيميائي .. حتى ضد الأحماض.

٨. لا يسمح لأشعة رونتجن وأشعة المواد ذات النشاط الإشعاعي والإشعاعات الذرية باختراقه.

٩. مركباته سامه جداً ، لذلك فقد وضع لاستعمالاته قواعد وقوانين خاصة.

١٠. يتداول في الأسواق على شكل تماسيح أو بالكيلوجرام.

استعمالات الرصاص : Uses Of Lead

يستعمل الرصاص في العديد من المجالات الصناعية .. أهمها الآتي :-

١. تغطية الواح الصلب والأوعية المقاومة للأحماض والأنابيب والواح المراكم (البطاريات) والأغلف العازلة للكابلات.

٢. يكون سبائك مع القصدي لإستخدامها في عمليات لحام السمكرة.

٣. يكون سبائك مع الأنثيمون لإستخدامها في صناعة الرصاص الصلب.

٤. تستعمل مركباته (أكسيد الرصاص الأصفر وأكسيد الرصاص الأحمر) في صناعة الزجاج وزجاج العدسات والكريستال والفخار.

٥. نظراً لأن الرصاص لا يسمح بجميع الإشعاعات بإختراقه ، فإنه يستخدم للوقاية من جميع الإشعاعات.

إنتاج النيكل

Nickel production

يوجد النيكل في الطبيعة متحداً مع الكبريت والزنك والأنثيمون . تحتوي سيليكات منجنيز النيكل والبيريت المغناطيسي على ٣ % نيكل ويعتبرا من أهم المواد الأولية التي تستخدم في إستخراج النيكل .. يرمز له بالرمز (ني أو Ni).

خامات النيكل متوفرة بكثرة في كندا واليونان والنرويج كما يوجد بنسب أقل في روسيا والولايات المتحدة الأمريكية.

يجرى استخلاص النيكل الخام بالتحميص والتليد المتكررين ، وتبعاً لطريقة

التحضير يتداول النيكل تجارياً على عدة أنواع منها كاربونيل النيكل الذي على شكل مسحوق ، أو النيكل القمري الذي على شكل كريات ، أو النيكل اللاكتروليتي الذي على شكل صفائح ، أو النيكل المقطع الذي على شكل مكعبات.

خواص النيكل : Nickel Properties

أهم خواص النيكل هو الآتي :-

١. كثافته ٨.٨٥ كجم/دسم.^٣
٢. درجة إنصهاره ١٤٥٠ م^٠.
٣. مقاومته للشد عند التليد اللين تصل إلى ما بين ٤٠ . ٥٠ % . مقاومته للشد عندما يكون مصلد بالدرفلة تصل إلى ما بين ٧٠ . ٨٠ %.
٤. لامع بلون الفضة وقابل للصلقل.
٥. صلد جداً.
٦. مقاوم ممتاز للتآكل الكيميائي.
٧. قابل للمغنطة.
٨. يذوب بسهولة في الأحماض ، ولكنه لا يتفاعل مع القلويات.

استعمالات النيكل : Uses Of Nickel

يستعمل النيكل في التكسيات الجلفانية ، كما تستخدم كبريتات النيكل النوشادرية في الطلاء الكهربائي ، حيث تترسب طبق من النيكل على الأسطح المعدنية المراد حمايتها . علماً بأن النيكل يلتصق جيداً بالنحاس الأصفر.

سبائك القصدير : Nickel Alloys

أهم سبائك النيكل هي السبائك التالية :-

١. سبائك النيكل المطروق التي تستعمل في تصنيع النوابض والأغشية المرنة.
٢. سبائك النيكل المطروقة مع النحاس التي تحتوي على ما لا يقل عن ٦٣ % نيكل ونحو ٣٠ % نحاس بالإضافة إلى الحديد الألومنيوم ، وهي سبيكة ذات مقاومة

أساسيات هندسة الإنتاج

- ممتازة للتآكل الكيميائي . لذلك فإنها تستعمل في تصنيع أجهزة الصناعات الكيميائية وتصنيع المشغولات المعرضة للتآكل الكيميائي.
٣. سبائك النيكل المطروق مع الحديد تحتوي على النيكل بالإضافة إلى الحديد وبعض النحاس والكروم والموليبدنم . تستخدم هذه السبيكة في صناعة المضخات المغناطيسية . أما إذا تجاوزت نسبة الحديد بالسبيكة أكثر من نسبة النيكل (٦٤ % صلب ، ٣٦ % نيكل) .. سميت السبيكة بالصلب النيكلي ، تتميز هذه السبيكة بتمددتها الحراري الضئيل للغاية ومقاومتها الكهربائية العالية.
٤. سبائك النيكل المطروق مع الكروم والموليبدنم .. تتمتع بمقاومة شد تصل إلى ٩٠ كجم/مم^٢ ، وتمددتها الذي يصل إلى ما بين ٢٠ . ٣٠ % ، تتميز هذه السبيكة بمقاومتها الجيدة للتآكل الكيميائي والأكسدة . يصنع من هذه السبيكة القطع والأجزاء المقاومة للأكسدة وأسلاك التسخين والمعدات الكهربائية.

إنتاج الكروم

Chromium production

يوجد الكروم في الطبيعة على هيئة كروميت . يوجد في أمريكا الجنوبية وروديسيا وروسيا . يحصل على الفيروكروم الذي يحتوي على ٦٠ . ٧٠ % كروم عن طريق الإختزال بالأفران الكهربائية .. يرمز له بالرمز (كر أو Cr).

استعمالات الكروم : Uses Of Chromium

يستعمل الكروم بالصناعات التعدينية في الطلاء بالكهرباء ، وكمادة واقية من التآكل الكيميائي بسبب مقاومته العالية (الطلاء الكرومي الثقيل والصلد) ، ويستعمل الطلاء الكرومي الصلب كثيراً في صناعة العدة وقوالب الكبس ، كما يلعب دوراً هاماً في تحضير أنواع الصلب السبائكي.

خواص الكروم : Chromium Properties

أهم خواص الكروم هو الآتي :-

١. كثافته ٦.٨ كجم/دسم^٣.
٢. درجة إنصهاره ١٩٠٠ م^٠.
٣. لونهر مادي ومقطعه لامع كالفضة.
٤. صلد وهش.
٥. مقاوم للتآكل الكيميائي.

إنتاج التنجستين

Tungsten production

يوجد التنجستين في الطبيعة على شكل خامات التنجستين . يوجد في كندا . كاليفورنيا . أسبانيا . البرتغال . أفريقيا الجنوبية . روسيا .. يرمز له بالرمز (تن أو W). يستخلص التنجستين من خاماته بالترسيب على شكل حمض التنجستين ، ثم يمرر الحمض في تيار من الأيدروجين ، بحيث يختزل إلى مسحوق التنجستين . ينتج التنجستين على شكل تماسيح تسمى تماسيح التنجستين.

استعمالات التنجستين : Uses Of Tungsten

يستعمل التنجستين في صناعة الأسلاك التهوئية بالمصابيح الكهربائية (بسبب درجة إنصهاره العالية) ، كما يستعمل لأقطاب اللحام (الالكترودات) وكمادة سبكة لأنواع صلب الإنشاءات وصلب العدة وللمعادن الصلدة ، حيث يكسب الصلب مقاومة جيدة للحرارة مما يزيد من تحمله للقطع.

خواص التنجستين : Tungsten Properties

أهم خواص التنجستين هو الآتي :-

١. كثافته ١٩ كجم/دسم^٣.

٢. درجة إنصهاره عالية جداً تصل إلى 3370°C .
٣. مقاومته للحرارة جيدة.

إنتاج الموليبدنم

Molybdenum production

يوجد الموليبدنم في الطبيعة على شكل موليبدانيت وولفانيت . أماكن توفره في أمريكا الشمالية . أستراليا . سويسرا . النمسا .. يرمز له بالرمز (مو أو Mo).

استعمالات الموليبدنم : Uses Of Molybdenum

يستعمل الموليبدنم كمادة سببكية في أنواع الصلب النقي المكرر ، كما يستعمل كأقطاب (الكثودات).

خواص الموليبدنم : Molybdenum Properties

أهم خواص الموليبدنم هو الآتي :-

١. كثافته 10.3 كجم/دسم^3 .
٢. درجة إنصهاره تصل إلى 2600°C .

إنتاج الفاناديوم

Vanadium production

الفاناديوم لونه رمادي وهو صلد جداً . الفاناديوم النقي صعب التحضير ، يتداول عادة كمركب من الفاناديوم والحديدي لذلك يسمى بالفاناديوم الحديدي.

استعمالات الفاناديوم : Uses Of Vanadium

يستعمل الفاناديوم كمادة سببكية مع سبائك الصلب ، كما أن كميات قليلة منه (٢%) فقط تستخدم في سبائك صلب النوايض وصلب العدة)، حيث ترفع متانة الشد والصلادة للسبيكة بشكل كبير.

خواص الفاناديوم : Vanadium Properties

أهم خواص الفاناديوم هو الآتي :-

١. كثافته ٥.٧ كجم/دسم^٣.
٢. درجة إنصهاره تصل إلى ١٧١٥ °م.

إنتاج الكوبلت

Cobalt production

الكوبلت لونه أبيض مائل للون الأحمر والأزرق وهو من المعادن شديدة الصلادة ، لذلك فإنه يعتبر من أهم المكونات الهامة لسبائك للمعادن الصلدة .. يرمز له بالرمز (كو أو Co).

استعمالات الكوبلت : Uses Of Cobalt

يستعمل الكوبلت في بسبب صلابته العالية كسبيكة صلب السرعات العالية وفي صناعة المغناطيس الممتازة الدائمة.

خواص الكوبلت : Cobalt Tungsten

خواص الكوبلت تتشابه إلى حد كبير مع خواص النيكل ، ومن أهم خواصه هي

الآتي :-

١. كثافته ٨.٦ كجم/دسم^٣.
٢. درجة إنصهاره ١٤٩٠ °م.
٣. شديد الصلادة.
٤. لونه أبيض مائل للون الأحمر إلى الأزرق.

إنتاج المنجنيز

Manganese production

المنجنيز هو معدن صلد وهش . يستخدم بصورة رئيسية في سبائك الصلب والنحاس ، كما يدخل كثيراً في مركبات سبائك المعادن الخفيفة .. يرمز له بالرمز (من أو Mn).

أساسيات هندسة الإنتاج

استعمالات المنجنيز : Uses Of Manganese

يستعمل المنجنيز كمادة أساسية في سبائك الصلب والنحاس ، كما يدخل كثيراً في مركبات السبائك المعدنية الخفيفة.

خواص المنجنيز: Cobalt Manganese

أهم خواص المنجنيز هو الآتي :-

١. كثافته ٧.٤ كجم/دسم^٣.
٢. درجة إنصهاره ١٢٥٠ م^٠.
٣. معدن صلد وهش.

إنتاج التنتالوم

Tantalum Production

يوجد التنتالوم في الطبيعة بشكل كولومبيت مختلطاً بالتنتالوم ، وهو معدن رمادي لامع ، تزداد ليونته ومطيلته بارتفاع درجة نقاوته . ترتفع مقاومته للشد عند تشكيله على البارد من ٣٥ . ١١٠ كجم/مم^٢ . أكسيد التنتالوم هش وصلد جداً لدرجة خدش الزجاج .. يرمز له بالرمز (تا أو Ta).

التنتالوم مقاوم للتآكل الكيميائي ولا يؤثر فيه سوى حمض الفلور.

استعمالات التنتالوم : Uses Of Tantalum

يستعمل التنتالوم في صناعة المعدات والأجهزة الطبية الخاصة بالأسنان ، وكأوزان معايرة (محددات الوزن) ، كما يستعمل كمادة في مركبات سبائك الصلب والنحاس ، كما يدخل كثيراً في مركبات السبائك المعدنية الخفيفة.

خواص التنتالوم : Tantalum Manganese

أهم خواص التنتالوم هو الآتي :-

١. كثافته ١٦.٦ كجم/دسم^٣.

٢. درجة إنصهاره 3030°م .
٣. مقاومته للشد عند التشكيل على البارد ما بين $35 - 110$ كجم/مم^٢.
٤. مقاوم للتآكل الكيميائي.
٥. لونه رمادي لامع.
٦. يقبل الليونة والإستطالة عند إرتفاع درجة نقاونه.
٧. هش وصلد جداً .. (يمكنه خدش الزجاج).

إنتاج التيتانيوم

Titanium Production

التيتانيوم معدن لونه أبيض فضي مقاوم للتآكل الكيميائي أكثر من الصلب ، وهو غير قابل للصدأ ، له نفس متانة صلب الإنشاءات الجيد، ويحافظ عليها في درجات حرارة تصل إلى 400°م . يعتبر التيتانيوم من أهم المواد الأساسية في مركبات سبائك المعادن الصلدة وفي الصلب والألومنيوم .. يرمز له بالرمز (تي أو Ti).

يوجد التيتانيوم في الطبيعة برمال الأليميت على شواطئ الهند وشمال البلطيق ، كما يوجد في خامات الألبمنت في شمال أمريكا وأسكندنافيا . نسبة وجوده بالقشرة الأرضية بين المعادن المستخدمة في التنقية يلي نسبة وجود الألومنيوم والحديد والمغنسيوم . إستخلاصه صعب للغاية.

استعمالات التيتانيوم : Uses Of Titanium

يستعمل التيتانيوم في الصناعات البالغة الدقة وأهمها صناعة مركبات الفضاء والطائرات وما شابهها.

خواص التيتانيوم : Titanium Manganese

أهم خواص التيتانيوم هو الآتي :-

١. كثافته 4.51 كجم/دسم^٣.

أساسيات هندسة الإنتاج

٢. درجة إنصهاره 1700°C .
٣. غير قابل للصدأ.
٤. مقاوم للتآكل الكيميائي أكثر من الصلب.
٥. لونه أبيض فضي .
٦. له نفس متانة صلب الإنشاءات الجيد، ويحافظ عليها في درجات حرارة تصل إلى 400°C .
٧. يعتبر من المواد الأساسية في مركبات سبائك المعادن الصلدة وفي الصلب والألومنيوم.

سبائك التيتانيوم : Titanium Alloys

تحتوي سبائك التيتانيوم على نسبة ما بين ٥ . ٧ % من الألومنيوم ، وتبعاً لاستعمالها يخلط معها ٢.٥ % قصدير أو ٤ % فناديوم أو ٤ % موليبدنم . مقاومتها جيدة للتآكل الكيميائي . وزنها النوع صغير (كثافتها ٤.٤٥ كجم/دسم^٣ . مقاومتها للشد ما بين ٧٠ . ١٠٠ كجم/مم^٢ .

خواص سبيكة التيتانيوم : Titanium Alloys Properties

أهم خواص سبيكة التيتانيوم هو الآتي :-

١. كثافتها ٤.٤٥ كجم/دسم^٣.
٣. مقاومتها للشد ما بين ٧٠ . ١٠٠ كجم/مم^٢.
٤. غير قابلة للصدأ.
٥. لها مقاومة ممتازة للتآكل الكيميائي.
٦. قابلة لعمليات التشغيل بالقطع بسرعات منخفضة (ما بين ١٠ . ٢٠ م/د للخراطة ، وما بين ٤ . ٨ م/د للثقب).
٧. يلزم تبريدها بصفة مستمرة أثناء عمليات التشغيل بالقطع.
٨. تعتبر من المواد الهامة في مركبات سبائك المعادن الصلدة كالألومنيوم.

إنتاج الأنثيمون

Antimony production

الأنثيمون معدن هش لونه فضي لامع . يدخل في مركبات سبائك الرصاص النثيموني والمعدن الأبيض ومعادن حروف الطباعة والحديد ، حيث يعمل على زيادة صلابتها .. يرمز له بالرمز (Sb) .

استعمالات الأنثيمون : Uses Of Antimony

يستعمل الأنثيمون في مركبات السبائك فقط مثل سبائك الرصاص والمعادن البيضاء ومعادن حروف الطباعة والحديد ، حيث يعمل على زيادة صلابتها .

خواص الأنثيمون : Antimony Properties

أهم خواص الأنثيمون هو الآتي :-

١ . كثافته ٦.٦ كجم/دسم^٣ .

٢ . درجة إنصهاره ٦٣٠ م^٠ .

٣ . معدن هش

٤ . لونه فضي لامع

إنتاج الزئبق

Mercury production

الزئبق هو المعدن الوحيد السائل تحت درجات الحرارة العادية . خامات الزئبق الرئيسية هي كبريتيد الزئبق ، ونادر وجوده بشكل نقي . يستخرج الزئبق من خاماته الموجودة في أسبانيا . إيطاليا . كاليفورنيا . بيرو . البرازيل . الصين . اليابان .. يرمز له بالرمز (Bz أو Bi) .

استعمالات الزئبق : Uses Of Mercury

يستعمل الزئبق بفضل تمدده الحراري العالي في موازين الحرارة الزئبقية (الترمومترات الزئبقية) ، كما يستعمل في مفاتيح بخار الزئبق ، وفي المفاتيح الكهربائية كسائل موصل للتيار الكهربائي.

خواص الزئبق : Mercury Properties

أهم خواص الزئبق هو الآتي :-

١. كثافته ٨٣.٥ كجم/دسم^٣.
٢. درجة إنصهاره ٣٩ °م.
٣. موصل للتيار الكهربائي.
٤. يتصلد مع الزمن.
٥. درجة تبخره ٣٥٧ °م.
٦. يطلق أبخرة زئبقية سامة جداً.

المعادن الثمينة

NOBLE METALS

توجد المعادن الثمينة في الطبيعة غالباً بشكل نقي ، هي التي لا تتأثر بالمواد الكيميائية ولا تتحد مع أكسوجين الهواء بالتسخين . أهم المعادن الثمينة هي الفضة . الذهب . البلاتين .

إنتاج الفضة

SILVER PRODUCTION

تعتبر الفضة من أفضل المعادن الموصلة للكهرباء ، وتوجد في حالة منفردة بروسبها وأهم خاماتها هي SILVER GLANCE التي تحتوي على ٨٧ % فضة .. يرمز له بالرمز (ف أو Ag).

توجد خامات الفضة في المكسيك . كندا . الأمريكتين (الجنوبية والشمالية)

استعمالات الفضة : USES OF SILVER

تستعمل الفضة في صناعة البواتق للمعامل . الأجهزة المعملية . المصوغات . العملات . أدوات المائدة (التي يجري طلائها بالفضة) . أسلاك المصاهر واللامسات الكهربائية طلاء المعادن . إنتاج أفضل المرايا في المعدات البصرية (هي المطلية بالفضة) . الأملاح الحساسة للضوء اللازمة في التصوير .

لا تستخدم الفضة في حالتها النقية للأغراض المعملية ، بل تستخدم عادة على هيئة سبائك بكميات مختلفة من النحاس لكي تكون أكثر صلابة ومتانة ، كما تتحسن صفاتها للصب وتزداد مقاومتها للتمزق .

خواص الفضة : Silver Properties

أهم خواص الفضة هو الآتي :-

- ١ . معدن أبيض رخو قابل للاستطالة .
- ٢ . يمكن تلميعه بسهولة .
- ٣ . موصل ممتاز للحرارة والكهرباء .
- ٤ . يتغير لونه إلى الأسود الذي يلاحظ كثيراً ، وذلك لتكوين كبريتيد الفضة السوداء على سطحه نتيجة للتأثره بالأيدروجين الموجود في الهواء .
- ٥ . كثافته ١٠.٥ كجم/دسم^٣ .
- ٦ . درجة إنصهاره ٩٦٠ °م .
- ٧ . لها نفس تمدد النحاس الأصفر .

إنتاج الذهب

Gold production

يوجد الذهب في الطبيعة عادة في حالة منفردة على هيئة حبيبات صغيرة مدفونة في الكوارتز (الرمال) ، أما الذهب الموجود في الصخور فهو فطري في الحالة رواسب

الذهب الأولى ، كما يوجد الذهب في رمال الأنهار وهو في حالة رواسب الذهب الثانية ، وذلك نتيجة لتحليل الصخور المحتوية على الذهب .. يرمز له بالرمز (ذ أو Au).
يفصل جزيئات الذهب المستخرج من مياه الأنهار عن الرمل بالغسيل بالماء الذي يحمل جزيئات الذهب الأخف ، ويفصل الذهب عن الصخور بطرق إستخراج خاصة ، حيث تطحن الصخور المحتوية على رواسب الذهب في طواحين مع الماء لينتج عنها رمال مبللة ناعمة ، ثم ترسب الرمال كهربائياً في محاليل ، ليتحد الذهب مع الزئبق ، ويفصل الذهب بالتقطير لإزالة الزئبق.
يوجد أهم رواسب الذهب في جنوب أفريقيا وروسيا وأستراليا والأمريكتين (الجنوبية والشمالية)

استعمالات الذهب : Uses Of Gold

يضاف إلى الذهب نحاس أو فضة بنسب لتحويله إلى سبائك لإمكان إستخدامه في العملات أو المصوغات ، كما يستعمل الذهب في طلاء الخزف والزجاج وأيضاً في طلاء المعادن بالطرق الحرارية أو الكهربائية.

خواص الذهب : Gold Properties

أهم خواص الذهب هو الآتي :-

١. معدن لين قابل للإستطالة لونه أصفر لامع مائل إلى اللون الأحمر.
٢. يمكن درفله إلى رقائق رفيعة جداً.
٣. تحدد نسبة نقاوة الذهب في السبائك بالألف أو بالقيراط ، علماً بأن عيار الذهب النقي $1000 = 24$ قيراط ، وسبيكة منه تحتوي على مقدار ٣٣٣ في الألف .. أي ٨ قيراط أو سبيكة منه تحتوي على مقدار ٥٨٥ في الألف .. أي ١٤ قيراط ، ويبين ذلك على الأصناف بأختام خاصة.
٤. لا يتغير لونه في الهواء ، ولكن لونه يتغير عند التسخين.
٥. كثافته ١٩.٣ كجم/دسم^٣.

٦. درجة إنصهاره 1063°C .

٧. يذوب في ماء الكلور ومحلول سيانيد الصوديوم.

إنتاج البلاتين

Platinum production

البلاتين من المعادن الثمينة ، يوجد في الطبيعة على شكل رواسب منفردة من الأريديوم أو البلاتين ، أو متحداً مع عناصر أخرى . يتشابه خواص البلاتين مع خواص الذهب إلى حد كبير ما عدا ارتفاع صلادة ودرجة حرارة إنصهار الأول . يوجد في الأورال . كندا . البرازيل . كولومبيا . جنوب أفريقيا .. يرمز له بالرمز (بلا أو Pt).

استعمالات البلاتين : Uses Of Platinum

يستعمل البلاتين وسبائكه في صنع الحلي . أسنان أقلام الحبر الذهبية . الترمومترات المقاومة البلاتينية لقياس درجات الحرارة البالغة الارتفاع والانخفاض . قواطع التيار في المزدوجات الحرارية التي تصل إلى 1600°C . الأقطاب والبواثق للمختبرات الكيميائية .. نظراً لثبات وارتفاع درجة حرارة انصهاره.

خواص البلاتين : Platinum Properties

أهم خواص البلاتين هو الآتي :-

١. كثافته 21.5 كجم/دسم^3 .
٢. درجة إنصهاره 1770°C .
٣. لا يتأكسد حتى في درجة التوهج البيضاء.
٤. لا يتأثر بالأحماض والقلويات.
٥. يتمتع بصفات ميكانيكية ممتازة وذلك لقابليته للدرفلة والسحب والكبس .. حيث يصل سمك صفائحه إلى 0.0025 مم وقطر أسلاكه 0.015 مم .

المعادن اللاحديدية الخفيفة

أساسيات هندسة الإنتاج

المعادن اللاحديدية الخفيفة هي التي تكون كثافتها أقل من ٥ كجم / د سم³ وأهمها الألومنيوم وسبائكه . المغنسيوم وسبائكه .

إنتاج الألومنيوم

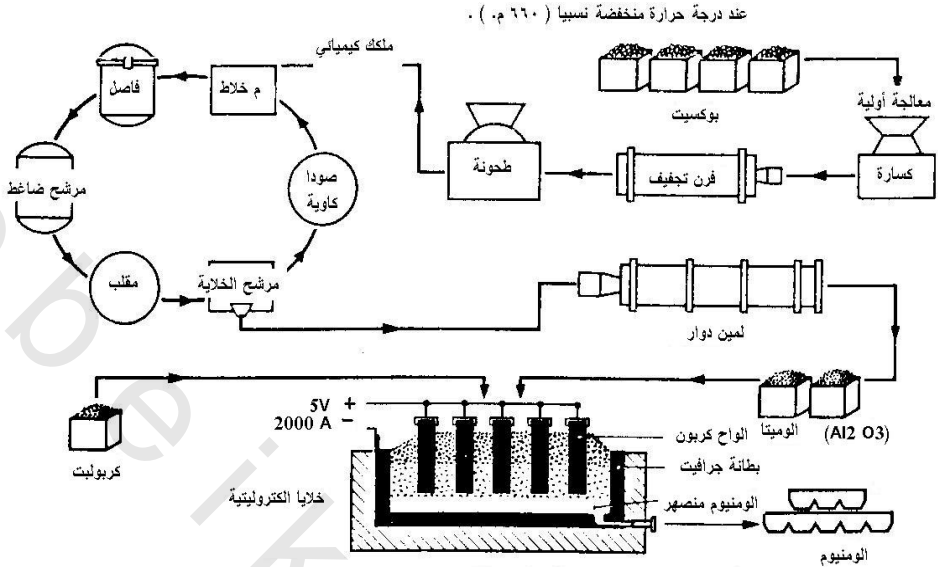
Production of aluminium

الألومنيوم معدن حديث الاكتشاف ، استخلاص لأول مرة عام ١٨٢٥ م ، ويعتبر الألومنيوم من أكثر المعادن انتشاراً في الطبيعة ، وأكثر المعادن غير الحديدية استخداماً .. يرمز له بالرمز (لو أو Al) .

يوجد الألومنيوم على شكل أكاسيد أو سيليكات ولا يوجد الألومنيوم حراً في الطبيعة ، وذلك لشدة اتحاده مع الأكسجين .

أهم خامات الألومنيوم التي انتشر استخدامها بانتشار كبير في الصناعة ، هي أكسيد الألومنيوم المائي الذي يعرف بالبوكسايت ، وأهم أنواع البوكسايت المعروف صناعياً هو البوكسايت الأبيض والبوكسايت الأحمر .

يتم استخلاص الألومنيوم من خام البوكسايت بطريقة التحليل الكهربائي ، وشكل ٣ - ٨ يوضح خريطة استخلاص الألومنيوم من البوكسايت .



شكل ٣ - ٨

خريطة استخلاص الألومنيوم من البوكسيت

سبائك الألومنيوم : Aluminum Alloys

يخلط الألومنيوم بالدرجة الأولى مع العديد من المعادن الأخرى مثل المنجنيز .
النحاس . السيلكون . الزنك . الرصاص . المغنسيوم .. لذلك للحصول على الخواص
التالية :-

١. سبائك الألومنيوم والنحاس ذات متانة عالية ، إلا أنها أقل صموداً للتآكل الكيميائي من سبائك الألومنيوم الخالي من النحاس.
٢. قابلية جيدة للتشغيل بالقطع وأيضاً التشكيل بدون قطع.
٣. لكي تكون الألومنيوم وسبائكها سهلة التشغيل بالقطع وذات تكلفة منخفضة ، فإنه يجب استخدام عدة خاصة بزوايا جرف كبيرة لسهولة خروج الرايش ، بالإضافة إلى التشغيل بسرعات قطع عالية أو بسرعات القطع القصوى للحصول على أسطح ملساء ناعمة جداً.

خواص الألومنيوم : Aluminium Properties

يتميز الألومنيوم بخواصه الجيدة ، مما أدى إلى انتشاره واستخدامه في العديد من الصناعات ، وأهم خواصه هو الآتي :-

- ١ . كثافته ٢.٧ كجم/ دسم^٣.
- ٢ . درجة إنصهاره ٦٨٥ °م.
- ٣ . مقاومته للشد مصبوحاً ٩ . ١٢ كجم/سم^٢ ، بالتليد اللين ٧ كجم/سم^٢ ، مصلد بالجلفنة ١٣ . ٢٠ كجم/سم^٢.
- ٤ . معدن خفيف لين قابل للمط.
- ٥ . سهل التشغيل.
- ٦ . يمكن لحامه أو صهره باستخدام مساعد صهر مناسب.
- ٧ . جيد التوصيل للحرارة والكهرباء .
- ٨ . مقاومته عالية للصدأ.

استعمالات الألومنيوم وسبائكها : USES OF ALUMINIUM AND ITS ALLOYS

يصنع الألومنيوم على شكل ألواح ورقائق عن طريق الدرفلة ، أما القضبان والأنابيب والأسلاك فإنها تصنع بالبتق.

يستعمل الألومنيوم على نطاق واسع في مجالات عديدة بسبب وزنه وقيمته المعتدل ومقاومته العالية للتآكل الكيميائي وقابليته للتشكيل بطرق عديدة .. وفيما يلي أهم استعمالاته :-

- ١ . يستعمل الألومنيوم مع سبائك النحاس في صناعة الأسلاك الكهربائية في التوصيلات البعيدة ، ومقومات التيار والمكثفات وغيرها.
- ٢ . الأواني المنزلية ، والمعلبات ، وآلات المستخدمة في صناعة الألبان والحلويات والسكر.
- ٣ . إطارات النوافذ والأبواب ، وفي أعمال التسخين والتدفئة .

٤. هياكل الطائرات ، كما يدخل في صناعة المركبات الفضائية والأقمار الصناعية ، وذلك لمتانتة وخفة وزنه وقابليته العالية للتوصيل الحراري .
٥. صنع أجزاء عديدة لمحركات الاحتراق مثل الهياكل والأسطوانات والمكابس وغيرها ، وفي بناء السفن النهرية ، وقوارب النجاة .
٦. يستخدم الألومنيوم النقي جداً بالدرجة الأولى في صنع عاكسات الضوء والأجسام المضئية والعديد من الصناعات الأخرى مثل الحليات . قطع غيار السيارات . الصناعات الكيميائية . أجهزة وتركيبات الصناعات الغذائية . أوعية وصهاريج النقل . الأواني المنزلية . الرقائق والعلب . صناعة التغليف ، كما يستعمل في مجال البناء كطلاء للأسطح وللدكور .

إنتاج المغنسيوم

Production of magnesium

الخامات التي يستخلص منها المغنسيوم هي الكارناليت . الدولوميت . أماكن وجودها في ألمانيا وسويسرا .

يستخلص المغنسيوم مثل الألومنيوم بالطريقة الجافة ، إلا أن كثافته المنخفضة تجعله يطفو فوق سطح الألكتروليت الذي يكون مغطى بطبقة ملحية لا تذوب إلا في درجة حرارة مرتفعة ، لذا يتم تجميعه من سطح الألكتروليت .

يحتوي المغنسيوم الخام على شوائب كثيرة .. قد تكون هذه الشوائب على شكل قشور على سطحه أو مواد غريبة بداخله .

يجري تنقية المغنسيوم بالصهر في مزيج ملحي يتحد مع المعادن الأخرى والشوائب ، تصل نقاوته إلى ٩٩.٨ % ويمكن زيادتها إذا لزم الأمر .

استعمالات المغنسيوم : Uses Of Magnesium

لا يستعمل المغنسيوم كمعدن بمفرده وذلك لضعف مقاومته للشد ، ولا يستعمل أيضاً في تجهيز المنتجات نصف المصنعة مثل الألواح والقضبان وغيرها ، ولكنه

يستعمل كمادة اختزال في مصانع صب الصلب وفي تصنيع الألعاب النارية ، ويستعمل بالدرجة الأولى كمادة أساسية في سبائك المغنسيوم ، وكإضافات لسبائك الألومنيوم المتنوعة ، كما أنه يستعمل مع النحاس لتصنيع البرونز ، وفي صهر المصبوبات التي تحتوي على كريات جرافيتية.

ينتج المغنسيوم ويتداول في الأسواق التجارية على شكل تماسيح أو مكعبات أو مساحيق.

خواص المغنسيوم : Magnesium Properties :

يتميز المغنسيوم بالخواص التالية :-

١. كثافته ١.٧٤ كجم/دسم^٣.
٢. درجة إنصهاره ٦٥٠ م^٠.
٣. مقاومته للتآكل الكيميائي ضعيفة.
٤. قابليته سريعة للاشتعال لذا يجب الحيلولة دون ملامسة المغنسيوم أو سبائكه لأكسوجين الهواء عند صبه أو صهره وذلك بإحاطته بالكبريت.

سبائك المغنسيوم : Magnesium Alloys :

تعتبر سبائك المغنسيوم من أخف مواد التصنيع المعدنية . يلزم لتشغيل سبائك المغنسيوم نفس المعايير المتبعة لتشغيل سبائك الألومنيوم .

تقبل سبائك المغنسيوم عمليات التشغيل بالقطع أكثر من جميع المعادن الأخرى ، أما التبريد أثناء القطع فينبغي استعمال الزيوت ذات اللزوجة المنخفضة (الزيوت الخفيفة) وعدم استعمال سوائل التبريد المحتوية على ماء.

الرايش الدقيق الناتج من عمليات قطع المغنسيوم (قطع الجذاذة أو النحاتة الصغيرة) سريعة الاشتعال .. مما يستدعي وجود مواد إطفاء في متناول اليد مثل الرمل أو رايش حديد الزهر .. كما يجب وضعها بمكان ظاهر أثناء عمليات التشغيل بالقطع .

تصدأ سبائك المغنسيوم بسرعة ، لذلك فإنه يجب طلاؤها بمادة عازلة واقية.

توجد سبائك مغنسيوم كثيرة أهمها السبائك التالية :-

١. سبائك المغنسيوم المطروقة :

كثافتها ١.٨ كجم/ دسم^٣ . مقاومتها للشد ٢٠ . ٢٣ كجم/سم^٢ . تتركب من ١.٢ . ٢ منجنيز والباقي مغنسيوم.
هي سبيكة قابلة للحام بشكل جيد . يصنع منها الألواح . الأنابيب . القضبان . الأسلاك . المشغولات التي تتم بالطرق أو الكبس .

٢. سبائك المغنسيوم المقاومة للشد :

كثافتها ١.٨ كجم/ دسم^٣ . مقاومتها للشد ٢٨ . ٣٢ كجم/سم^٢ . تتركب من ٧.٨ . ١.٢ ألومنيوم ، ٠.٢ . ٠.٨ زنك ، ٠.١٢١ . ٠.٣ منجنيز والباقي مغنسيوم.
تتميز هذه سبيكة لمقاومتها العالية للشد . تستعمل في المطروقات ومشغولات الكبس . القضبان . القطاعات ، وكذلك الأجزاء المعرضة للإجهادات العالية بالآلات.

٣. سبائك المغنسيوم المصبوبة :

كثافتها ١.٨ كجم/ دسم^٣ . مقاومتها للشد ٢٤ . ٢٨ كجم/سم^٢ . الانفعال ٦ . ١٠ % . تتركب من ٨.٣ . ١٠ ألومنيوم ، ٠.٣ . ١.٠ زنك ، ٠.١٥ . ٠.٣ منجنيز والباقي مغنسيوم.

هذه سبيكة مناسبة لعمليات السباكة في قوالب رملية ، تتميز مسبوكتها بمطيلية جيدة ومتانة عالية وتحملها للصدمات.

تستعمل هذه السبيكة في صناعة السيارات . أغلفة المحركات . صناديق التروس.

٤. سبائك المغنسيوم المقاومة للصدمات والحرارة العالية :

كثافتها ١.٨ كجم/ دسم^٣ . مقاومتها للشد ٢٤ . ٢٨ كجم/سم^٢ . الانفعال ٨ . ١٢ % . تتركب من ٩ . ١١ ألومنيوم ، ٧.٥ . ٩.٠ زنك ، ٠.٣ . ١.٠ منجنيز والباقي مغنسيوم.

تتميز هذه سبيكة في حمل الانحناء الكلاسي . وتستعمل في المصبوبات المعرضة للصدمات وارتفاع درجات الحرارة العالية . يمكن صب هذه السبيكة في قوالب رملية أو في قوالب دائمة.

الفصل الثاني

مواد التصنيع الملبدة

SINTERED MANUFACTURING MATERIALS

مُهَيِّدٌ

تصنع اليوم أدوات كثيرة بأسلوب حديث يعتمد على كبس مساحيق المعادن في قوالب متينة معدة بشكل المنتج المطلوب تصنيعه ، تحت ضغوط عالية تصل إلى ٥٠٠٠ كجم / سم^٢ ، حيث تتقارب الحبيبات مع بعضها البعض ، وتتلاصق وتتماسك في الشكل المطلوب ، إلا أنه يلزم لتمام تماسكها التام تعرضها للحرارة ، أما أثناء ضغطها في القالب أو بعد إخراجها من القالب متماسكة ، وذلك باستعمال أفران خاصة يتناول هذا الفصل الطرق المختلفة لتجهيز المساحيق وتشكيلها بالكبس أو التلبيد ، والمعالجات اللاحقة على المشغولات المصنعة. ويتعرض للمنتجات المصنعة بالمساحيق الملبدة ومميزات وعيوب كل منها.

ميتالورجيا المساحيق

Metallurgy of powders

يطلق على فن تشكيل مساحيق المعادن إسم ميتالورجيا المساحيق لإنتاج سلع تجارية تحتوي على خليط من مساحيق المعادن بواسطة الضغط مع التسخين. التلبيد هو معالجة حرارية من خلال كبس مساحيق المعادن ، أو مساحيق أكاسيدها أو كربيداتها ، حيث تتشابك حبيبات المسحوق بشكل كثيف عند الكبس بسبب عدم إنتظام أسطحها الخارجية لتلتصق في مواضع تلامسها بتأثير قوة الترابط . إلا أنها لا تتحول إلى كتلة واحدة لأن الحبيبات تكون صلبة وتحافظ على شكلها في الحالة الباردة . أما عند وجود الحبيبات في حالة لدنة .. أى إذا إرتفعت درجة حرارتها إلى أقل من درجة حرارة الإنصهار بقليل ، يؤدي ذلك إلى ظهور أثر قوة الترابط من خلال تماسك الحبيبات مع بعضها البعض.

ينتج عن صغر مسام الجسم المضغوط إنكماشه مع إرتفاع كثافته وزيادة متانته . تسمى عملية تكثيف المادة المصنعة تحت تأثير قوة الترابط للحبيبات في الحالة العجينية بالتلبيد.

يتوقف شكل الحبيبات أو جسيمات المسحوق على طريقة صنعها .. فقد تكون على شكل كريات أو مسطحة أو مدببة أو قشرية أو غير ذلك.

القطع المصنعة من مواد ملبدة Sintered Materials ليست بحاجة لعمليات تشغيل بالقطع ، إذ يمكن إكتسابها الشكل المطلوب عند التلبيد مما يوفر كثيراً في إستهلاك المواد.

تعتبر مساحيق المعادن الملبدة أعلى تكلفة من المواد الأخرى بحالتها الصلبة ، وتعلل الزيادة في التكلفة لخواصها الممتازة ، علماً بأن بعض المنتجات لا يمكن صنعها بأى أسلوب آخر سوى هذا الأسلوب.

طريقة التجهيز :

يتم تحضير القطع المصنعة بالتلييد وفقاً للخواص المطلوبة على المراحل

التالية :-

- إنتاج المسحوق
- صب المسحوق في قوالب
- الكبس
- معايرة المشغولات الملبدة
- التصليد الكلي أو التصليد الغلافي أو التشريب بالزيت.

طرق تحضير مساحيق المعادن :

لا يمكن تحضير جميع مساحيق المعادن بطريقة واحدة ، بل تتفاوت طرق صنع تحضيرها ، وذلك لاختلاف خصائص المعادن الفيزيائية والكيميائية . فيما يلي عرض أكثر طرق تحضير مساحيق المعادن إنتشاراً.

١. استخدام ماكينات التشغيل :

تستخدم ماكينات التشغيل أحياناً للحصول على رايش (جذادة أو نحاته) يصلح لأغراض التشكيل ، علماً بأن جزيئات الرايش تكون خشنة إلى حد ما . تستخدم هذه الطريقة لإنتاج مساحيق المغنسيوم.

٢. الطحن :

تستخدم أنواع مختلفة من الكسارات والطواحين الدوارة لتفتيت المعادن للحصول على جزيئات دقيقة على مسحوق على هيئة قشور ، يمكن إضافة الزيت للمعدن أثناء سحقه لعدم التصاق الجزيئات ببعضها البعض.

٣. القذف :

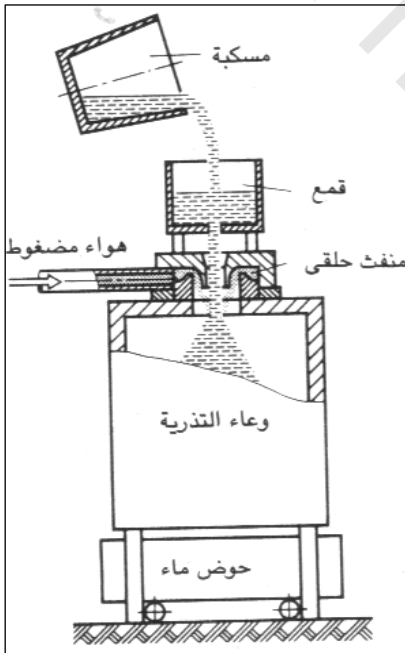
يبرد المعدن المنصهر بالماء من خلال تساقطه من فوهة صغيرة جداً ، للحصول على جزيئات صغيرة كروية الشكل.

٤. التذرية :

تسمى هذه الطريقة بالتذرية أو الرش ، حيث تنفصل جزيئات المعدن المنصهر بالدفع أو بالرش ، وهي وسيلة ممتازة لإنتاج مساحيق من المعادن التي تنصهر في درجات حرارة منخفضة نسبياً مثل الألومنيوم والقصدير والرصاص والزنك والقصدير .

تتلخص هذه الطريقة من خلال اندفاع الهواء المضغوط أو بتوجيه تيار من بخار الماء إلى المعادن السائلة المنصهرة كما هو موضح بشكل ٣ - ٩ ثم تجميع المسحوق في حوض مائي ، حيث تتكون أجزاء مساحيق هذه المعادن بأشكال غير منتظمة وتنتج بمقاسات مختلفة.

يتم إختيار نسب تركيب المسحوق الذي سيجرى كبسه تبعاً للهدف المطلوب من المشغولات المراد تصنيعها ، أما أنواع المساحيق المستخدمة في الخلط فإنها توزن بدقة ثم تخلط جيداً في برميل أسطواني دوار قبل كبسها.



شكل ٣ - ٩

إنتاج مساحيق معدنية بالتذرية

أساسيات هندسة الإنتاج

٥. الأقراص الدوارة :

يصب المعدن المنصهر على قرص يدور بسرعة كبيرة ، ليتساقط إلى أسفل على وعاء به ماء ، حيث يتناثر المعدن المنصهر بفعل القوة طاردة المركزية للقرص الدوار ويتجزأ المعدن المنصهر ، وعند ملامسته لسطح الماء يتحول إلى شرائح رقيقة . تنقل الشرائح المعدنية الصغيرة إلى مطارق لتحويلها إلى مسحوق . تستخدم هذه الطريقة عند إنتاج مسحوق الألومنيوم .

٦. التجبيب :

يمكن تحويل قليل من المعادن إلى أجزاء صغيرة من خلال تقليب المعدن المنصهر بسرعة أثناء تبريده . تتوقف هذه الطريقة على تكوين الأكاسيد على أسطح المجسمات أثناء عملية التقليب .

٧. الترسيب بالتحليل الكهربائي :

تستخدم هذه الطريقة عند إنتاج مساحيق النحاس والحديد والفضة ، وبعض المعادن الأخرى .

٨. الاختزال :

تختزل الأكاسيد المعدنية وتتحول إلى مساحيق عند تلامسها لغاز مختزل في درجة حرارة أقل من درجة إنصهاره . تستخدم هذه الطريقة عند إنتاج مساحيق التنجستين والحديد والنيكل .

تشكيل المساحيق بالكبس :

يتم كبس المسحوق في مكابس خاصة مجهزة لهذا الغرض ، علماً بأن المسحوق لا يتكتف في كل أنحاء القالب بنفس الدرجة كما هو الحال بالكتلة السائلة أو العجينية ، لذلك فإنه يجب إضافة مادة مزلفة على المسحوق المراد كبسه لتحسين التكتيف ، كما يجب أن تكون فراغات المكبس متوائمة تماماً مع القالب ومناسبة لنوع المسحوق المراد كبسه .

التلييد :

هي عملية تسخين للقطعة المكبوسة إلى درجة حرارة عالية لكي يزداد تماسك وترابط الجزيئات مع بعضها البعض . يضاف إلى مساحيق المعادن غالباً بعض عناصر سببكية أخرى لتحسين المنتج وارتفاع جودته.

درجة الحرارة التي تستخدم في عملية التلييد تساوي ما بين ٦٠ . ٨٠ % من درجة إنصهار تلك المادة ، أما إذا كان المسحوق المراد تلييده من خليط مكون من مادتين أو أكثر .. فإن درجة حرارة التلييد تكون أعلى قليلاً من أدنى درجة إنصهار إحدى المواد المركبة.

يجرى التلييد في أفران خاصة لتجنب حدوث أكسدة . يتراوح زمن التلييد ما بين ٣٠ . ١٥٠ دقيقة ، أما المواد التي تتطلب كثافة وخواص متانة عالية فإنها تكبس كبس مضاعف .. أى على مرحلتين.

أهم مميزات التلييد هو إمكانية خلط وتركيب مواد تصنيع مختلفة الكثافة ومتباينة في درجات إنصهارها بشكل أسهل من مزجها بالصهر . بهذه الطريقة يمكن تحضير مواد ذات الجودة عالية وبخواص ممتازة.

التشطيب وضبط المقاسات :

بعد عملية التلييد تجرى عملية أخرى تسمى بعملية إعادة تشكيل المشغولات (بدون قطع) في عدة ضبط الأبعاد من خلال الكبس على الساخن ، حيث تزيد من كثافة ومتانة المنتج بالإضافة إلى تحسين جودة أسطح المشغولات واستقرار مقاساتها ، ومن ثم إنتاج مشغولات ذات جودة عالية بأبعاد ومقاسات دقيقة بتجاوزات تتراوح ما بين ٠.٠٠١ . ٠.٠٣ ملليمتر.

ملاحظة :

تجرى عمليات تشطيب وضبط المقاسات على المشغولات الملبدة من المعادن الحديدية واللاحديدية لتحسين خواصها الفيزيائية ، ولا يمكن إجراؤها على المواد

الصلدة أو الخزفية (مواد السيراميك).

المعالجات اللاحقة :

يمكن إجراء عملية المعالجة اللاحقة على المشغولات الملبدة لغرض تحسين

بعض خواصها وذلك حسب تركيب المشغولة كالاتي :-

١. زيادة مقاومة الشد في الصلب الملبد بالتصليد ثم التسقية بسرعة.
٢. زيادة صمود التآكل الاحتكاكي والكيميائي بالحديد الملبد بوضعه في حمام من البخار درجة حرارته ٢٠٠ °م.

٣. قابلية التصليد الغلافي والتصليد السطحي لمعادن الحديد والصلب الملبدة.

٤. يصلح النحاس الأصفر الملبد للمعالجات السطحية بالجلفنة.

مميزات مواد التصنيع الملبدة :

تتميز مواد التصنيع الملبدة المشكلة بالمساحيق المعدنية بالآتي :-

١. التحكم في أبعاد ومقاسات المنتج.
٢. إمكان إنتاج عدد كبير من الأجزاء الصغيرة (إنتاج بالجملة) بنفس دقة الأجزاء المنتجة على ماكينات التشغيل.
٣. إنتاج أجزاء ذات صلادة وخواص ممتازة وجودة عالية.
٤. الاقتصاد في المواد المستعملة من خلال التوفير في استهلاك المواد ، وذلك لانعدام الفاقد أثناء عمليات التصنيع.
٥. انخفاض تكلفة الأيدي العاملة ، لأنه لا يلزم عمال وفنيين مهرة لتشغيل المكابس والمعدات الأخرى ، وبالتالي انخفاض التكلفة الكلية للمنتج.
٦. بعض المنتجات لا يمكن تصنيعها إلا بهذا الأسلوب.

عيوب مواد التصنيع الملبدة :

أهم عيوب مواد التصنيع الملبدة المشكلة بالمساحيق المعدنية هي الآتي :-

١. ارتفاع التكلفة علاوة على صعوبة تخزينها ، بسبب تلف أو تدهور خواصها.

٢. ارتفاع تكاليف معدات التشغيل وخاصة قوالب التشكيل وأفران التلبيد.
٣. عدم توزيع ضغط المكبس على الأجزاء الكبيرة توزيعاً منتظماً.
٤. وجود بعض الصعوبات الفنية في عمليات التلبيد.
٥. تعرض بعض المساحيق ذات الحبيبات الدقيقة للإنفجار مثل مساحيق الألومنيوم والمغنسيوم والتيتانيوم.

منتجات المساحيق الملبدة :

أهم المنتجات المشكلة بالمساحيق المعدنية كالموضحة بشكل ٣ - ١٠ وهي الآتي :-

١. التروس والأعضاء الدوارة بالمضخات :

تصنع التروس والأعضاء الدوارة بالمضخات من الحديد المسحوق الذي يخلط مع كمية من الجرافيت ، وذلك لضبط نسبة الكربون المطلوبة في المنتج.

٢. المرشحات المعدنية المسامية :

تستخدم المرشحات المعدنية لتنقية البنزين والزيت وبعض المواد الكيميائية.

٣. المحامل الإنزلاقية :

المحامل الإنزلاقية (كراسي المحاور) التي لا تحتاج إلى أعمال الخدمة والصيانة بصفة دورية منتظمة مثل المحامل الإنزلاقية لأعمدة الدوران ذاتية التزليق .

تصنع هذه المحامل بمكبس وتلبيد خليط من مساحيق النحاس الأحمر والقصدير مع نسب مختلفة من الجرافيت . وبعد إجراء عملية التلبيد تضغط مقاساتها وتغطس في الزيت لتشرب منه كمية كبيرة تدخل في مسامها الإسفنجية.

تستخدم هذه المحامل في صناعة السيارات والأجهزة المنزلية مثل الغسالات والشلاجات.

٤. فراجين المحركات :

تصنع فراجين المحركات (الفرش) من خلال خلط مسحوق النحاس مع الجرافيت بمقادير محددة للحصول على المتانة الميكانيكية اللازمة ، كما يضاف مقادير من القصدير والرصاص لتحسين مقاومة التآكل الميكانيكي.

٥. أجزاء حديد الزهر :

تصنع بعض الأجزاء الدقيقة ذات الأشكال المعقدة من حديد الزهر كالتروس وغيرها من المنتجات التي تتطلب دقة عالية وتفاوتات صغيرة والتي يصعب الحصول عليها بطرق التشغيل.

٦. المغناطيسيات :

يمكن إنتاج مغناطيسيات صغيرة ممتازة من خليط من الحديد والألومنيوم والنيكل والكوبالت.

٧. الكريبيدات :

تصنع العدد وقوالب التشكيل وكثير من السلع الكريبيدية المقاومة للتآكل الميكانيكي.

٨. أجزاء التلامس الكهربائية :

تستخدم ميتالورجيا المساحيق على نطاق واسع في تصنيع أجزاء التلامس الكهربائية ، وذلك من خليط مكون من مساحيق التنجستين والنحاس . التنجستين والكوبالت . التنجستين والفضة.

٩. أقراص القوابض (الدبرياج) :

تصنع أقراص القوابض (الدبرياج) للسيارات والمحركات ذات السرعات العالية.

١٠. الدهانات :

تصنع الدهانات ذات اللون الفضي من مسحوق الألومنيوم ، حيث يمزج مسحوق الألومنيوم مع عناصر أخرى .
يستعمل هذه الدهانات في طلاء المنشآت الهامة لوقايتها من العوامل الجوية مثل مستودعات البترول وعربات السكك الحديدية والإنارة.



شكل ٣ - ١٠

بعض المشغولات المصنعة من المواد الملبدة

المعادن الصلدة

Hardness metals

يجب أن تكون مواد التصنيع المستخدمة كمواد قاطعة أو للأجزاء المعرضة للتآكل الاحتكاكي ذات صلادة عالية ومقاومة كبيرة للتآكل الاحتكاكي . لذلك تستخدم كبريدات المعادن لهذا الغرض مثل كربيد التنجستين . كربيد التيتانيوم . كربيد التانتالوم .. التي يمكن صهرها أو صبها أو لحامها ، ومن ثم فإنها تكبس وتلبد مساحيقها بالإضافة إلى مواد رابطة أخرى .

خامات المعادن الصلدة : Hardness Metals Ores

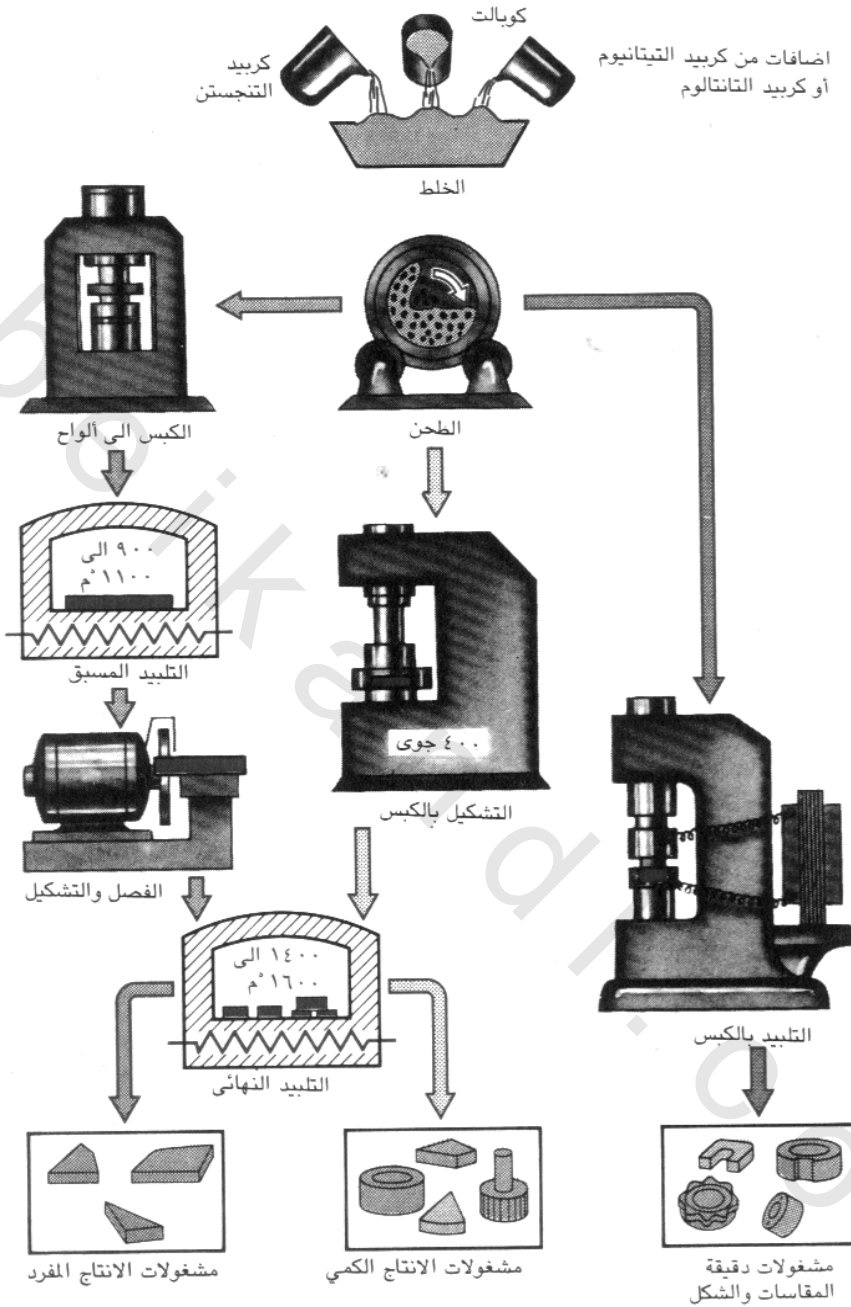
تتكون خامات المعادن الصلدة من كربيد التنجستين وكربيد التيتانيوم وكربيد التنتالوم ويستعمل الكوبالت كمادة رابطة ، وتتباين نسب خلط المساحيق المستعملة كثيرا وتحددها الخواص المطلوبة من المعدن الصلد مثل الصلادة.

يتراوح نسبة كربيد التيتانيوم وكربيد التنتالوم ما بين ٨ . ٦٥ % ، ونسبة الكوبالت في جميع أنواع الخلائط ما بين ٤ . ١٨ % ، أما نسبة كربيد التنجستين فإنه يوجد بنسب مختلفة في جميع أنواع المعادن الصلدة.

تحضير وإنتاج مشغولات المعادن الصلدة :

يتم تحضير المعادن الصلدة كما هو موضح بشكل ٣ - ١١ من خلال طحن كربيدات التنجستين التيتانيوم التنتالوم في المادة الرابطة وهي الكوبالت ليصل شكل المعادن المطحونة إلى مسحوق ناعم ، ثم يخلط المسحوق جيدا ويكبس على شكل ألواح وقضبان أو على شكل مشغولات جاهزة ، بينما تلبد (تعالج حراريا) المشغولات الجاهزة في درجات حرارة تصل إلى ما بين ١٤٠٠ . ١٦٠٠ °م ، بينما تلبد القضبان والألواح تلبدا أوليا في درجة حرارة ما بين ٩٠٠ . ١١٠٠ °م ، بحيث تكتسب هذه المواد المتانة والصلادة ، ثم يجرى التلبيد النهائي للمشغولات.

تلبد القطع ذات الأشكال والمقاسات الدقيقة تحت ضغط ، بحيث يتم الكبس والتلبيد في مرحلة واحدة.



شكل ٣ - ١١

تحضير وإنتاج مشغولات المعادن الصلدة

أساسيات هندسة الإنتاج

خواص المعادن الصلدة : Hardness Metals Properties

تتميز المشغولات المصنوعة من المعادن الصلدة بالخواص التالية :-

١. تقترب صلادة المعادن الصلدة من صلادة الماس.
٢. تتميز بمقاومتها للتآكل الاحتكاكي وتأثرها الضئيل بالحرارة والسرعات العالية أثناء عمليات الخراطة . التفريز . الثقب .
٣. قدرات جرف كبيرة تتراوح ما بين ٥ . ٨ أضعاف صلب السرعات العالية.
٤. الكثافة : ١٥ . ٧ . ٢ كجم/دسم^٣.
٥. مقاومة الضغط : ٤٦٠ . ٧٥٠ كجم/مم^٢.
٦. درجة حرارة التليد : ١١٠٠ °م.
٧. التركيب : كربيد التيتانيوم وكربيد التنتالوم ٦٥ % ، كوبالت ما بين ٤ - ١٨ % ، والبقية كربيد التنجستين.

استعمالات المعادن الصلدة : Uses Of Hardness Metals

تسمح المعادن الصلدة بتشكيل كثيرا من المواد الصلدة مثل الحديد الصلب والصلب الكرومي النيكلي المطبع ، والمشغولات مصلدة السطح والزجاج والخزف والمواد صعبة القطع مثل اللدائن والمطاط الصلب المعالج بالكبريت.

تتميز المشغولات لمصنوعة والمشكلة بدون قطع من المعادن الصلدة مثل اللقم القاطعة بتضاعف عمرها التشغيلي بمقدار يتراوح ما بين ٥٠ . ١٠٠ مرة بالنسبة للعدد المصنوعة من صلب العدة ، مما يعني زيادة العمر التشغيلي الكلي للعدد بدرجة كبيرة.

مواد القطع الخزفة

Ceramic cutting materials

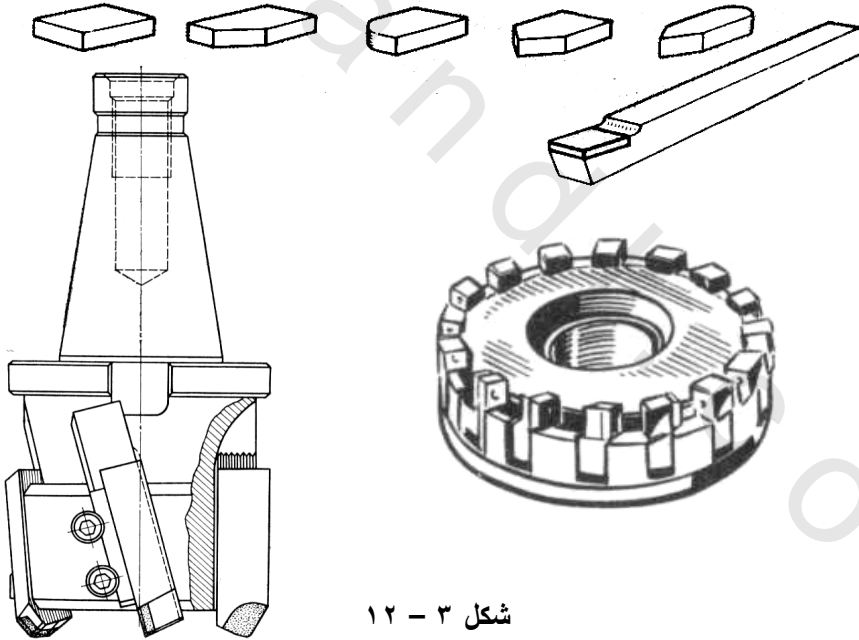
تتكون مواد القطع الخزفية بشكل رئيسي من أكسيد الألومنيوم الذي يضاف إليه أكاسيد مواد أخرى ومواد رابطة عضوية . تتمتع هذه المواد بصلادة عالية ، ومقاومة عالية للتآكل الاحتكاكي ، كما تصمد للتآكل الكيميائي في درجات الحرارة العالية.

تحضر لقم القطع الخزفية الموضحة بشكل ٣ - ١٢ من الخزف الأكسيدي من خلال كبس مسحوق أكسيد الألومنيوم بدرجة نقاوة ٩٩.٧ % في قوالب ثم تلبد (تعالج حراريا) عند درجة حرارة قريبة جدا من درجة إنصهاره.

تحفظ المواد القاطعة المصنوعة من الخزف الأكسيدي بصلادتها العالية ، ومقاومتها العالية للتآكل الاحتكاكي ، وصمودها للمواد الكيميائية في درجات الحرارة العالية ، ومن ثم فإنها تستعمل في قطع المعادن بسرعات قطع عالية.

تعمل لقم القطع الخزفية متعددة الرؤوس المصنوعة من الخزف الأكسيدي على توفير الكثير في استهلاك عدد القطع والأجور.

من أهم عيوب لقم القطع الخزفية المصنوعة من الخزف الأكسيدي هي حساسيتها الشديدة للاجهادات الميكانيكية مثل الطرق والحنى وكذلك ضغط القطع المتغير .. كما هو الحال عند التشغيل المتقطع.



شكل ٣ - ١٢
نماذج للقم القطع الخزفية

خواص مواد القطع الخزفية : Ceramic Cutting Materials Properties

أهم خواص القطع الخزفية هي الآتي :-

١. الكثافة ٣.٩ كجم/دسم^٣.
٢. الصلادة ٢١٠٠ . ٢٣٠٠ كجم/مم.
٣. متانة الضغط ٣٠٠ كجم/مم.

استعمالات مواد القطع الخزفية : Uses Of Ceramic Cutting Materials

تستعمل مواد القطع الخزفية في صناعات مختلفة أهمها الآتي :-

١. في صناعة النسيج كدلائل للخياطة.
٢. كأغطية للصمامات الالكترونية.
٣. منافث رش وتذرية السوائل.
٤. كأقراص دورانية لتشكيل قطاعات في أقراص التجليخ.
٥. بواتق الصهر.
٦. الأنابيب الواقية للمزدوجات الحرارية.

الباب الرابع

4

المواد غير المعدنية

مُهَيِّدٌ

تحتاج الصناعات المعدنية إلى كثير من المصنوعات غير المعدنية لتتكامل الوحدات بشكلها النهائي ، وعلى سبيل المثال يستخدم الجلد والمطاط في صنع سيور الآلات والماكينات المختلفة ، والنسيج في صنع الملابس ، والدائن في صناعة العديد من الأجزاء كالتروس ومرتكزات الأعمدة (كراسي التحميل) ومقابض بعض الآلات والأدوات المنزلية ، والخشب في صناعة الأثاثات ، والطوب الإسمنت والجبس في أعمال البناء ، كما يستعمل الخزف في الأدوات المنزلية وكمادة قاطعة ، ويستعمل الزجاج في صناعة عدسات النظارات كما يستعمل للنوافذ والأبواب في جميع الأماكن (بالمنازل . بالمصانع . المنشآت) وغيرها.

فالمواد غير الحديدية تعتبر من المواد الهامة في الإنتاج الصناعي ، ومن ثم فإنه يجب دراستها والوقوف على أساليب صنعها .
يتناول هذا الباب عرض لأكثر المواد غير المعدنية إنتشاراً.

المواد غير المعدنية

Non metallic materials

عمليات تحويل المواد غير المعدنية إلى أجزاء أو سلع ذات نفع خاص ، تستلزم إتباع أساليب معينة تتناسب مع كل منها ، حيث تتضمن استعمال آلات ومعدات مختلفة بجانب الاستعانة بعمليات كيميائية ومعاملات حرارية خاصة.

وعلى الرغم من اختلاف هذه الأساليب ، فإن أساليب التشكيل والتشغيل فيها لا تختلف كثيرا من حيث المبدأ عن الأساليب المتبعة في الصناعات المعدنية ، وعلى سبيل المثال فإن عمليات قطع الأخشاب لا تختلف عن عمليات قطع المعادن إلا من ناحية سرعات القطع وشكل آلة القطع ومقدار زواياها ، كما أن تشكيل اللدائن تشمل على عمليات كبس وسحب ودرقلة .. لا تختلف هذه العمليات من ناحية المبدأ عنها في تشكيل المنتجات المعدنية.

يمكن تقسيم المواد غير المعدنية إلى قسمين أساسيين هما :-

١. مواد عضوية.

٢. مواد غير عضوية.

أولا : المواد العضوية Organic materials

تقسم المواد العضوية إلى قسمين أساسيين هما :-

١. مواد طبيعية : Natural materials

تشتمل المواد العضوية الطبيعية على .. الغازات الطبيعية . البترول . المركبات الكربونية . الجلود الطبيعية . الفلين . المطاط الطبيعي . القلفونية الطبيعية . الخشب . الفبر الطبيعي.

٢. مواد تخليقية (مواد صناعية) : Synthetic materials

تشتمل المواد العضوية التخليقية (الصناعية) على .. الورق . اللدائن . الجلد

الصناعي . مواد الطلاء . المطاط الصناعي . الفبر الصناعي .

ثانياً : المواد غير العضوية Inorganic materials

تقسم المواد غير العضوية إلى قسمين أساسيين هما :-

١. **مواد طبيعية** : Natural materials

تشتمل المواد غير العضوية الطبيعية على .. الأحجار . الطفل والظمي . الأملاح .

٢. **مواد تخليقية (مواد اصطناعية)** : Synthetic materials

تشتمل المواد غير العضوية التخليقية (الصناعية) على .. الإسمنت . الخرسانة .

المصيص . الجبس . الزجاج . المواد الخزف . الصيني . الطوب . السيلكا والألومينا .
الإسبستوس . الجرافيت . الكرييدات .

فيما يلي عرض لأكثر المواد غير المعدنية استخداماً .

اللدائن : Plastics

اللدائن من المواد العضوية المخلقة (مواد إصطناعية) .. أي مواد تركيبية ،
وتعرف اللدائن بالكلمة اللاتينية Polymer ، وتسمى اللدائن تلك المواد الطبيعية التي
يجرى تحويلها بالمعالجة الكيميائية (المواد المحولة) ، ومن أمثلة ذلك إنتاج اللدائن
السليلوزية من الخامات النباتية ، والقرن الإصطناعي من الخامات الحيوانية (اللبن) .

اللدائن عبارة عن مركبات كيميائية من مواد بترولية أولية (نقط . غاز طبيعي . فحم
ماء) ، أما كلمة عضوية فإنها تعني أن المواد الأولية المستخدمة في تركيب اللدائن
أغلبها من مركبات الكربون ، حيث يشكل الكربون العنصر الأساسي في تركيبها .

عرفت اللدائن منذ نحو قرن مضي تقريباً ، وقد حلت محل كثير من المعادن
والمواد الطبيعية في العديد من الاستخدامات الهندسية والاستعمالات اليومية .

وحيث أن جميع المواد الاصطناعية تكون في أي من مراحل معالجتها عند درجة

حرارة تتراوح غالباً ما بين ٩٠ . ٢٠٠ م⁰ قابلة للتشكيل العجائي ، أي في الحالة
اللينة .. لذا تسمى أيضاً بالبلاستيك .

خواص اللدائن : Plastics properties

اللدائن لها خواص أهمها الآتي :-

١. تصنع من خامات أولية سهلة الاستخلاص ، معظمها من مركبات الكربون.
٢. كثافتها منخفضة وهي ما بين ٠.٩ . ٢/دسم^٣ ، حيث تقل كثافتها عن كثافة الألومنيوم.
٣. منتجاتها ذات أسطح ناعمة أو مصقولة ، كما يمكن تلوينها ، بذلك لا يكون هناك حاجة إلى دهانها.
٤. لا تنفذ أسطحها الماء ولا الغازات.
٥. لها مقاومة ممتازة لتأثير العديد من المواد الكيميائية.
٦. رديئة التوصيل للحرارة ، إلا أن معامل تمددها الحراري كبير ، ولها قابلية محدودة للصدود الحراري وللحفاظ على الشكل.
٧. يمكن استخدام الغالبية العظمى منها كمواد عازلة للكهرباء .. إذ أنها تعتبر عملياً غير موصلة للتيار الكهربائي ، وتتحول جزئياً عند الحرائق . متوهجة دون لهب ثم إلى رماد . إلا أنها تحدث غازات تحدث تآكل كيميائياً (صدأ) ، مما تنشأ عنه أضرار كبيرة للماكينات والتجهيزات.
٨. يمكن تشكيلها بسهولة وسرعة ، إذ أنه يمكن إنتاج مختلف الأشكال منها بواسطة الصب أو الضغط أو الدفلة.

مميزات اللدائن :

تتميز اللدائن بمميزات عديدة أهمها الآتي :-

١. خفيفة الوزن.
٢. انخفاض تكلفتها.
٣. سهولة التشكيل.
٤. مقاومة للتآكل.

٥. موصلة سيئة للحرارة.
٦. عازلة للكهرباء والصوت.
٧. المرونة وجمال المظهر وصلاحياتها لأعمال الديكور.
٨. مقاومة للطفيليات الحشرية والنباتية.
٩. يمكن استخدام الغالبية العظمى منها كمواد عازلة للكهرباء .. إذ أنها تعتبر عملياً غير موصلة للتيار الكهربائي ، وتتحول جزئياً عند الحرائق . متوهجة دون لهب ثم إلى رماد . إلا أنها تحدث غازات تحدث تآكل كيميائياً (صدأ) ، مما تنشأ عنه أضرار كبيرة للماكينات والتجهيزات.
١٠. خواصها الميكانيكية الفريدة.

عيوب اللدائن :

عيوب اللدائن هي الآتي :-

١. انخفاض مقاومتها لفعل الحرارة.
٢. قابلية بعض أنواعها للاشتعال.
٣. ضعف مقاومتها للاجهادات الميكانيكية.
٤. ضعف مقاومة بعضها للمذيبات أو الأحماض.
٥. تعتبر إحدى ملوثات البيئة لعدم إمكان التخلص منها بالقمامة .. إلا من خلال إعادة تشكيلها مرة أخرى.

التركيب الكيميائي لللدائن :

تتركب اللدائن كلها باستثناء الأنواع السليكونية من روابط كربونية على هيئة سلاسل متصلة أو خيوط (جزيئات مترابطة) ، ويمكن أن يترابط مع الكربون في هذه السلاسل عناصر الهيدروجينية . الأكسوجين . النيتروجين . الكلور . الفلور .
نتج اللدائن أساساً من خامات النفط (زيت البترول الخام) والغازات البترولية .. ويتم ذلك على خطوتين أساسيتين هما :-

١. تخليق مواد أولية قابلة للتفاعل تتركب مع جزيئات أحادية تسمى ميرات.

٢. ترابط وتجميع الآلاف من الجزيئات الأحادية وتحويلها إلى جزيئات كبيرة مترابطة .. يطلق عليها بوليميرات.

ويمكن أن يتم هذا التجمع من هذه الجزيئات وتحويلها إلى بوليميرات من خلال أحد

التفاعلات التالية :-

○ البلمرة (التجميع).

○ التكثف.

○ الإضافة

أنواع اللدائن :

يمكن تقسيم اللدائن من حيث تركيبها إلى الأنواع الثلاثة التالية :-

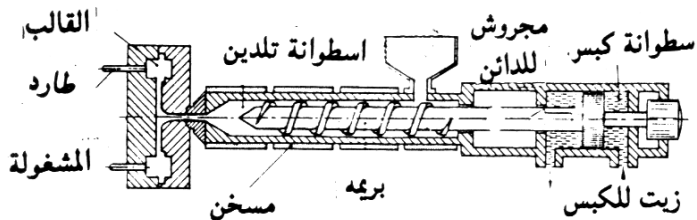
١. لدائن تلين بالتسخين :

يتصف هذا النوع بتلينه عند التسخين حتى درجة حرارة معينة ، بحيث لا يتجاوزها ، وعند تجاوزها يحدث تحلل لهذه اللدائن .

تصنع اللدائن التي تلين بالتسخين أولاً في صورة مجروش من حبيبات صغيرة كمادة خام للتصنيع ، ومن ثم يمكن تشكيلها بكافة وسائل التسخين لتأخذ الأشكال المطلوبة ، كما يمكن إعادة تشكيلها إلى أشكال أخرى عدة مرات . تتميز هذه الدائن بقابليتها للحام بالتسخين .

يتشكل هذا النوع من اللدائن بالحقن في قوالب بالأشكال المطلوبة كما هو موضح

بشكل ٤ - ١ .



أساسيات هندسة الإنتاج

شكل ٤ - ١

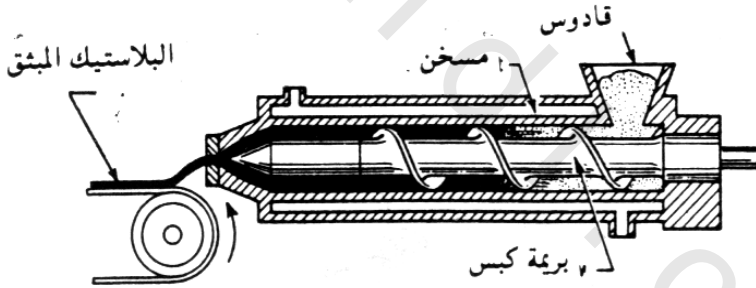
حقن اللدائن في القوالب

٢. لدائن تتصلد بالتسخين :

تصنع اللدائن التي تتصلد بالتسخين من مسحوق أو سائل ، وتكون قابلة للتشكيل في حدود درجات حرارة معينة في بادئ الأمر ، وتتصلب عند التسخين في درجة حرارة ما بين ١٢٧ . ١٧٧⁰ م تحت ضغط ، حيث تأخذ شكل القالب الذي يحويها ، ولا تقبل التشكيل مرة أخرى سواء بالتبريد أو بإعادة التسخين ، أى إنها تكون مستقرة في شكلها . ولكنها تحترق أو تتفحم إذا تجاوز تسخينها أكثر من ٣٤٥⁰ م .. وبذلك تفقد تركيبها المميز .

يشكل هذا النوع من اللدائن بالبتق للحصول على الأشكال المطلوبة كما هو موضح بشكل ٤ - ٢ .

هذه اللدائن لا تقبل اللحام بالتسخين كما هو الحال باللدائن التي تلين بالحرارة ، ولكن يمكن ربط أجزائها باللصق بمواد لاصقة .



شكل ٤ - ٢

بتق اللدائن بالأشكال المطلوبة

٣. لدائن مرنة (مطاطية) .

تتركب هذه اللدائن من خطوط الجزيئات شأنها في ذلك شأن النوعين السابقين ، إلا أن تشابك خيوطها يكون متباعداً .

تتميز هذه اللدائن بتشكيلها المرن ، حيث تزيد طولها عند شدّها إلى عدة أمثال طولها ، ثم تعود إلى شكلها وطولها الأصلي بعد إزالة قوى الشد . يؤدي التسخين إلى ليونتها بعض الشيء ، أما المبالغة في التسخين .. فقد يؤدي إلى تفككها أو إحترقها . هذه اللدائن غير قابلة للتشكيل أو اللحام .. إلا باللصق بالمواد اللاصقة.

الكاوتشوك (المطاط) : Rubber

يوجد الكاوتشوك (المطاط) الطبيعي الذي يستخرج من شجر الهيفيا بالمناطق الحارة الرطبة ، كما أمكن تخليق وصناعة الكاوتشوك (المطاط) من مواد مرنة من خلال المجموعة التي يطلق عليها الكاوتشوك البوتاين أو الكاوتشوك الصناعي .. فيما يلي عرض كل من الكاوتشوك الطبيعي والصناعي.

الكاوتش الطبيعي (المطاط الطبيعي) : Natural Rubber

الكاوتش الطبيعي هو مادة طبيعية متحولة (هيدرو كربونية) ، تستخرج هذه المادة من شجر الهيفيا التي تنمو بالمناطق الاستوائية . يستخرج المطاط من الشجر على هيئة عصارة لبنية تسمى لاتكس ، وهي عبارة عن مستحلب أبيض يتكون من كريات هيدرو كربونية معلقة في مصل مائي ، تحتوي هذه العصارة على ٣٥ % هيدرو كربون (مطاط) ، ٦٠ % ماء ، ٥ % بروتينات . المطاط الطبيعي الخام لا يصلح للاستخدام الصناعي المباشر ، وذلك لخواصه وتحوله إلى مادة لزجة بالتسخين ، وتصلبه بالبرودة .. أي فقده للمرونة ، هذا بجانب رائحته الكريهة وذوبانه بالمذيبات العضوية كزيت البترول ومشتقاته .

تجهيز المطاط الطبيعي :

يتم تحويل العصارة اللبنة (اللاتكس) من خلال إضافة حامض الخليك ، ثم يعصر للتخلص من السوائل العالقة به ، ويخفف للحصول على مطاط خام . يمكن المحافظة على المطاط الخام من التعفن من جراء ما تبقى به من المصل

المائي بالإضافة إلى تحويل لونه إلى اللون البني ، وذلك من خلال تعرضه لدخان أشجار جوز الهند لمدة أسبوعين عند درجة حرارة حوالي 50°C ، ومن ثم يمكن الحصول على مطاط يسمى بالمطاط المدخن.

ويمكن الحصول على نوع من المطاط الطبيعي غير داكن اللون من خلال تقطيعه إلى قطع صغيرة ، ويمزج بالكبريت ، ويضاف له المادة الحشوية والألوان اللازمة ، ثم يقلب ويكبس.

المادة الحشوية الرئيسية المستعملة مع المطاط الطبيعي هي السناج ، ويؤدي سناج الغاز إلى تحسين المتانة والصلادة والمرونة ومقاومة التآكل الاحتكاكي في المطاط ، لذلك فإنه يستخدم في إطارات السيارات ، أما سناج الزيت وسناج الذهب فليسوا غاية في الجودة ، ويستخدمان بالدرجة الأولى في زيادة مطيلية المطاط واكتسابه اللون الأسود.

معالجة المطاط الطبيعي الخام :

خلال إضافة بعض المركبات الكيميائية التي تعمل على تخفيض مدة الطبخ إلى حوالي 5 دقائق مع تخفيض درجة الحرارة إلى 90°C ، كما يمكن أن تتم عملية الفلكنة (معالجة التصليد) في درجات حرارة الجو العادي لمدة دقائق قليلة من خلال إضافة محلول كلوريد الكبريتيد بنسبة مرتفعة تصل إلى 50 % عند الطبخ مع الكبريت ، ومع إطالة التسخين يؤدي إلى تحول المطاط إلى مطاط صلد.

يمكن الإرتفاع من تماسك المطاط الطبيعي وخواصه الميكانيكية من خلال إضافة ألياف القطن أو الاسبستوس (الحرير الصخري) ومسحوق الكربون وأكسيد الزنك ، كما يمكن الحصول على مطاط طبيعي طري من خلال إضافة بعض الأحماض الدهنية مثل حامض الستياريك أو بعض الزيوت النباتية قبل المعالجة بالكبريت ، ويمكن تقوية المطاط الطبيعي من خلال إضافة نسيج من الكتان أو القطن أو التيل أو خيوط الألياف الصناعية كما هو الحال في إطارات السيارات ، والخرابيم المستخدمة للضغوط العالية.

ويمكن لصق بعض القطع المعدنية على المطاط أثناء تقطيعه .. كما هو الحال في مقابض أذرع التحويل أو اطارات السيارات أو أنابيب إطارات السيارات على سبيل المثال.

المطاط اللين:

يتم الحصول عليه من خلال إضافة نسبة من الكبريت تتراوح ما بين ٣ . ٢٠ % ، وتزداد مطيلته ومرونته كلما انخفضت نسبة الكبريت.

يستعمل المطاط اللين في خراطيم الماء . موانع التسرب . السيور . مخمدات الارتجاج . القوابض . دلافين الضغط . الأغشية المرنة للمضخات . الملابس الواقية . إطارات السيارات . نعال الأحذية.

المطاط الصلب:

يتم الحصول عليه من خلال إضافة نسبة من الكبريت تتراوح ما بين ٣٠ . ٥٠ % ، وهو قابل للتشغيل بالقطع ، إلا أنه يتسبب في نحر عدة القطع بسرعة ، مما يستلزم استعمال عدة قطع مصنوعة من صلب السرعات العالية أو عدة كربيدية.

يستعمل المطاط الصلب في مقابض أذرع المرافق . عجلات القيادة بالسيارات . صناديق المراكم الكهربائية .. كما يستخدم كمادة رابطة في أقراص التجليخ.

المطاط الرغوي :

يحضر المطاط الرغوي من خلال خلط العصارة اللبنية مع مسحوق الكبريت مع إضافات أخرى ، ثم تصب الرغوة في قوالب وتعالج بالتصليد.

يستعمل المطاط الرغوي في حشو المقاعد ومساند الآلات الكاتبة وأبسطة الحمامات وبالأحذية الطبية.

خواص المطاط الطبيعي المعالج بالتصليد :

المطاط الطبيعي المعالج بالتصليد يكسب الخواص التالية :-

١. زيادة مرونته .. أي إنخفاض التشكيل اللدن الباقي بعد زوال الحمل.

٢. زيادة مقاومة الشد.
٣. زيادة مقاومة المطاط للتلف عند درجات الحرارة المرتفعة.
٤. زيادة مقاومة المطاط للتلف عند التعرض للمذيبات.
٥. موصل سيئ للحرارة والكهرباء.
٦. موصل سيئ للصوت والاهتزازات.

المطاط الصناعي : Synthetic Rubber

على الرغم من اتفاق المطاط الصناعي مع المطاط الطبيعي في معظم خواصه ، إلا أنه لا يتفق معه تماماً من حيث التركيب.

ينتج المطاط الصناعي من خلال التحكم في عملية *البلمرة أو مضاعفة الأصل (تجميع) بالببدء بمواد وزنها الجزيئي ضئيل وسائلة والتجميع بالبلمرة حتى تصل إلى جزيئات كبيرة في الحدود المطلوبة . يحضر المطاط الصناعي على هذا البدأ بعمل مستحلب من المواد الأولية مع محلول الماء والصابون مع عامل مساعد للبلمرة تحت ضغط ودرجة حرارة وزمن محددين ، ثم تجرى بعد ذلك المعالجة بالكبريت ومشتقاته ، وأيضا إضافات التقوية بالتلوين والمصبغات.

*البلمرة (Polymerization) :

هي عملية تجميع عدة آلاف من جزيئات المونوميرات الغازية أو السائلة معاً لتكوين الجزيئات الضخمة للمادة الصلبة ، وتسمى طرق التحضير المستخدمة لذلك والتي يتوقف بدورها على التركيب البنائي للمونوميرات بالبلمرة [في اليونانية القديمة (بولي) .. أى متعدد أو كثير] أو البلمرة التكاثفية أو البلمرة الجمعية. وتكون أسماء اللدائن الناتجة عن الطرق الثلاثة على الترتيب هي المادة (بوليمر) أو المادة المبلمرة تكاثفياً (بلمرة تكاثف) أو المادة المبلمرة جمعياً (بوليمر جمعي) ، وتعطى هذه الطرق الثلاثة تركيبات بنائية مختلفة للمادة اللدنة تتحد من خلالها أهم خواص أنواع اللدائن المذكورة.

يوجد المطاط الصناعي بأنواع مختلفة ، يختلف كل منها عن الآخر باختلاف المواد الأولية المستخدمة والتي يجرى بلمرتها .. أهم أنواع المطاط الصناعي هو الآتي :-

١. مطاط بوتاديين (ستيرين).

٢. مطاط البوتاديين.

٣. مطاط النيوبرين.

٤. مطاط البوتيلي.

٥. مطاط النيوكول.

الجلود : Leather :

تعالج جلود الحيوانات بدباغتها للتخلص من الشعر والمواد القابلة للتلفن . تستخدم الجلود في صناعة الأحذية والحقائب ، كما تستخدم في الصناعات الهندسية في صنع السيور المستخدمة في نقل الحركة بالآلات والماكينات ، وحشو المكابس الهيدروليكية ، كما تستعمل بعد كبسها وتحويلها إلى مادة صلبة في تصنيع التروس الصغيرة في الآلات والماكينات التي يتطلب بها عدم إصدار أي ضوضاء.

النسيج المصلد:

يستعمل النسيج المصلد في تصنيع تروس نقل الحركة التي تعمل دون ضجيج ، والمطارق التي لا تجرح أو تشوه القطع المعالجة ، وبطانات المحامل للتشغيل الشاق.

الورق المصلد:

يستخدم الورق المصلد في تصنيع الألواح العازلة وأجسام الملفات وفي تصنيع التروس وأقراص القوابض وفي بعض أجزاء مكائن الحياكة.

الإسمنت : Cement :

الإسمنت من المواد الرابطة واللاصقة ، ويعتبر الإسمنت من المواد الأساسية المستخدمة في البناء بصفة عامة ، حيث يعمل على ربط والتصاق الأحجار والطوب مع بعضهما البعض ، كما يختلط مع الرمل والزلط وحديد التسليح للحصول على هياكل خرسانية.

الفحم والبترول : Petroleum & Coal :

أساسيات هندسة الإنتاج

يعتبر الفحم والبتترول من أهم مصادر الطاقة بالإضافة أنهما من أهم الخامات المستخدمة في الصناعات الكيميائية.

يوجد الفحم في الطبيعة في أشكال مختلفة مثل فحم الخشب . الفحم النباتي . الفحم الحجري ، علماً بأن جميع أنواع الفحم مصدره نباتي.

يستخرج الفحم من المناجم السطحية والعميقة . يستخدم الفحم بأنواعه كمادة وقود ، كما يحصل منه على القطران وبعض المواد الأخرى التي تستخدم في الصناعات الكيميائية لتحضير عدد من المنتجات الهامة مثل الألوان . الأدوية . العطور ، كما يلعب دوراً هاماً في إنتاج اللدائن.

أما البترول فإنه يوجد مخزناً في أعماق بعيدة أحياناً ، وفي طبقات مسامية بين الرمل والصخور.

يتكون النفط من مركبات كيميائية مثل الكربون والهيدروجين ، ويشترك من النفط منتجات كثيرة مثل البنزين وزيت الديزل) وزيوت التزليق المختلفة ، ويستعمل بقايا التقطير من مواد قطران في الصناعات الكيميائية لتصنيع عدد كبير من المنتجات الهامة ، بالإضافة إلى ذلك يتبقى مادة لزجة قطران تسمى بالقار أو الزفت التي تستخدم في رصف الطرق.

الميلامين :

يوجد على هيئة خامات سائلة كما يوجد بحالة صلبة عند إضافة بعض المواد المصلدة أو بتأثير الحرارة.

يتميز الميلامين بصلادته وأسطحه الناعمة اللامعة بالإضافة إلى عدم وجود رائحة له ، كما إنه يتحمل الماء المغلي ، أما عيوبه فهو قصيف وقابل للكسر . يحشى الميلامين بمواد حشو وذلك لخفض تكاليف إنتاجه ، بالإضافة إلى إكتسابه خواص أخرى.

يستعمل الميلامين السائل للبوليات ، كما يوجد كمادة لاصقة (غراء صناعي للخشب) ، ويستعمل الميلامين الصلب في أدوات المائدة وفي صناعة المواد الدائنية المدعمة.

الزجاج : Class :

يستعمل الزجاج بسبب خواصه الممتازة بكثرة في الأغراض الصناعية والبناء ، وهو صلد شفاف لا يتأثر بالأحماض والقلويات وموصل سيئ للحرارة وعازل للكهرباء ، ومن أهم عيوبه إن هش ولا يتحمل الصدمات .. تبلغ كثافته ٢.٥ كجم/دسم^٣. يحضر الزجاج في مصانع الزجاج ، خاماته الأساسية هي الرمل الكوارتزي (حمض السليسيك) الذي يطحن جيدا ويضاف إليه الصودا أو كبريتات الصوديوم . ينصهر في درجة حرارة ما بين ١٥٠٠ . ١٧٠٠ م^٠ ، تؤخذ المادة المنصهرة التي على شكل كتل عجينية في درجة حرارة ١٢٥٠ م^٠ لتصنيعها بالصورة المطلوبة . يكون الزجاج في الحالة العجينية قابل للتشكيل بصورة جيدة . تتجمد الكتل الزجاجية بعد تصنيعها وتبريدها بشكل مادة شفافة عديمة اللون ، كما يمكن تلوينها بإضافة بعض الأكاسيد المعدنية.

يحضر الزجاج المفرغ كالأواني . الأكواب . القوارير وغيرها من خلال النفخ في قوالب ، وألواح الزجاج المسطحة (زجاج النوافذ . زجاج المرايا . ألواح الزجاج) فإنه يحضر من المادة الزجاجية اللدنة بالدفلة أو السحب ، أو بالصب في حالة الألواح السمكية ، أما الكرسنال فإنه يحضر بإضافة أكسيد الرصاص إلى المادة الزجاجية مما يعطي الزجاج لمعانا.

زجاج الأمان متعدد الطبقات :

زجاج الأمان متعدد الطبقات هو عبارة عن زجاج مركب من لوحين من الزجاج أو أكثر ، تلتصق الطبقات الزجاجية مع رقائق مرنة من مادة لدائنية شفافة مقاومة للقطع وغير قابلة للتفكك ، أو مع أسلاك من الصلب غير القابل للقطع . يتميز هذا النوع من

الزجاج بتماسكه والتصاقه على الرقائق اللدائنية الرقيق أو مع أسلاك الصلب عند كسره.

زجاج الأمان سابق الإجهادات :

يتميز زجاج الأمان سابق الإجهادات بمقاومته العالية للطرق والصدم . يصنع هذا النوع من الزجاج بتسخينه مرة ثانية إلى ٦٠٠ م⁰ ، ثم تسقيته بسرعة في الهواء البارد .. وهو ما يسمى بالتصليد الحراري ، مما يولد في اللوح الزجاجي إجهادات داخلية تجعله عند الصدمات العنيفة يفتت إلى حبيبات صغيرة غير خطيرة. يستخدم هذا الزجاج عادة في السيارات لمنع حدوث إصابات بين الركاب عند وقوع الحوادث نتيجة تطاير الشظايا الزجاجية.

الاسبستوس : Asbestos

الاسبستوس هي مادة ليفية مقاومة للاحتراق وتأثير الأحماض ، كما إنه موصل سيئ للحرارة والكهرباء ، يلتصق بسهولة بمواد أخرى كالمطاط مكوناً مادة إحكام ، كما يلتصق مع الإسمنت مكوناً ألواح تستعمل كأغطية سقفية. يستخدم الاسبستوس بعد غزله إلى خيوط وتصنيعه إلى ثياب في الملابس المقاومة للحرارة والاحتراق ، كما يستخدم كألواح عازلة للحرارية وحشوات مقاومة للاحتراق.

الخشب : Wood

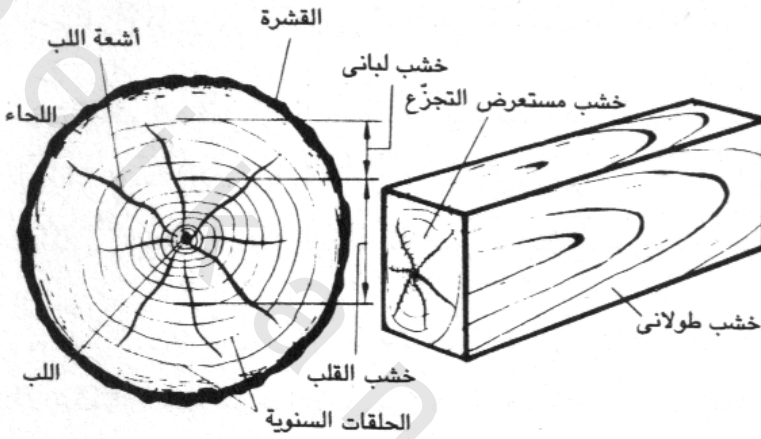
يعتبر الخشب من أقدم مواد التصنيع ومواد البناء التي عرفها الإنسان ، له خواص متانة وتشكيل متباينة تحددها درجة النمو والأرض والعمر ومسار العروق ونسبة الرطوبة فيه.

يظهر عادة في القطاع العرضي في جذع أي شجرة شكل ٤ - ٣ (قناة العصارة الغذائية) وأشعة القلب (تشذخات القلب) خشب القلب وخشب اللب والقشرة الخارجية ، ومن ثم فإنه يمكن تحديد عمر أي شجرة من خلال الحلقات الثانوية الظاهرة في

المقطع العرضي بوضوح.

تعطي المقاطع الطولية في جزع الشجرة خشباً قشرياً أو مضلعاً على شكل ربع جذع أو مربع المقطع أو ألواح سميكة أو رفيعة ، أو على شكل ألواح رقيقة.

يتميز أنواع الخشب من خلال لونه وتجدده ومسامه وصلادته ، يتراوح كثافة الخشب ما بين ٠.١٣٨ . ١.٣٣ كجم/دسم^٣ ، من أهم عيوب الخشب هو تمدده بالرطوبة وانكماشه عند الجفاف.



شكل ٤ - ٣

مكونات الخشب بقطاع عرض في جذع شجرة

يستخدم الخشب في صناعة تشغيل المعادن كمادة تغليف (صناديق) وكنماذج في ورش صناعة نماذج السباكة ومطارق خشبية ومقابض للمبارد ، وكفحم خشب للأفران ، ولمحامل التروس ، وأقراص إحتكاكية ، وبطائن للقوابض ، ومادة عازلة للحرارة والكهرباء . كما يستخدم في ورش النجار في صناعة الأثاثات المنزلية وأدوات للمائدة ولتجهيز المنشآت البنائية.

المواد المزلفة : Lubricants

المزلفات هي مواد وسيطة تستخدم في تخفيض معامل الاحتكاك والبرى بين الأسطح الميكانيكية المترددة أو الدائرية ، حيث تشكل المادة المزلفة طبقة عازلة رقيقة

أساسيات هندسة الإنتاج

تعمل على فصل الأسطح المحتكة ، يمكن أن تكون المواد المزلقة في صورة صلبة أو لينة أو سائلة أو غازية.

أهم المواد الصلبة المزلقة هي الجرافيت . مسحوق التلك . مسحوق المينا . تستخدم هذه المواد في تزليق الأسطح المعرضة للضغوط العالية كمرتكزات الإدارة بعربات السكك الحديدية ومرتكزات الطواحين وماكينات رصف الطرق.

المواد اللينة المزلقة هي الشحوم بأنواعها التي تستخدم في تزليق الأسطح المعرضة للإجهادات والضغوط المتوسطة.

المواد السائلة المزلقة هي الزيوت بأنواعها التي تستخدم في تزليق صناديق التروس والمحاور المعرضة للسرعات العالية ، وأيضاً للأجزاء الميكانيكية المتحركة والدائرية.

المواد الغازية المزلقة هي عبارة عن هواء مضغوط ، يستخدم الهواء المضغوط للأجزاء المعرضة للاحتكاك كمحاور ومرتكزات الأعمدة ليفصل بينها ، كما يعمل على تخفيض درجات الحرارة المرتفعة.

الباب الخامس

5

عمليات التصنيع

الفصل الأول

تحويل الصلب إلى منتجات نصف مصنعة

مُهَيِّدٌ

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

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

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

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

الصلب .. Steel

يصب حوالي ٥ % من الصلب المجهز في منشآت الصلب في قوالب ، وتبلغ نسبة الصلب المشكل بالطرق والكبس حوالي ٢٥ % ، وبالدلفنة والبثق حوالي ٧٠ %.

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

وتتأثر خواص المادة المصنعة بنوع الصب وحالة الصلب عن تصلبه.

التغيرات التي تحدث بالصلب عند الصب:

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

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

ولتخميد الصلب عند الصب يضاف السليكون أو الألومنيوم للصلب المصفى قبل صبه في القوالب الدائمة ، مما يمنع انطلاق الغازات إلى حد كبير ويؤدي ذلك إلى

تجمد الصلب بصورة هائلة ، كما يتحد الألومنيوم مع الأزوت مما يجعل الصلب صمودا للتعتيق . ويبقى تركيب القشرة والنواة متجانسا تقريبا . ولذلك تستخدم أنواع الصلب المتمد أثناء الصب للأغراض التي تطلب تجانسا عاليا في البنية والمتانة ، كما هو الحال في أنواع صلب التطبيع وصلب العدة.

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

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

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

ويمكن الحصول على نفس النتيجة في أنواع الصلب الخاص ، مثل بعض أنواع الصلب سهل القطع ، أي التي تحتوى على نسبة عالية من الكبريت تزيد من قسافة الجذادة بزيادة نسبة المنجنيز (أعلى من ١% إلى ١.٥ %) وتسمى هذه الأنواع أيضا بأنواع الصلب نصف المتمد.

أسلوب الصب تحت التفريغ :

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

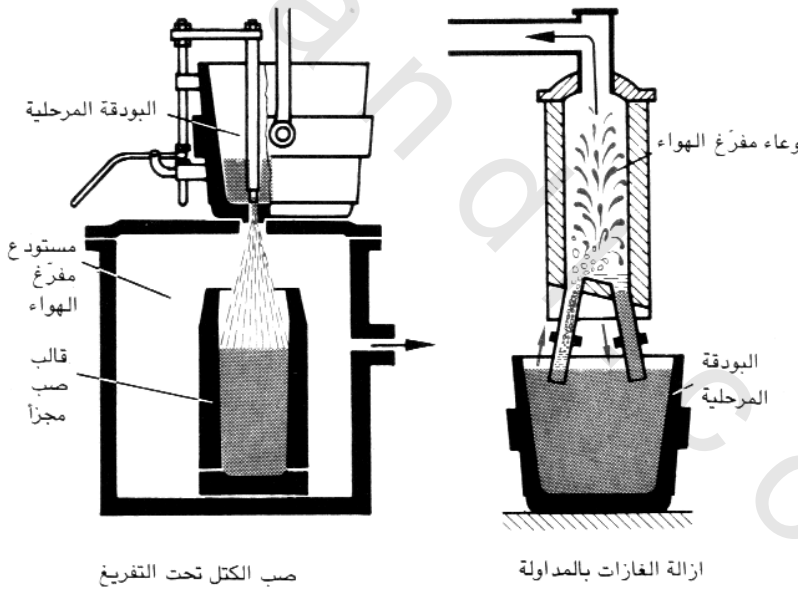
وللتخلص ما أمكن من الغازات قبل وأثناء الصب ، تستخدم طريقة الصب في حيز مفرغ.

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

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

وفى طريقة الشعاع المصبوب تستخلص الغازات من تيار الصلب المتدفق ، إما أثناء إعادة الصب (الإزالة المستمرة للغازات) أو أثناء الصب في القوالب الدائمة أو المؤقتة كما هو موضح بشكل ٥ - ١.

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



شكل ٥ - ١

أسلوب الصب تحت التفريغ

الصب باستخدام خبث طارد للحرارة:

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

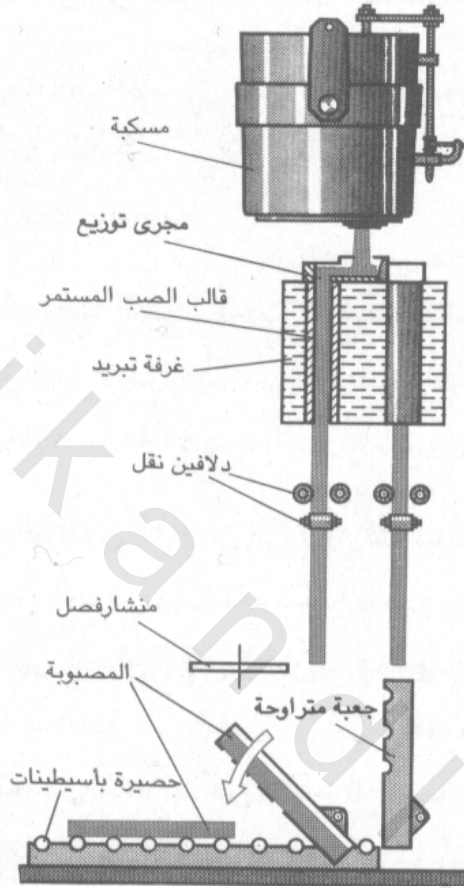
يتألف الخبث الطارد للحرارة من مسحوق خليط ، قادر على إطلاق الحرارة عند انصهاره ، ويرش المسحوق على أرضية القوالب الدائمة قبل الصب ، ويؤدي الصلب المصبوب إلى اشتعال المسحوق وإسالتة ، مما يجعله يطفو بشكل خبث بأعلى سطح الصلب الذي يرتفع مستواه تدريجياً داخل القالب الدائم ، مشكلاً بذلك طبقة واقية بين الصلب والهواء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

أسلوب الصب المستمر :

يعتبر أسلوب الصب المستمر الموضح بشكل ٥ - ٢ هو الأكثر إنتشاراً ، حيث يستخدم بدلاً من أسلوب الصب في القوالب الدائمة.

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

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



شكل ٥ - ٢

أسلوب الصب المستمر

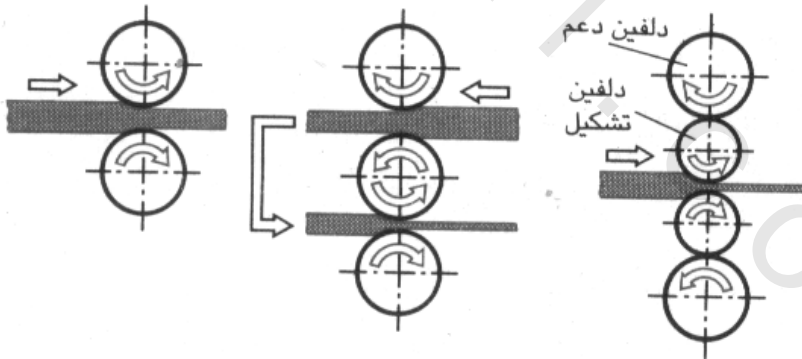
الدلفنة :

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

أن تتخذ الأشكال والمقاسات المطلوبة كما هو موضح بشكل ٥ - ٣ .

ويتم العمل فى منشأة الدلفنة الثنائية (أى ذات الدلفنين) فى اتجاه واحد فقط ، بينما يتم فى منشأة الدلفنة الثنائية المزدوجة ومنشأة الدلفنة الثلاثية (أى ذات الثلاثة دلافين) إعادة دلفنة المشغولات فى الاتجاه العكسي . أما دلفنة المنشأة الرباعية .. أي ذات الأربعة دلافين فإنها تتكون من دلافينى تشكيل بأقطار صغيرة ، ودلفينى دعم بأقطار كبيرة ، حيث أن الدلافين الصغيرة يعمل على تصغير مشغولات الدلفنة أكثر وأفضل من الدلافين الكبيرة ، إلا أنها تتحني وتتبعج بسهولة ، لذلك فأنها تدعم دائما بدلافين إسناد.

وتجرى التفرقة بين الدلفنة على الساخن والدلفنة على البارد ، فعند الدلفنة على الساخن تزداد المتانة والانفعال ، وتؤدي الدلفنة اللاحقة على البارد إلى استمرار زيادة المتانة بينما يقل الانفعال ، ويمكن إزالة ما يسمى بالتصلد على البارد بعمليات تليدين لاحقة ، إلا أنه يبقى بالإضافة إلى صقالة سطح المعدن ، توجيه متناسق لبلوراته ، كما هو مرغوب مثلاً في الألواح الكهربائية لتكون قابلة للمغطة بسهولة. بالدلفنة على الساخن تزداد متانة وانفعال المعدن ، وتؤدي الدلفنة على البارد الى التصلد.



شكل ٥ - ٣

تجهيزات الدلفنة

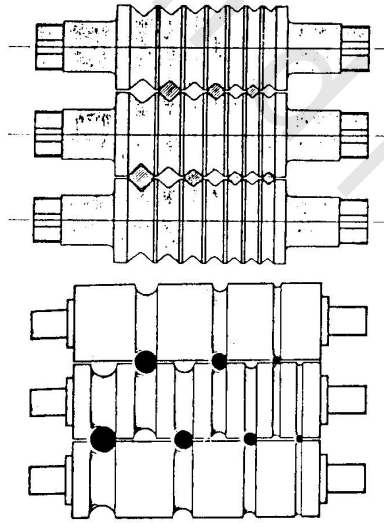
منشأة دلفنة كتل الصلب المصبوب :

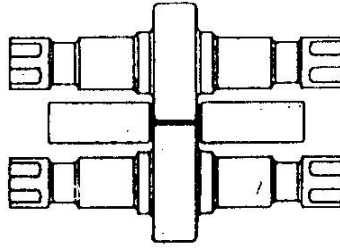
في هذه المنشأة تتم دلفنة كتل الصلب المصبوبة (التماسيح) في القوالب الدائمة ، والمسخنة في الأفران الغاطسة إلى درجة حرارة الدلفنة ، عدة مرات لتصغير مقطعها ، ثم تقطع بأطوال مناسبة لأجراء معالجات لاحقة عليها.

دلفنة القضبان والقطاعات وأسلاك الصلب :

تدلفن الكتل الناتجة عن منشأة دلفنة التماسيح أو منشأة الصب المستمر إلى مشغولات نصف مصنعة بشكل قضبان مربعة المقطع ، ثم تسخنها إلى درجة حرارة الدلفنة ثم تمرر خلال منشأة دلفنة القضبان عدة مرات حتى تتخذ الأشكال والمقاسات المطلوبة ، ولهذا الغرض تخرط في الدلافين أخاديد وممرات تشكيل بشكل قضبان وقطاعات وأسلاك كما هو موضح بشكل ٥ - ٤ ، بحيث تكون هذه الممرات منازرة للشكل والمقاس المطلوب إنتاجه.

ويمكن دلفنة الأسلاك إلى قطر ٥ مم ، وتستخدم الأسلاك المدلفنة لإنتاج الأسلاك ذات أقطار أصغر على مكينات السحب الموجودة في منشآت السحب العميق للأسلاك.



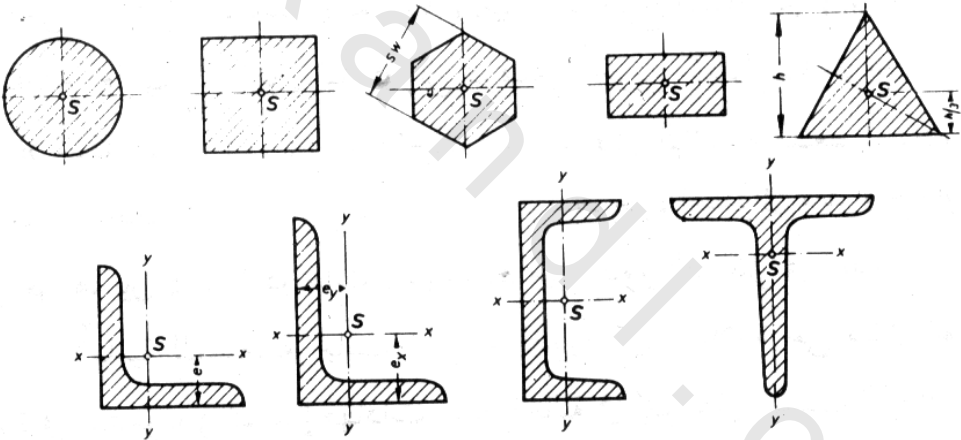


شكل ٥ - ٤

دلفنة قضبان وقطاعات الصلب المختلفة الأشكال والمقاسات

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

ويوضح شكل ٥ - ٥ نماذج مختلفة من قطاعات الكمرات المصنوعة من الصلب والمنتجة بالدلفنة.



شكل ٥ - ٥

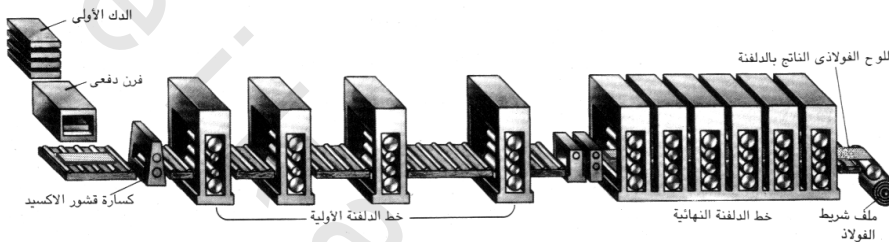
دلفنة قضبان وقطاعات الصلب

دلفنة ألواح الصاج :

تجرى التفرقة بين منشأة دلفنة الصاج السميك والمتوسط السمك والدقيق ، حيث ينتج الصاج السميك والمتوسط السمك بتخانات تتراوح ما بين ٣ . ٥٠ مم ، وعرض

يتراوح من ٢ إلى ٤ أمتار ، وأطوال تصل إلى ٤٠ متر . وتنتج الألواح الدقيقة بصورة أوتوماتية مستمرة في منشآت متسلسلة للدلفنة على الساخن ، ذات سير دلفيني ناقل عريض وقوائم ومكنات دلفنة وأفران تلدين مرتبة على التوالي كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل ٥ - ٦ .

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



شكل ٥ - ٦

خط دلفنة شريط عريض على الساخن

تمرر كتل الصلب الغفل من الأفران الغاطسة إلى منشآت الدك الأولى ، حيث تصهر وتتحول إلى تخانات تتراوح ما بين ١٠٠ - ٢٥٠ مم ، وبطول ٦ أمتار تقريبا ، ثم تسخن في أفران دفعية إلى درجة حرارة الدلفنة وتمرر عبر كسارة للتخلص من قشور الأكسيد الناتجة ، ثم تصهر مرة أخرى إلى تخانة قدرها ٢٠ مم تقريبا . ويقوم مقص بقطع النهايات غير المنتظمة للشريط المدلفن كما تقوم غسالة بإزالة قشور الأكسيد المتراكمة على السطح ، ثم يمر الشريط المدلفن من خلال خط الدلفنة النهائي للحصول تخانة قدرها ١.٦ مم تقريبا .

يرش الشريط العريض بالماء لتبريده ثم يلف على بكرة ليصل طوله إلى ٦٠٠ متر ، أو يقطع إلى ألواح وذلك حسب الطلب .

وللحصول على ألواح ذات تخانات أقل (حتى حوالي ٠.١ مم) ، تعاد دلفنة وصقل

أسطح الألواح والشرائط المدلفنة على الساخن في منشآت دلفنة على البارد . ويمكن بالتلدين اللاحق إزالة التصليد الناتج عن التشغيل على البارد.

دلفنة الأنابيب :

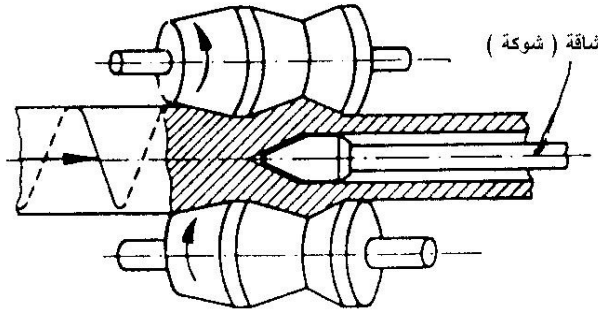
تصنع أنابيب (الموسير) غير الملحومة ، كما تصنع أنابيب بدرزة لحام طولية ، وأنابيب أخرى بأقطار كبيرة ذات درزة لحام حلزونية.

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

دلفنة الأنابيب غير الملحومة :

تنتج الأنابيب غير الملحومة بدفنها أو بسحبها في درافيل خاصة ، ويمكن تلخيص هذه العملية من خلال إعداد عمود أسطواني مصمت ، ووضع طرفه بين درفيلين على شكل مخروطين ناقصين ، وغير متوازيين بالنسبة لبعضهما البعض ، وذلك لعصر العمود الأسطواني الموضح بشكل ٥ - ٧ .

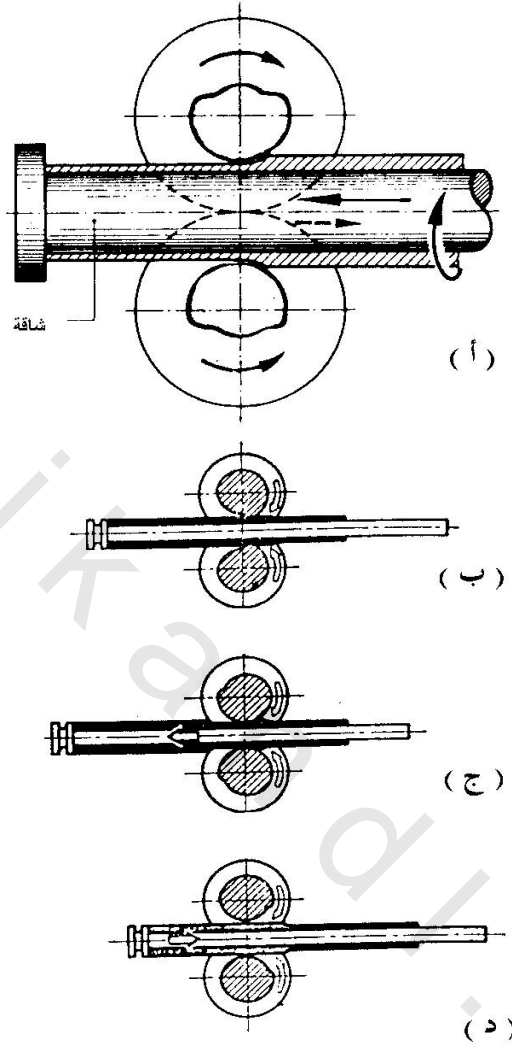
الدرفيلين يدوران في اتجاه واحد ، بحيث يتدرج العمود الأسطواني بينهما وينعصر ، كما يستخدم بجانب الدرفيلين المذكورين درفيلين آخرين كدليل لتدرج العمود الأسطواني بينهما ، يتسبب ميل محاور الدرافيل في الحصول على حركة تغذية أمامية للعمود بجانب الحركة الدورانية ، وعلاوة على ذلك تتولد فجوة في العمود بسبب الاختلاف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



شكل ٥ - ٧

درفلة المواشير

يمكن الحصول على المواشير بأقطار خارجية وداخلية ذات سمك أقل ، من خلال درفلتها عدة مرات عن طريق درافيل تدار في اتجاهين متضادين ، مع استخدام شاقة بالقطر الداخلي المطلوب كما هو موضح بشكل ٥ - ٨ ، وبذلك يمكن الحصول على أنابيب مدلفنة بدون لحام . تتميز هذه المواشير بتحملها للضغوط العالية .



شكل ٥ - ٨

إنتاج المواسير الغير ملحومة

- (أ) درفلة عند كل شوط رجوع .
- (ب) عض جزء من طول الماسورة .
- (ج) درفلة الطول الذي نم عضه .

(د) التمهيد لعض طول جديد .

دلفنة الأنابيب الملحومة :

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

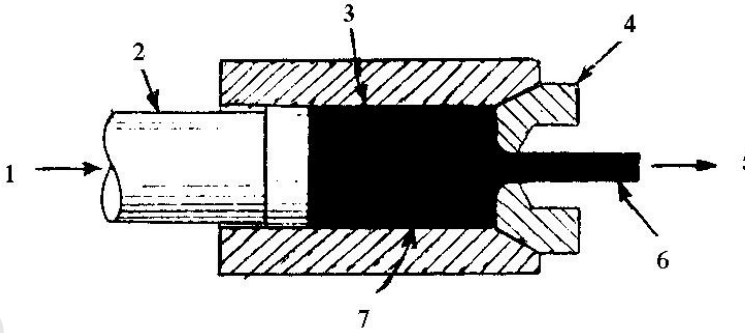
بثق المعادن Metals extrusion

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

يسخن الصلب عند بثقه إلى درجة حرارة البثق وهي ١٢٥٠ °م ، ويضغط داخل إسطمبة مزودة بفتحة تحتوي على شكل المقطع المطلوب إنتاجه ، حيث يجبر المعدن الساخن على الخروج من خلال هذه الفتحة كما هو موضح بشكل ٥ - ٩ ، ويمكن تشبيه عملية البثق بأنبوبية معجون الأسنان عند الضغط عليها ، الذي يؤدي إلى خروج (بثق) المعجون منها . هذا يعني أنها عملية توجيه للمادة المراد بثقها من خلال الضغط عليها لينساب المعدن من فتحة معينة ، ويتخذ شكلاً معيناً محدداً .

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

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



شكل ٥ - ٩

عملية بثق المعادن

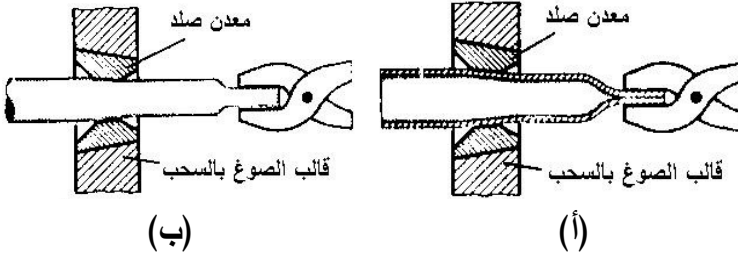
١. اتجاه الضغط علي الخامة .
٢. كباس .
٣. جسم أسطواني .
٤. الإسطمية.
٥. اتجاه خروج المنتج .
٦. المنتج .
٧. الخامة الساخنة .

سحب المعادن Metals drawing

الغرض من عملية سحب المعادن هو اختصار للمقاطع المختلفة ، وذلك لتخفيض سمك المعدن وزيادة طوله من خلال جذبه من فتحة إسطمية قطرها الداخلي أصغر من قطر المعدن المراد سحبه شكل ٥ - ١٠ ، وعادة تتم عمليات السحب من خلال إسطمية واحدة ، أو عدة إسطميات تخفيض متدرجة .

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

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



شكل ٥ - ١٠

عمليات سحب المعادن

(أ) سحب القضبان والأسلاك.

(ب) سحب المواسير.

خواص واستخدامات الصلب

يمكن تصنيف الأنواع العديدة للصلب المستخدم في التكنولوجيا إلى مجموعتين رئيسيتين هما صلب الإنشاءات وصلب العدة. وتصنف هاتين المجموعتين بدورتهما إلى صلب لا سبيكي وصلب سبيكي منخفض الخلط ، وصلب سبيكي عالي الخلط ، وتحتوي أنواع الصلب اللاسبيكي على نسبة كربون تتراوح ما بين ٠.٠٠٦ . ١.٥ % ، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من المنجنيز والسيلكون والفسفور والكبريت . وإلى جانب نفس نسبة الكربون تصل نسبة الإضافات السبيكة في أنواع الصلب السبائكي منخفض الخلط إلى ٥ % ، أما أنواع الصلب السبائكي عالي الخلط فتتراوح نسبة الكربون فيه إلى ما بين ٠.٠٠٣ . ٢.٢ % ونسبة الإضافات السبيكة إلى ما بين ٥ إلى ٤٥ % ، ولا يمكن في جميع الحالات وضع حد فاصل تماماً بين الأنواع المختلفة للصلب.

الصلب الإنشاءات :

يقصد بصلب الإنشاءات .. أنواع الصلب المستخدم في الأغراض الإنشائية أو

أساسيات هندسة الإنتاج

لصناعة أجزاء المكونات بجميع أنواعها .

تبلغ نسبة صلب الإنشاءات أكثر من ٩٠ % من مجموع الإنتاج العالمي للصلب ،
علماً بأن هناك أنواع من صلب الإنشاءات تستخدم لأغراض المتطلبات العادية الأخرى .

صلب الإنشاءات العام :

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

للصلب St 34 بنسبة كربون ٠.١٧ % ومقاومة شد تتراوح ما بين ٣٤ . ٤٢ كيلوبوند/مم^٢ وانفعال قدره ٢٨ % ، وفي مقابل ذلك فإن الصلب St 70 يحتوي على نسبة كربون ٠.٥ % ومقاومة شد تتراوح ما بين ٧٠ . ٨٥ كيلوبوند/مم^٢ وانفعال قدره ١٠ % فقط . وتتوقف قابلية الاستخدام للصلب بجانب مقاومة الشد على نوع الصلب وخواصه الخاصة ، مثل قابلية التشكيل على البارد وعلى الساخن أو قابلية الجيدة للحام بالانصهار. لذلك يتم توريد الصلب في ٣ رتب للجودة .

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

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

كمطروقات.

يستخدم صلب الإنشاءات في الهندسة الميكانيكية في صناعة المحاور . الأعمدة . التروس..... وغيرها ، وفي الصناعات البنائية كصلب خرسانة والجسور في الهندسة المدنية.

الصلب السهل القطع :

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

يحتوي أنواع الصلب سهل القطع على ما بين ٠.٠٧ . ٠.١٢ % كربون ، وما بين ٠.١٨ . ٠.٤ % سيلكون ، كما يضاف ما بين ٠.١٥ . ٠,٣ % رصاص للحصول على تقصيفية قطع جيدة وأسطح ناعمة لمساء.

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

صلب التصليد الغلافي :

تستخدم أنواع صلب التصليد الغلافي في تجهيز المشغولات ذات الأسطح الصلدة المقاومة للتآكل الاحتكاكي (المقاومة للبلي) ، مثال ذلك مسامير الربط والأعمدة والتروس وأجزاء التحكم والتوجيه وغيرها من الأجزاء المعرضة للإجهاد والتآكل الاحتكاكي . وتحصل المشغولات على أسطح صلدة بالتغليف ، أي بكرينة الطبقة السطحية ثم تصليدها . ولكي يكون قابل للتشكيل ، فلا يجوز إن تزيد نسبة الكربون فيه عن ٠.٢ % ، وتعتبر أنواع صلب التصليد الغلافي اللاسبيكي وكذلك جميع أنواع فولاذ التصليد الغلافي السبيكي من الأنواع المكررة ، التي تمتاز نسبياً عن أنواع الصلب الجيد بتجانس البنية وجودة تشطيب السطح وضآلة نسبة الكبريت والفسفور.

صلب التطبيع :

بواسطة التطبيع .. أي التصليد المراجع في درجة حرارة ما بين ٥٠٠ . ٧٠٠ °م ، يمكن الحصول على مقاومة عالية للشد ومقاومة عالية للصدم وقابلية للتشكيل . وتصلح هذه الأنواع للأجزاء المعرضة لاجهادات صدمية ودفعية مثل أعمدة المرافق والأعمدة اللامركزية وأعمدة محاور المركبات المختلفة ، وكذلك الأجزاء الصغيرة مثل مسامير الربط والبراغي (المسامير الملولبة) والبراغي ذات رأس اسطواني مسدس من الداخل.

تتراوح نسبة الكربون في أنواع صلب التطبيع ما بين ٠.٢ إلى ٠.٦ % ، وتتوقف خواص المتانة لأنواع صلب التطبيع على التركيب الكيميائي ، وحالة المعالجة الحرارية لها وكذلك درجة حرارة المراجعة ومساحة المقطع.

صلب النتردة :

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

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

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

صلب النوابض :

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

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

الصلب الخاص :

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

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

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

أما أنواع الصلب الغير قابل الصدأ فأنها لا تصدأ عند تعرضها لرطوبة الهواء والماء ومعظم الأحماض والقلويات ، ولذلك فأنها تستخدم فى الصناعات الكيميائية

وفي تصنيع الأوعية والمستودعات وخطوط الأنابيب وأجزاء الماكينات ، كما تستخدم أيضاً في صناعات الآلات المستخدمة للأغذية والحلويات.

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

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

ويمكن التخلص من التصلد الناتج عن التشكيل على البارد لهذه الأنواع بالتسخين إلى نحو ١٠٠٠ م⁰ ثم التسقية بالماء ، لتكون لينة وقابلة للتشكيل ، إلا أنها تكون في هذه الحالة أقل قابلية للتشغيل بالقطع .

ألواح الصلب (ألواح الصاج) :

تنقسم ألواح الصلب إلى ألواح بالغة الدقة وألواح بيضاء ، وكذلك ألواح دقيقة ومتوسطة وسميكة وألواح خاصة للمراحل ، وتتحدد القيم العيارية لمقاسات ألواح الصاج وسمك الألواح وقيمة الانحراف السماحي عن المقاس الأسمى للألواح الدقيقة الأقل من ٣ مم ، والألواح متوسطة السمكة التي ما بين ٣ . ٤,٧٥ مم والألواح السمكة الأكبر من ٤,٧٥ مم حسب بمواصفات ISO ، وتسرى نفس هذه المقاسات العيارية على أنواع صلب المراحل .

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

وتصنع الألواح متناهية الدقة والألواح البيضاء التي تضمها من أنواع الفولاذ اللاسبكي اللينة بسمك أقل من ٠.٥ مم ، وتزال الشحوم من على أسطح الألواح متناهية الدقة مما يجعلها صالحة للطلاء بالدهان كما تصلح للطباعة ، ويمكن كسوة الألواح البيضاء بكسوة قصديرية مجهزة بالصهر أو التحليل الكهربائي.

تجهز ألواح الصاج السميكة أو متوسط السمك غالبا من أنواع صلب الإنشاءات العام كما تصنع من صلب التصليد الغلافي وصلب التطبيع ، ويجب أن تكون ألواح صاج المراحل المستخدمة في صناعة أوعية الضغط وخطوط أنابيب الضغط قابلة للحام بالانصهار.

صلب العدة :

يستخدم أنواع صلب العدة في تشكيل مواد التصنيع الأخرى بالقطع أو بدون قطع . ويميز صلب العدة طبقا لتركيبه إلى لا سبيكي وسبيكي عالي الخلط وسبيكي منخفض الخلط . ويصنف صلب العدة بحسب نوع التسقية إلى صلادة بالماء و صلادة بالزيت و صلادة بالهواء ، وينقسم صلب العدة حسب نوع الاستخدام إلى صلب تشغيل على الساخن وصلب تشغيل على البارد . تتراوح نسبة الكربون في صلب العدة اللاسبيكي والسبيكي منخفض الخلط إلى ما بين ٠.٥ ٪ إلى ١.٥ ٪ ، كما يمكن أن تصل نسبة الكربون في فولاذ العدة السبيكي عالي الخلط إلى ٢.٢ ٪ .

تستعمل أنواع الصلب التشغيل على البارد في تشكيل مواد تصنيع أخرى بالقطع أو بدون قطع ، تحت درجات الحرارة العادية . يستخدم صلب العدة في صنع أقلام القشط والخراطة والمثاقب ومقاطع التفريز وذكر ولقم القلاووظ ، وكذلك عدد القص والتشكيل بالكبس . يجهز من أنواع صلب التشغيل على الساخن إسطوانات الحدادة والكبس وقوالب الصب بالضغط وإسطوانات البثق وعدد القص على الساخن وغيرها . وتستعمل هذه الأنواع لعمليات القطع بالمشغولات المصنوعة من الصلب والمعادن الخفيفة . وتعتبر تسميات الصلادة بالماء أو الصلادة بالزيت أو الصلادة بالهواء وسيلة مناسبة لبيان نوع مادة التسقية المستخدمة عند تصليد الصلب .

صلب العدة اللاسبيكي (الصلب الكربوني) :

تلعب نسبة الكربون وهي ما بين ٠.٥ ٪ إلى ١.٥ ٪ الدور الحاسم في استخدامات

أنواع صلب العدة اللاسبكي ، فترتفع صلادة الصلب بزيادة نسبة الكربون فيه . ويصلد صلب العدة اللاسبكي عادة في درجة حرارة ما بين ٧٦٠ . ٨٥٠ °م . يستخدم الصلب الكربوني في صناعة أسلحة المناشير وعدد التوربينات ، أما صلب العدة فيصلح لصناعة عدد التشغيل بسبب قابليته الجيدة للتصليد ، كما يمكن تحويله إلى صلب سرعات عالية.

صلب العدة السبيكي منخفض الخلط :

تصل النسبة الكلية للإضافات السبيكية في أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط .. وهى الكروم والنجستين والنيكل والموليدنم والفاناديوم إلى ٥ %، وتتراوح درجة حرارة تصليده إلى ما بين ٧٨٠ . ٨٥٠ °م ، ودرجة حرارة الحدادة ما بين ١١٠٠ . ٩٠٠ °م ، إلا أنه يجب مراعاة تعليمات المعالجة الحرارية للشركات الصانعة في كل حالة . وتسمح هذه الأنواع باستخدام سرعات تشغيل بالقطع أكبر من نظائرها في أنواع فولاذ اللاسبكي ، حيث صمودها لقوة القطع ومحافظة على صلابتها إلى درجة حرارة تصل إلى ٤٠٠ °م .

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

صلب العدة السبائي عالي الخلط :

تدخل في نطاق أنواع صلب العدة السبيكي عالي الخلط جميع أنواع صلب السرعات العالية للتشغيل بالقطع وأنواع صلب التشغيل على الساخن المستخدم لقوالب الحدادة وإسطمبات الكبس وكذلك أنواع الصلب عديم التشوه بالتصليد المستخدم لعدد القص والتشكيل بالكبس ، حيث أن درجة حرارة التصليد لهذه الأنواع تتراوح ما بين ٩٢٠ . ١٣٢٠ °م ودرجة حرارة مراجعة ما بين ١٠٠ . ٦٧٠ °م ، فانه يجب مراعاة

تعليمات المعالجة الحرارية لمصانع الصلب بدقة .

يسمح صلب السرعات العالية بسرعات قطع بأكثر من تلك المسموح بها في الصلب السبائكي منخفض الخلط ، كما تصل درجة حرارة التشغيل إلى نحو 550° ، وتتراوح درجة حرارة التصليد ما بين 1180 . 1320° م ودرجة حرارة مراجعة ما بين 530 . 950° م . وتتزايد صلادة الصلب نتيجة المراجعة إلى هذه الدرجات العالية . يصلح هذا الصلب بصفة خاصة في أعمال التخشين بسرعات قطع عالية وتشغيله بالقطع بتخانات كبيرة ، كما يصلح صلب السرعات العالية بصورة ممتازة لأعمال التخشين والتسوية في المخارط الأوتوماتية والمخارط البرجية ، وأيضاً التشغيل على الساخن للإسطمبات الكبس المعرضة لاجهادات عالية ، ويتم تصليده في درجة حرارة حوالي 1160° م ومراجعته في درجة حرارة ما بين 630 . 670° م .

الأشكال التجارية لأنواع الصلب :

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

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

الفصل الثاني

عمليات الإنتاج للمنتجات تامة التصنيع

ملهيّد

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

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

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

تشكيل وتشغيل المعادن

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

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

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

عمليات التشكيل

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

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

تأثير التشكيل على الساخن :

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

تأثير التشكيل على البارد :

يؤدي التشكيل على البارد إلى تشوه التكوين البلوري للمعادن كما يعمل على تحطيم بعض بلوراتها ، مما ينتج عنه زيادة صلادة المعدن ، وعلى هذا فإن التشكيل على البارد يصحبه دائما تصلد انفعالي يخفض من ممطولية المعدن ومقاومته

للصدمات ، كما إن تكرار عملية التشكيل على البارد فإن يؤدي إلى زيادة التصلد الانفعالي الذي ينتج عنه إحداث شروخ بالمعدن.

وعموماً فإن الآثار السابقة فيما عدا الشروخ ، يمكن إصلاحها وتخفيض آثارها إذا عولج المعدن حرارياً بعد عملية التشكيل على البارد أو في خلال مراحله. تتميز عمليات التشكيل على البارد بقدرتها على إنتاج المقاطع الصغيرة والأكثر انتظاماً ، كما تتميز بدقة مقاسات المنتجات المشكلة بها ونعومة أسطحها.

عمليات التشكيل بالصب

سباكة المعادن .. Metals casting

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

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

أساليب السباكة : Casting Processes

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

توجد أساليب كثيرة لسباكة المعادن أهمها الآتي :-

١. السباكة في القوالب الرملية.
٢. السباكة في القوالب المعدنية.
٣. السباكة بالطرد المركزي.
٤. السباكة بالشمع الضائع

وفيما يلي عرض لهذه الأساليب كل منها على حدة.

عمليات تشكيل المعادن بالصب (بالسباكة) : Casting Processes

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

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

١. تشكيل القالب .. Forming of the mould.
٢. صهر المعدن .. Melting.
٣. الصب .. Casting.
٤. التجميد .. Solidification.
٥. إخراج المسبوك وتنظيفه واختباره .. Fettling & Inspection.

تشكيل القوالب

Casting Mould

القالب هو أداة تشكيل التي يستخدمها فني السباكة ، ولا يمكن عمل مسبوكات

جيدة بدون تصنيع قوالب جيدة.

يحتوي القالب على تجويف له شكل وأبعاد القطعة المراد تشكيلها ، ودليك (قلب)

الذي يشكل الفراغ الداخلي بالقطعة المسبوكة .. (يستخدم الدليك في حالة المشغولات

التي تحتوى بداخلها على فراغات).

أساسيات هندسة الإنتاج

أنواع قوالب السباكة : Types Of Casting Moulds

يمكن تصنيع قوالب السباكة لكي يصب فيها المعادن مرة واحدة ، أو ليصب فيه عدة مرات ، أو تصنيعه للإنتاج الكمي (بأعداد كبيرة جدا) .. بمعنى إنتاج السلعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً بالجملة .. قد يصل إلى مليون مرة.
توجد أنواع مختلفة لقوالب السباكة أهمها القوالب الآتية :-

١. قوالب رملية : Sand Moulds

- تسمى بالقوالب المؤقتة ، وتستخدم لسباكة قطعة واحدة فقط ، ثم تكسر عند إخراج المنتج المسبوك ، ويمكن استخدام مواد القالب في صناعة قالب آخر جديد .
- والرمل المستخدم يمكن أن يكون طبيعي أو صناعي ذي مواصفات خاصة.
- تتميز القوالب الرملية (القوالب المؤقتة) بالميزات التالية :-
- سهولة التشكيل.
- قوة تماسكها مع الاحتفاظ بشكلها.
- الاحتفاظ بقوة تماسكها ومتانتها في ظروف درجات الحرارة العالية ، بالإضافة إلى تحملها وزن المعدن الذي تحتويها.
- مسامية كافية تسمح بالتخلص من الغازات التي تحتويها ، بحيث لا تترك داخل المعدن وتكون فقائيع (بخبخة).
- إمكانية إعادة استخدامها مرة أخرى ، حيث إنها لا تترك مخلفات ملوثة.
- اقتصادية لانخفاض تكاليفها بالمقارنة بأنواع القوالب الأخرى.

٢. قوالب من الجبس : Gypsum Moulds

تستخدم القوالب المصنوعة من الجبس أو المصيص لعدد محدود (ما بين ٥ - ١٠ مرات) ، تصمم هذه القوالب بحيث يمكن فتحها وإخراج المسبوك منها ، ثم غلقها لاستخدامها في السبيكة التالية دون أن تتشوه أو تهدم.

٣. قوالب دائمة : Permanent Moulds

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

تصنع بعض أنواع هذه القوالب من الخزف ، وذلك لاستخدامها في الإنتاج المتوسط ، حيث أن هذا النوع قادر على سباكة أكثر من ٤٠ قطعة دون أن يستهلك.

٤. قوالب معدنية : Metal Moulds

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

المواد المستخدمة في صناعة الداليك :

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

يتكون مواد الداليك من الآتي :-

الرمل : Sand

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

المواد الرابطة : Material Binders

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

(أ) المواد الرابطة العضوية : organic binder materials

هي مواد قابلة للاحتراق ، وتتلف وتفقد خاصية الربط والتماسك عند حوالي ٩٠٠ °م ، ومع ذلك فهي تساعد على مقاومة خليط الدلائيك للانهيار ، كما توجد بعض المواد الرابطة تستخرج من بعض الزيوت الصناعية وبعض المواد العضوية الأخرى مثل زيوت بذرة الكتان وزيوت الحبوب الأخرى - زيت القلافونية - القار (القطران) - العسل الأسود - الجلاتين .. من أهم صفاتها هو تكوين غشاء لاصق تتماسك به حبيبات الرمل بعد التحميص.

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

هي مواد غير قابلة للاشتعال ، كما أنها تحتفظ بخواص المتانة ومقاومة التآكل عند درجات الحرارة العالية ، كما تكون نسبيا غير قابلة للانهيار. يعتبر كل من الطين الحراري ومسحوق السيلكا وأكسيد الحديد مواد غير عضوية تدخل في تركيب الدلائيك.

من أهم مميزات المواد غير العضوية أنها تعطي مقاومة للإجهادات عند تأثير درجات الحرارة العالية.

(ج) الماء : water

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

صناعة الدليك

Cores manufacturing

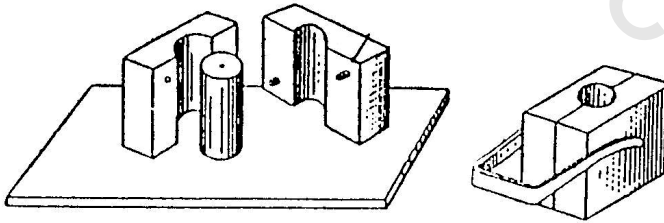
تتعرض الدلائيك لاجهادات مختلفة أثناء صب المعادن المنصهرة في القوالب ، حيث تؤثر ضغوط المعادن المنصهرة التي تحاط بها من جميع الجهات وتعرضها للكسر أو الثني ، ومن ثم فإنه يجب أن تكون الدلائيك مصنوعة بمتانة عالية مع الجودة في نفاذية الغازات ، لذلك فإن الدلائيك تصنع من مخلوط يحتوى على رمل من أجود الأنواع ،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

تجهز الدلائيك بإحدى طريقتين أساسيتين هما :-

Manual Cores Preparation : تجهيز الدلائيك يدويا

تستعمل صناديق لتجهيز الدلائيك المختلفة الأشكال والأحجام ، يمكن أن تكون صناديق خشبية أو معدنية . تتكون هذه الصناديق عادة من نصفين متماثلين يمكن توصيليهما مع بعضهما البعض من خلال دلائل خاصة ، ويحكم تثبيتيهما باستعمال قامطة كما هو موضح بشكل ٥ - ١١ (أ).

عند تصنيع الدليك يوضع صندوق الدليك على لوحة خشبية ، ويجمع نصفى الصندوق ويحكم من خلال قامطة ، ثم يوضع مخلوط رمل الدليك من الفتحة العليا للصندوق حتى يمتلأ تماماً ، ويدك جيداً ، ثم تنزع القامطة ، ويبعد نصفى الصندوق عن بعضيهما ليظهر الدليك الموضح بشكل ٥ - ١١ (ب).



(ب)

شكل ٥ - ١١

الدليك وصندوق الدليك (أ) صندوق الدليك.

(ب) الدليك بعد تجهيزه.

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

تجهيز الدلائيك آلياً : MECHANICAL PREPATION OF CORES :

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

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

السباكة في قوالب رملية

Sand moulds casting

للحصول على منتج معدني مصبوب عن طريق سباكة القوالب الرملية ، فانه

يجب القيام بعدة عمليات أساسية هي كالآتي :-

١. تشكيل وتجهيز النموذج.
٢. تجهيز القالب الرملي.
٣. تجهيز الدليك .. في حالة وجود فراغ في الجزء المراد سباكته.
٤. صهر المعدن.
٥. صب المعدن المنصهر في القالب.
٦. نزع القطعة من القالب وتنظيفها.

٧. فحص المسبوكات.

تشكيل وتجهيز النموذج Pattern Preparation And Forming

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

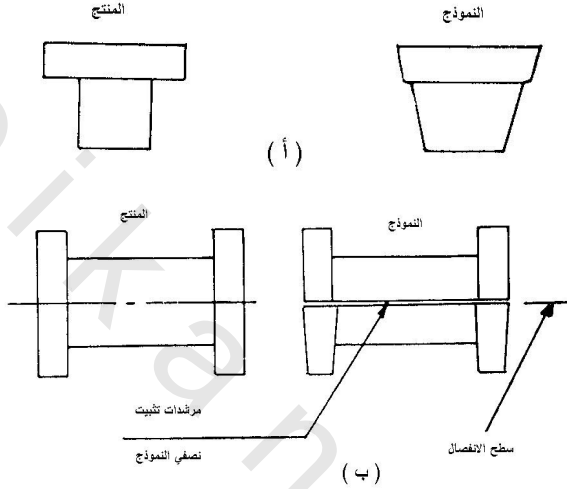
يصنع النموذج (الأورنيك) من أجود أنواع الخشب ، مثل خشب الصنوبر الأبيض ، وذلك في حالة عدم زيادة العدد المطلوب سباكته عن ٣٠ قطعة . كما تستعمل الأخشاب الصلدة مثل خشب الماهوجني والبلوط والزان ، وذلك في حالة تجهيز ١٠٠ قالب تقريبا.

ويوصى القائمين على عمليات السباكة من ذوي الخبرات الطويلة ، إنه عند تجميع القطع الخشبية لصناعة النموذج ، أن تكون اتجاه ألياف القطع مخالفة لبعضها البعض ، وذلك للمحافظة على شكل النموذج وعدم التوائه ، كما يفضل أن يطلّى النموذج (الأورنيك) بالزيت أو بالورنيش للمحافظة عليه من الرطوبة ، بالإضافة إلى الحصول على أسطح ناعمة.

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

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

يمكن عمل النموذج (الأورنيك) من قطعة واحدة شكل ٥ - ١٢ (أ) ، إذا كان شكل المنتج المطلوب سباكته يسمح بذلك ، ويلاحظ أن النموذج يشكّل بإستدقاق .. (بزاوية ميل) وذلك لسهولة نزعهِ من القالب دون تشوه الفجوة ، كما يمكن تشكيل النموذج من قطعتين أو أكثر شكل ٨ - ١٢ (ب) في حالة تعذر تشكيله من قطعة واحدة.



شكل ٥ - ١٢

تجهيز النموذج بشكل يناسب المشغولة المراد سباكتها

(أ) نموذج من قطعة واحدة.

(ب) نموذج من قطعتين.

الشروط الواجب مراعاتها عند تصنيع النماذج :

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

١. سماح الانكماش : Shrinkage Allowance

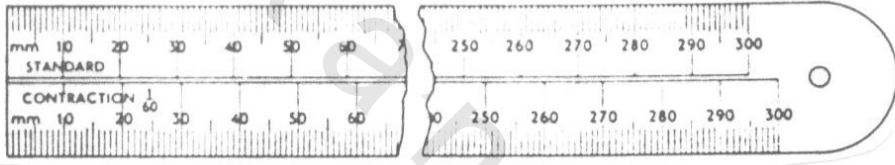
يجب أن يكون أبعاد النموذج أكبر قليلا من أبعاد الشكل المطلوب سباكته ،

وذلك لتعويض مقدار الانكماش الذي يحدث للمعدن بعد تجمده ، ومن ثم فإن فني النماذج يوضع كل أبعاد النموذج باستخدام مسطرة خاصة تسمى بمسطرة الانكماش الموضحة بشكل ٥ - ١٣ .

مثال :

جزء مسبوك من حديد الزهر طوله متر واحد ، يتقلص بمقدار ٩ ملليمتر .. هذا يعنى أن جزء طوله ١٠٠٩ ملليمتر يصل طوله بعد الانكماش إلى ١٠٠٠ ملليمتر .. أي واحد متر.

لذلك فإن مسطرة الانكماش في حديد الزهر تصنع بحيث يكون طولها الفعلي ١٠٠٩ ملليمتر ، وتقسم المسطرة على أجزاء متساوية على أساس أن طولها متر واحد .. كما لو كانت مسطرة عادية.



شكل ٥ - ١٣

مسطرة الانكماش

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

فيما يلي الجدول ٥ - ١ الذي يوضح الانكماش التقريبي الذي يحدث لبعض المعادن.

جدول ٥ - ١

الانكماش التقريبي لبعض المعادن

النسبة	الانكماش التقريبي لكل متر	المعدن
١٢٠ : ١	٨ - ٩ ملليمتر	حديد زهر
٦٠ : ١	١٦ - ١٨ ملليمتر	صلب
٦٠ : ١	١٦ - ١٨ ملليمتر	نحاس اصفر
٧٧ : ١	١٣ ملليمتر	ألومنيوم

٢. سماح التشغيل : Machining Allowance

عادة يضاف أبعاد على الأسطح الخارجية للمشغولات المصنعة بالسباكة الرملية ، كما ينخفض أبعادها الداخلية ، وذلك لأجراء عمليات التشطيب باستخدام آلات القطع المختلفة . تختلف قيم هذه الأبعاد (قيم سماح التشغيل) المضافة على المشغولات المسبوكة ، وذلك باختلاف نوع المعدن المشكل . وبصفة عامة فإن قيمة سماح التشغيل للمسبوكات الحديدية المختلفة لكل بعد هي ٣ ملليمتر ، أما قيمتها في المسبوكات الغير حديدية فهي ١.٥ ملليمتر.

٣. سماح السحب : Drawing Allowance

عند سحب (نزع) النموذج من القالب ، قد تتسبب الأسطح الرأسية في انهيار أو تشويه شكل الفجوة المشكلة ، ويمكن تلافي ذلك من خلال تصنيع الأسطح الرأسية للنموذج بزاوية ميل بسيطة ما بين ١ - ٣ درجات) ، وذلك لتهيئة خلوص بين النموذج والقالب الرملي في اللحظة التي يبدأ فيها سحب النموذج.

٤. دوران الأركان : Fillets

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

٥. ركائز الدليك : Core Prints

عند سباكة مشغولة بها تجويف ، فإنه يجب تشكيل دليك من الرمل له شكل

وأبعاد التجويف ، مع الأخذ في الاعتبار الأبعاد المعادلة لحساب السماحات اللازمة ، كما يجب تزويد النموذج بركائز لكي تعمل على صنع فجوة يركز عليها الدليك (القلب) ، وذلك لضمان دقة وصنع الدليك بالنسبة لفرغ النموذج.

٦. سطح الاتصال : Parting Surface

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

كما يؤدي هذا السطح ، وهو سطح الاتصال والانفصال ، على إخراج كلا جزئي النموذج من القالب الرملي جزئي الریزق بسهولة.

تجهيز القالب الرملي

Sand moulding preparation

تسمى هذه الطريقة بطريقة السباكة في القوالب الرملية أو الختم في الریزق ، حيث تجرى عملية تجهيز القالب الرملي لإنتاج المسبوك بالشكل المطلوب باستخدام ریزق بالحجم المناسب ، بحيث لا تقل الأبعاد حول النموذج وجدران الریزق عن ٥٠ ملليمتر ، وذلك للسماح لعملية الدك حول النموذج ، ليتماسك القالب الرملي.

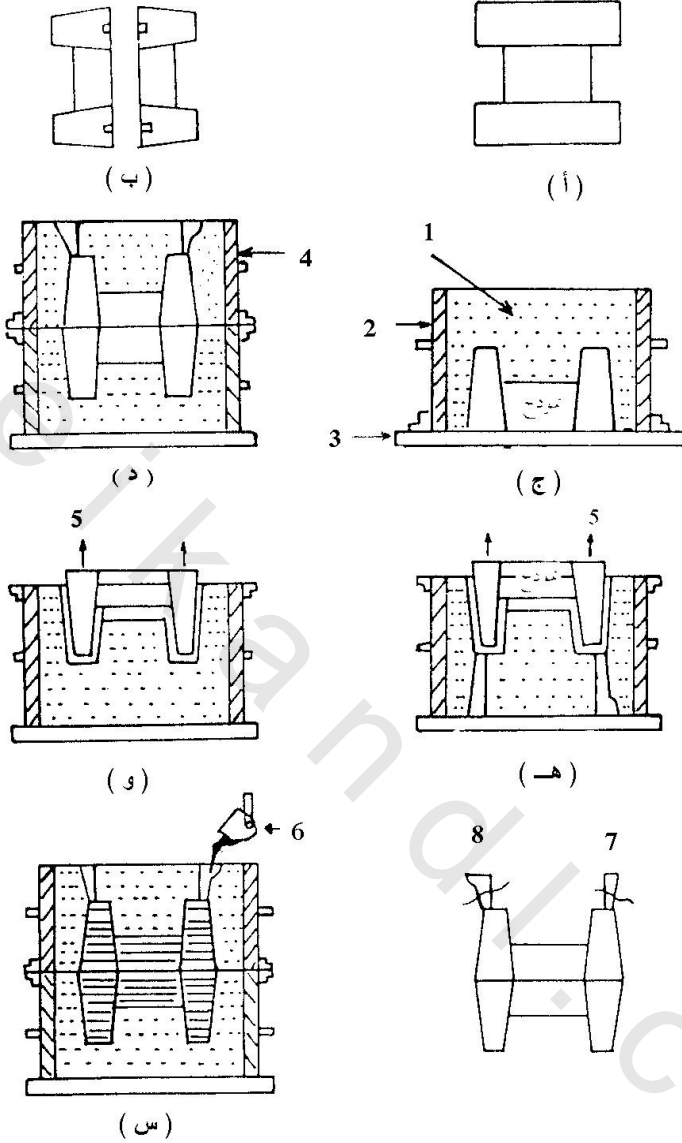
يتم طبع (ختم) القالب من خلال تسلسل خطوات العمل الموضحة بشكل ٥ -

١٤ وهى كالآتي:-

١. يوضع النصف الأسفل للنموذج على اللوحة الخشبية ، بحيث تكون في وسط الریزق تماماً.

٢. يوضع الرمل المستخدم في صناعة القالب في الریزق مع الدك بعناية حول النموذج وباقي الریزق ، بحيث يبدأ بالرمل الجيد وينتهي برمل المسبك المستعمل حتى يمتلئ الریزق تماماً ، ويسوى سطح الریزق بعد دكه جيداً باستعمال مسطرة مستوية.

٣. يرفع الجزء الأسفل للريزق بمحتوياته مع اللوحة الخشبية ويقلب بحيث يكون نصف النموذج في قمة الريزق ، وينظف السطح بفرشاة تنظيف.
٤. يوضع النصف الثاني للنموذج فوق النصف الأول كما هو موضح بشكل (د) ، ويضمن انطباق جزئي النموذج اعتمادا على دلائل تثبيت النموذج ، كما يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بذلك ، ويرش السطح برمل فصل أو بمسحوق فحم.
٥. توضع خشبتي المصب والمصعد في مكانيهما ، ويمكن تثبيتها بوضع كمية من الرمل حوليهما ، ويوضع الرمل داخل الجزء العلوي للريزق ، ويدك جيدا ، كما حدث في الجزء الأسفل للريزق ، حتى يصل تماسك الرمل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية.
٦. يرفع الريزق العلوي ، وينزع نصفي النموذج من جزئي الريزق السفلي والعلوي بحرص شديد حتى لا يتهدم الرمل كما هو موضح بشكل (هـ ، و).
٧. تعالج الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح ويرش مسحوق الفحم الخشبي لنعومة أسطح الجزء المسبوك.
٨. التأكد من عدم انسداد فتحة الصب واتصالها فجوة القالب.
٩. يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بالريزق.
١٠. توضع أثقال لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.
١١. يجفف القالب في أفران التجفيف للتخلص من الرطوبة الزائدة ، وبذلك يزداد تماسكه وترتفع مقاومته للإجهادات ويكون القالب في هذه الحالة جاهز لصب المعدن ، ومن ثم يصب المعدن المنصهر في فتحة الصب بالقالب الرملي كما هو موضح بشكل (س).



شكل ٥ - ١٤

تسلسل خطوات تجهيز القالب الرملي بالريزق

(أ) الجزء المطلوب سباكته.

(ب) نموذج من جزأين .

١. رمل
٢. الجزء الأسفل للريزق.
٣. لوحة خشبية مستوية.
٤. الجزء العلوي للريزق.
٥. نزع نصفي النموذج من جزئي الريزق العلوي والسفلي.
٦. صب المعدن المنصهر في القالب.
٧. مجري الصب.
٨. مجري المصعد.

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

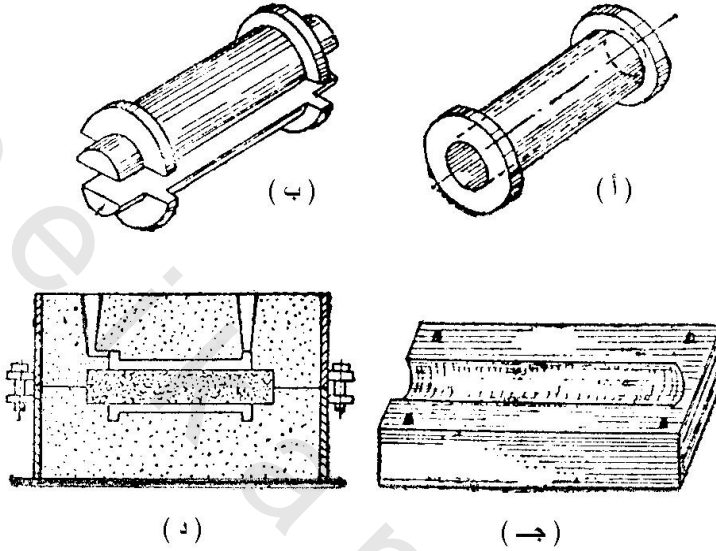
تجهيز الدليك

Preparation of core

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

يوضح شكل ٥ - ١٥ الماسورة (أ) بها تجويف ، لذلك يجب تجهيز النموذج (ب) من جزأين بحيث يلتقيان عند السطح الفاصل بين الجزء العلوي والسفلي بالريزق ، كما يجب صنع صندوق الدليك كما هو موضح لأحد نصفيه المتماثلين (ج) ، كما

يوضح (د) القالب يحتوى بداخله على الدلييك الذي يكون التجويف الداخلي للماسورة ، ويثبت بشكل أفقي .. لذلك يسمى بالدلييك الأفقي ، ويكون القالب في هذه الحالة جاهز للصب بعد تجفيفه .



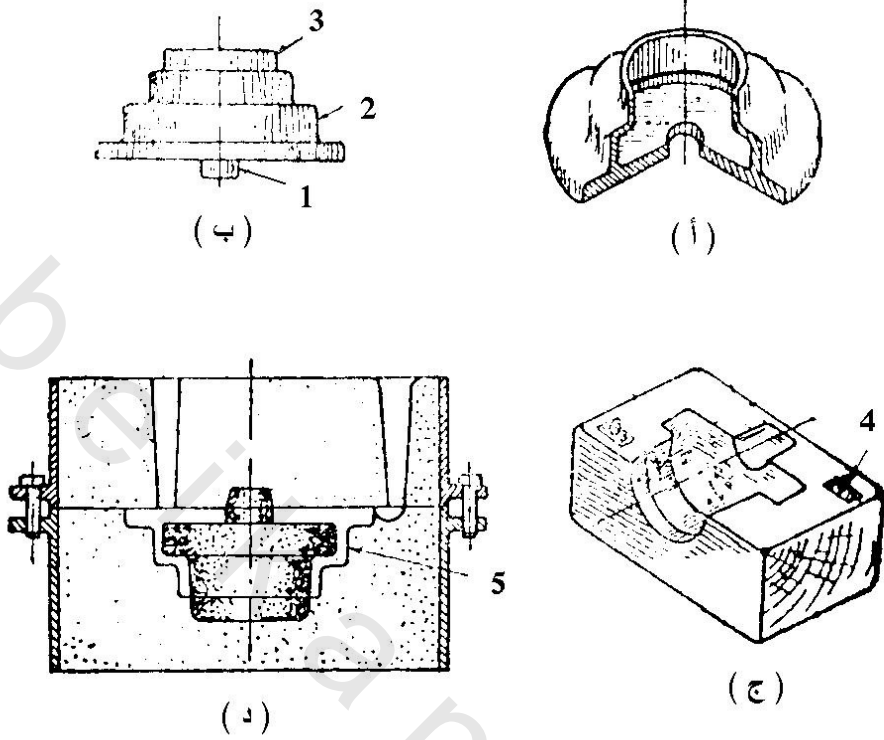
شكل ٥ - ١٥

تجهيز قالب يحتوى على دلييك بشكل أفقي

- (أ) ماسورة بها تجويف .
- (ب) نموذج من جزأين يحتوي علي ركائز .
- (ج) أحد نصفى صندوق الدلييك .
- (د) القالب الرملي يحتوي بداخله علي دلييك مثبت بوضع أفقي .

علما بأن الدلييك يثبت في كثير من الأحيان بوضع رأسي كما هو موضح بشكل

٥ - ١٦ الذي يوضح قطاع للجزء المطلوب إنتاجه.



شكل ٥ - ١٦

تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل رأسي

- (أ) قطاع في النموذج المطلوب سباكته.
- (ب) النموذج المشكل ويحتوى على ركيزة الدليك.
- (ج) أحد نصفى صندوق الدليك.
- (د) القالب معد لصب المعدن المنصهر.
١. ركيزة الدليك السفلي.
٢. النموذج.
٣. ركيزة الدليك العليا.
٤. مسمار تثبيت صندوق الدليك.
٥. فجوة الصب للجزء المطلوب سباكته.

صهر المعادن

Metals melting

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

صب المعدن المنصهر في القالب

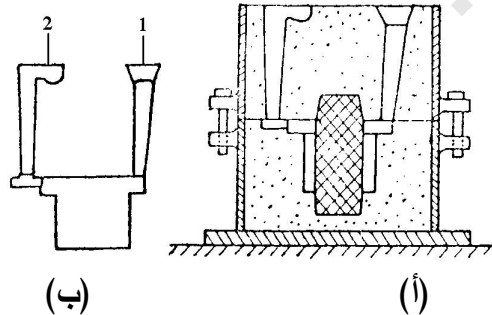
Metals casting

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

نزع القطعة المسبوكة وتنظيفها

Removing and cleaning of a casted workpiece

بعد تجمد الجزء المسبوك تماماً ووصول تبريده إلى الدرجة المناسبة ، يكسر القالب الرمل من طريق ماكينات هزازة خاصة ، ويمكن الاستفادة من رمل القالب واستخدامه بعد خلطه مرة أخرى . ومن خلال تكسير القالب الرمل يظهر الجزء المسبوك المنتج ملتصقاً به رؤوس التغذية (قناتي الصب والمصعد) كما هو موضح بشكل ٥ - ١٧ ، كما يوجد على أسطحه قدرًا من الرمل المحترق والملتصق به.



شكل ٥ - ١٧

شكل الجزء المسبوك بعد خروجه من القالب الرملي

(أ) القالب الرملي .

(ب) الجزء المسبوك .

١. قناة الصب .

٢. قناة المصعد .

فحص المسبوكات CASTING INSPECTION

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

السباكة في القوالب المعدنية

Metal moulds casting

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

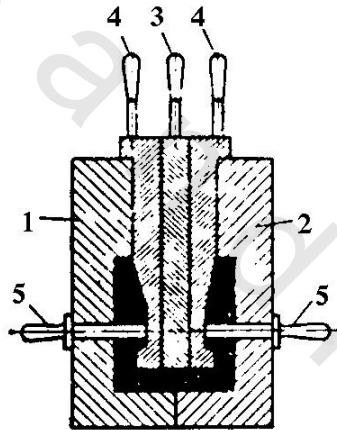
يصب المعدن المنصهر في القوالب المعدنية عن طريق الدفع تحت ضغط خارجي External Pressure ليصل المعدن المنصهر إلى فجوات القالب وثناياه ، ويستمر الضغط مسلطا حتى يتجمد المعدن المصبوب.

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

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

شكل ٥ - ١٨ يوضح رسما تخطيطيا ل قالب معدني مستخدم لإنتاج مكبس محرك سيارة من سبيكة الألومنيوم.

يتكون القالب المعدني الذي يكون الشكل الخارجي للمسبوكة من نصفين متماثلين ١ ، ٢ يفصلهما سطح الانفصال الرأسي . ويصنع الدليك الذي يمثل تجويف المكبس من ثلاثة أجزاء وذلك لسهولة نزعها من المسبوكة ، ويكون نظام الصب عند سطح انفصال القالب ، وعند نزع أجزاء الدلائك يسحب الجزء الأوسط وهو بشكل وتدي ٣ ، ثم الجزأين ٤ ، وذلك بتحريكهما إلى المنتصف ثم سحبهما إلى أعلى . ويسحب الدليكان ٥ بتحريكهما في اتجاه أفقي.



شكل ٥ - ١٨

رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم لسبائك مكبس محرك سيارة

١. أحد نصفي القالب .
٢. النصف الثاني للقالب .
٣. أحد أجزاء الدلائك الموضوعة بشكل رأسي .
٤. أحد أجزاء الدلائك الموضوعة بشكل رأسي .
٥. أحد أجزاء الدلائك الموضوعة بشكل أفقي .

تصنع القوالب المعدنية من الصلب السبيكي ، وتستعمل في الإنتاج الكمي للمسبوكات الخفيفة بصف أساسية .. أي إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة.

يبرد القالب عادة عند استخدامه تبريداً طبيعياً ، كما تستعمل قوالب معدنية أخرى ذات تبريداً إجبارياً ، أو بتسخين موضعي كهربائي لمساواة درجة حرارة الأجزاء المختلفة من القالب.

كما تصنع القوالب المعدنية من الزهر وتستعمل في إنتاج سبائك الزهر والصلب وأيضا السبائك الثقيلة الغير حديدية . ولزيادة مقاومة القالب ولتجنب شدة تبريد المعدن السائل أثناء صبه في القالب ، تغطي الأسطح العاملة بالقالب بطبقة خاصة. يتكون القالب المعدني من نصفين ١ ، ٢ يفصلهما سطح الانفصال الرأسي. يثبت أحد نصفي القالب ، بينما يكون النصف الآخر متحرك في اتجاه أفقي بواسطة دافع . ويضبط إحكامه عند تجميعه عن طريق تجهيزات عبارة عن مسامير بارزة ٣ وثقوب.

السباكة بالطرد المركزي

Centrifugal casting

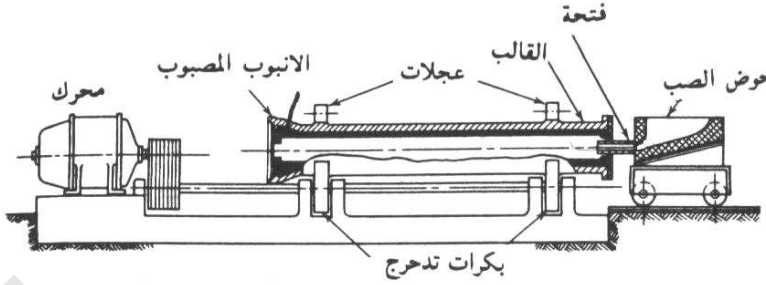
في هذا الأسلوب يصب المعدن المنصهر بالدفع المركزي بإحدى طريقتين هما

-:

١. السباكة في قالب يدور حول محور أفقي :

في هذه الطريقة يصب المعدن المنصهر المنذفع بالطرد المركزي في قالب دوار حول محور أفقي كما هو موضح بشكل ٥ - ١٩ ، عند صب المواسير المصنوعة من الزهر ، أو عند صب المرتكزات.

تتميز هذه الطريقة بإنتاج مصبوبات ذات تخانات متجانسة.



شكل ٥ - ١٩

السباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور أفقي

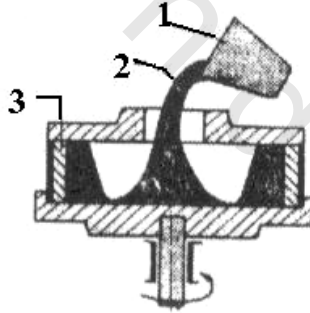
٢. السباكة في قالب يدور حول محور رأسي :

في هذه الطريقة يصب المعدن المنصهر في حالته السائلة في قالب يدور حول

محور رأسي كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٠.

من عيوب هذه الطريقة هو زيادة تخانة المعدن عند الجانب الأسفل للقالب ،

وبذلك لا يمكن الوصول إلى تخانة متجانسة لأسطح المشغولات المنتجة بهذه الطريقة.



شكل ٥ - ٢٠

سباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور رأسي

١. بوتقة بها معدن منصهر بكمية مناسبة لحجم الجزء المطلوب

سباكته.

٢. المعدن المنصهر أثناء عملية الصب.

٣. القالب المعدني.

أساسيات هندسة الإنتاج

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

السبابة بالشمع الضائع

Lost wax casting

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

يستخدم الشمع لعمل النموذج لتشكيل قالب رملي مغطي بطبقة من السيراميك ، ويتم صهر الشمع ليتمكن إخراجها من القالب . وعادة تستخدم هذه الطريقة في السبابة عندما يكون شكل النموذج معقداً لدرجة عدم إمكانية استخراجها دون كسر القالب.

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

تشكيل المعادن بالحدادة

Metals forming by forging

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

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

١. التشكيل بالطرق Forming By Hammering .

٢. التشكيل بالضغط Forming By Press .

مميزات تشكيل المعادن بالحدادة :

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

١. شدة الكثافة.
٢. عدم حدوث تمزق في الألياف.
٣. ارتفاع مستوى المتانة.
٤. انخفاض مسام المعدن.
٥. تهذيب وإنسياب الحبيبات المعدنية.
٦. تحسين الخواص الفيزيائية بصورة عامة.
٧. قدرة عالية على تحمل الإجهادات.
٨. التوزيع المنتظم للشوائب الحبيبية في المعدن.

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

أساليب الحدادة : forging methods

تشتمل أساليب الحدادة على الوسائل الرئيسية الآتية :-

١. الحدادة اليدوية .. الذي يتعرض إليه هذا الباب.
 ٢. الحدادة بالمطارق الآلية.
 ٣. التشكيل بالضغط .. باستخدام المكابس.
 ٤. التشكيل باستخدام ماكينات الحدادة المختلفة.
- يتم اختيار أسلوب التشكيل المناسب للشكل المطلوب إنتاجه .. ويتوقف ذلك على الآتي :-

(أ) الشكل المطلوب إنتاجه.

(ب) الدقة المطلوبة.

(ج) نوع الإنتاج .. (فردى أو كمى).

الحدادة اليدوية : manual forging

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

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

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

تستعمل الحدادة اليدوية على نطاق ضيق ، أو للإنتاج الفردي للأجزاء الصغيرة

أو في أعمال الصيانة .. وذلك لانخفاض دقتها.

ولا شك أن استخدام الحدادة اليدوية في مراحل تنفيذ العينات الأولى ، أو في الإنتاج الفردي ، أو في إنتاج أعداد محدودة .. يكون أقل تكلفة ، وأفضل اقتصاديا من تصنيع قوالب مرتفعة التكاليف لمنتجات مازالت في المرحلة الأولى أو في مرحلة التجارب.

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

أنواع الفحم المستخدم في أفران الحدادة :

Kinds Of Coal Used In Forging Furnaces

تستخدم في أفران الحدادة (الأكوار) أنواع مختلفة من الوقود الصلب (الفحم)

وهي كالآتي :-

- ١ . فحم الكوك.
- ٢ - الفحم الحجري.
- ٣ . الفحم النباتي.

العمليات الأساسية للحدادة اليدوية :

Basic Manual Forging Operations

تتم عملية تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية من خلال مرحلة واحدة وذلك للعمليات البسيطة ، ولكن في معظم الحالات تتم على مرحلتين أو أكثر. وتعتبر عمليات سحب وكبس المعادن من أكثر عمليات الحدادة اليدوية على الإطلاق .. فيما يلي عرض لجميع العمليات الأساسية للحدادة اليدوية.

السحب Drawing :

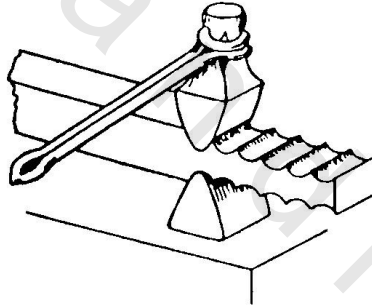
عملية السحب هي عبارة عن زيادة في طول المعدن مع انخفاض سمكه أو عرضه، أو انخفاض المساحة أي الطول والعرض معا .
تجري عملية السحب عند تسخين المعدن على ثلاث مراحل وهي الخصر - السحب - التسوية.

الخصر Fullering :

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

(أ) الخصر باستخدام بلص الخصر :

يثبت قاعدة بلص الخصر في تجويف السندان ، وتوضع الخامة المراد تشكيلها بين قاعدة ووجه البلص ، ثم يطرق عليها كما هو موضح بشكل ٥ - ٢١ . وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التجهيز للسحب.

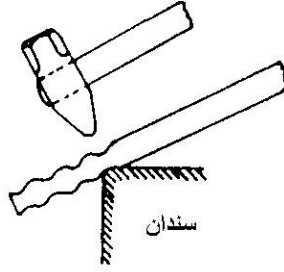


شكل ٥ - ٢١

الخصر باستخدام بلص

(ب) الخصر باستخدام حافة السندان :

في هذه الطريقة يستخدم السندان مباشرة بدون الحاجة إلى بلص ، حيث توضع الخامة المراد تشكيلها على حافة السندان ويطرق عليها كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٢ .



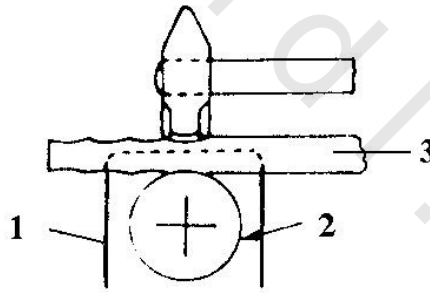
شكل ٥ - ٢٢

الخصر باستخدام حافة السندان

(ج) الخصر باستخدام قرن السندان :

في هذه الطريقة يستخدم القرن المخروطي للسندان (القرن ذو المقطع المستدير) ، حيث توضع الخامة المراد تشكيلها على القرن المستدير ويطرق عليها كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٣ .

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



شكل ٥ - ٢٣

الخصر باستخدام قرن السندان

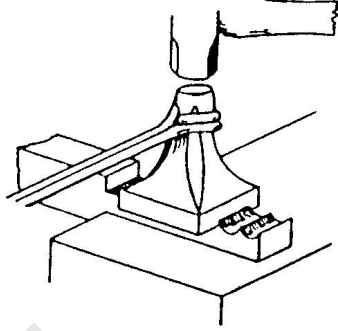
١. السندان.

٢. قرن السندان المستدير.

٣. المشغولة المراد تشكيله.

(د) السحب باستخدام بلص التسوية :

توضع الخامة السابق خصرها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٤ .

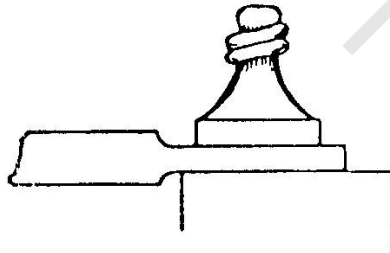


شكل ٥ - ٢٤

السحب باستخدام بلص التسوية

التسوية Flattening :

توضع الخامة السابق خصرها وسحبها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٥ . وتعتبر هذه المرحلة هي المرحلة النهائية لعملية السحب.



شكل ٥ - ٢٥

التسوية

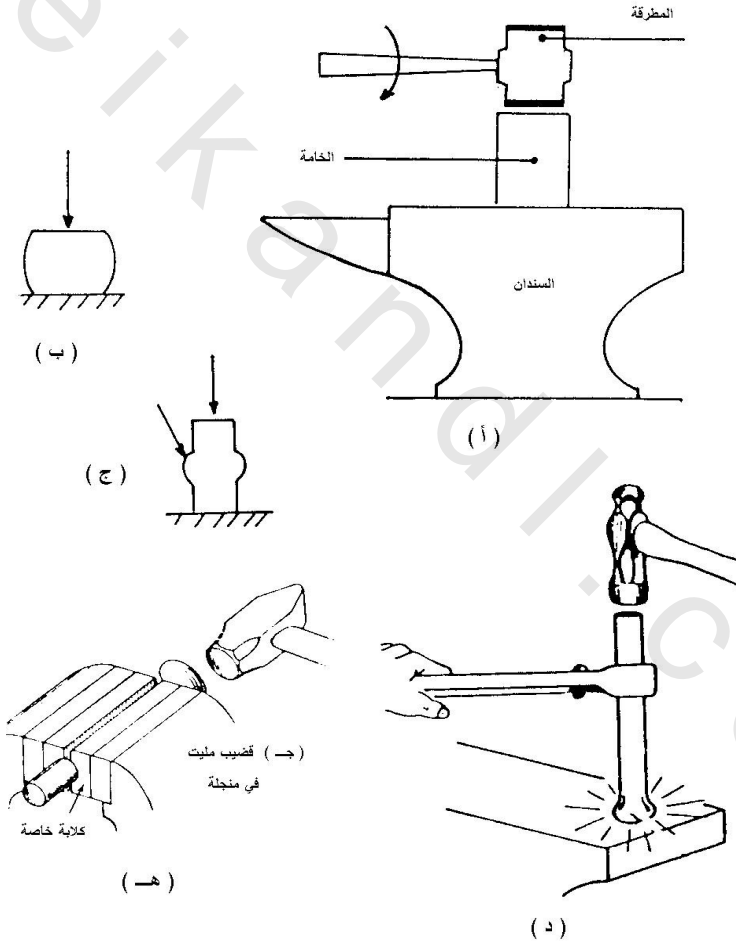
الكبس Pressing :

أساسيات هندسة الإنتاج

الكبس هو عملية لزيادة مقطع الخامة مع الانخفاض في طولها . ولتجنب انبعاج الجزء المراد كبسه .. ينبغي أن لا يزيد طول الجزء المكبوس عن مرتين ونصف من قطره.

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

شكل ٥ - ٢٦ يوضح نماذج مختلفة لعمليات الكبس.



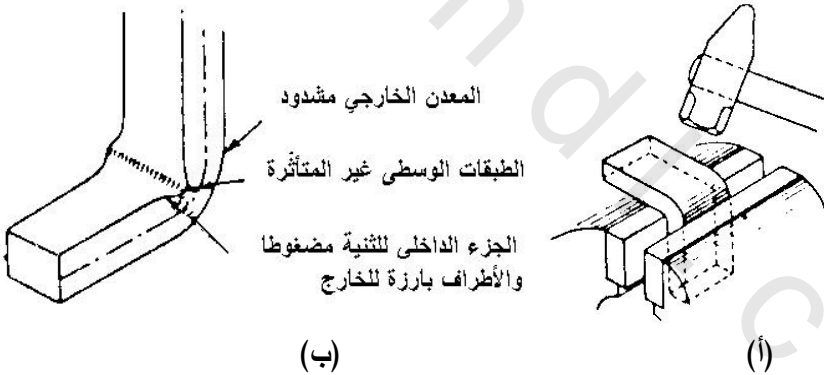
شكل ٥ - ٢٦

نماذج لعمليات كبس مختلفة

- (أ) الخامة قبل عملية الكبس.
 (ب) كبس كلي.
 (ج) كبس جزئي .. (كبس في الوسط) .
 (د) كبس جزئي .. (كبس في إحدى أطراف الشغلة) .
 (هـ) كبس جزئي لمسمار .

الثنى BENDING :

عملية الثني من العمليات الشائعة في ورشة الحدادة ، وأشكال الثني أما أن تكون على شكل منحنى أو على شكل زاوية ذات أركان حادة.
 حيث أنه إذا أجريت عملية الثني على خامة ذات مقطع منتظم .. يؤدي ذلك إلى انخفاض ملحوظ في سمك الخامة عند منطقة الثني ، الذي ينتج عنه انكماش طبقاته الداخلية ، بينما تتمدد طبقاته الخارجية كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٧ .



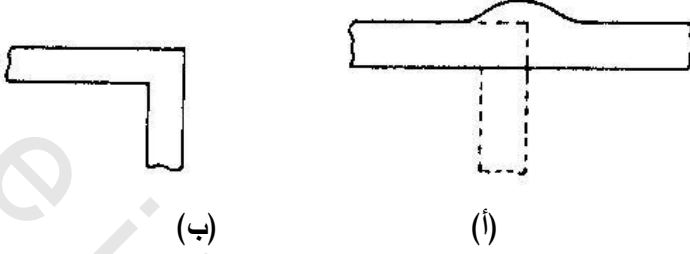
شكل ٥ - ٢٧

رداءة الشغلة لوجود تشوه في منطقة الثني

- (أ) تثبيت الشغلة في الملزمة أثناء عملية الثني.
 (ب) التأثير الخاطئ في عملية الثني.

ولإجراء عملية الثني الجيدة ، فإنه يجب تجهيز الخامة لعملية الثني ، بعمل

كبس جزئي لزيادة مقطع الخامة عند منطقة الثني ، ثم يجري عليها بعد ذلك عند المنطقة المجهزة عملية الثني المطلوبة كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٨ ، حيث يعمل المعدن الإضافي السابق تجهيزه على استكمال نقص السمك بركن الزاوية المراد تشكيلها.



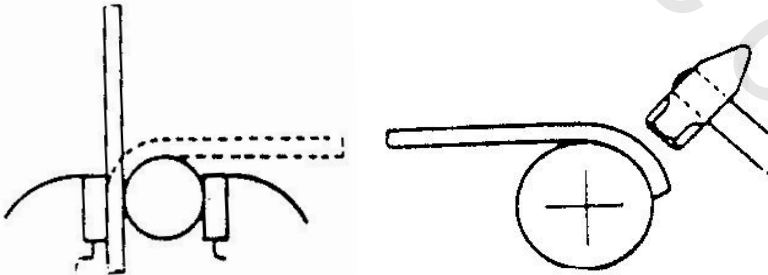
شكل ٥ - ٢٨

عملية جيدة لثني زاوية

(أ) الشغلة التي سبق إعدادها بمليء مواضع الثني.

(ب) عملية ثني جيدة.

أما عملية الثني المستدير ، فإنه يمكن تشكيله باستخدام قرن السندان المخروطي ذو المقطع المستدير ومطرقة مناسبة للتشكيل المطلوب كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٩ (أ) . كما يمكن الحصول على الثني المستدير بتثبيت طرف القضيب المراد تشكيله مع قرص مستدير ذو قطر مناسب بين فكي ملزمة وباستخدام مطرقة مناسبة شكل ٥ - ٢٩ (ب) . تتم هذه الطريقة بدون الحاجة إلى عمل كبس جزئي للشغلة.



(أ)

(ب)

شكل ٥ - ٢٩

عملية الثني المستدير

(أ) الثني المستدير باستخدام قرن السندان المستدير .

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

ويفضل استخدام التجهيزة الخاصة لعمل المنحنيات الدائرية الموضحة بشكل

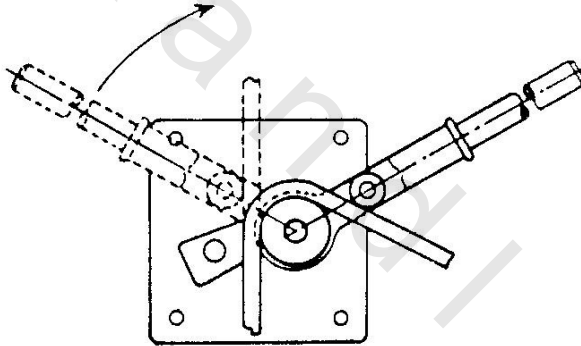
٥ - ٣٠ وذلك في حالة التشكيل الجيد أو في الإنتاج الكمي .

تتلخص هذه التجهيزة بوجود قرص ذو قطر مناسب وساق يدور حول محوره

، ويمكن استبدال القرص بآخر ذو قطر مناسب للمنحنى المطلوب تشكيله .

تتميز هذه التجهيزة بتشكيل المنحنيات المتشابهة مع توفير كبير في الوقت

والجهد .



شكل ٥ - ٣٠

التجهيزة الخاصة لتشكيل المنحنيات الدائرية

الثقب Punching :

تجري عملية الثقب باستخدام السنك الموضح بشكل ٥ - ٣١ ، بحيث تتم هذه

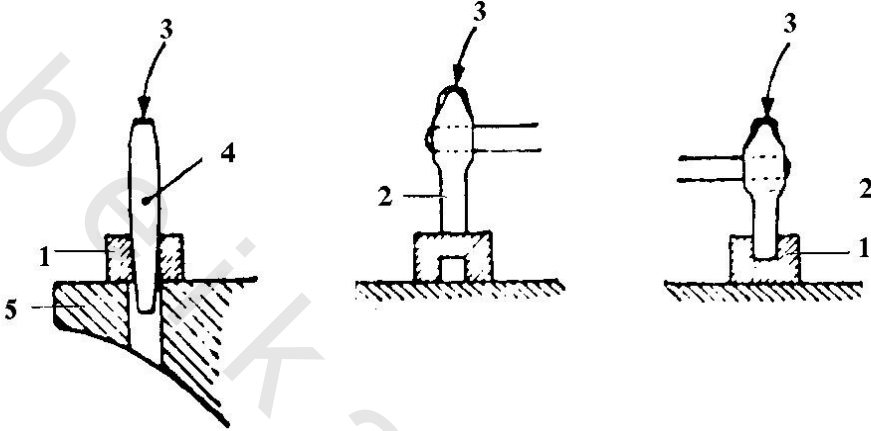
العملية على مرحلتين ، كل مرحلة من ناحية .. وذلك لعدم إصطدام السنك بالسندان ،

ثم يوسع الثقب باستخدام ضابط الثقب الموضح برقم ٤ بالشكل بالمقاس المطلوب .

أساسيات هندسة الإنتاج

بذلك يمكن عمل ثقب على شكل مستدير أو مربع أو مستدق (مسلوب) إلخ ، حسب شكل ومقاس السنبك النهائي المستخدم.

يستخدم السندان أو زهرة التشكيل كساند للشغلة.



شكل ٥ - ٣١

عملة الثقب باستخدام سنبك

١. الشغلة المراد ثقبها.

٢. سنبك الثقب.

٣. اتجاه الطرق.

٤. ضابط الثقب.

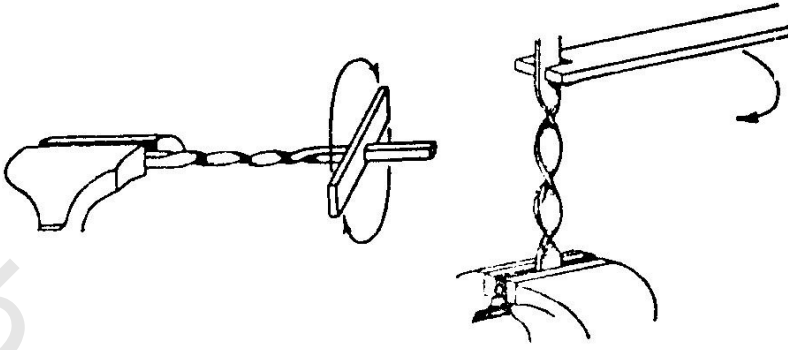
٥. سندان.

اللي Torsion :

هي عملية تشكيل قضيب معدني على البارد أو على الساخن وذلك بدوران الجزء

المراد تشكيله حول محوره شكل ٥ - ٣٢.

تجري عملية اللي باستخدام وسيلة محكمة للدوران.



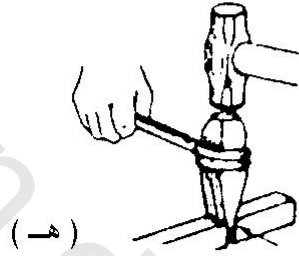
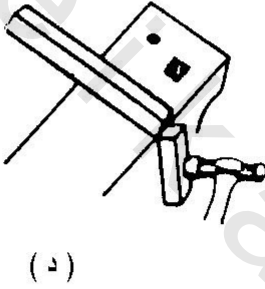
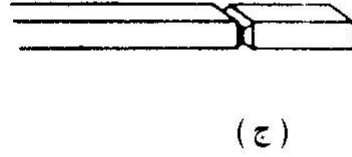
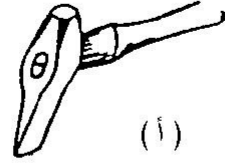
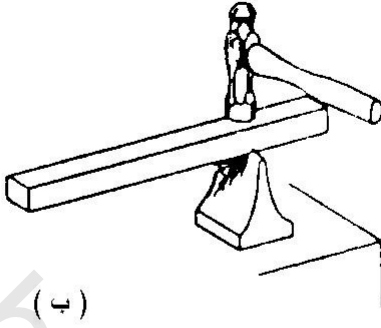
شكل ٥ - ٣٢
عملية اللي

القطع Cutting :

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

يستخدم لذلك المقاطع ، حيث يثبت قاعدة المقطع في السندان ، وتوضع الشغلة في المكان المحدد بين قاعدة المقطع ووجه المقطع ، ثم يطرق على القاطع باستخدام مطرقة مناسبة حتى يتم القطع (الفصل) كما هو موضح بشكل ٥ - ٣٣.

يمكن إجراء هذه العملية على البارد باستخدام المقطع البارد ذو الحد القاطع الذي يبلغ حده القاطع ٦٠ ° ، أو على الساخن باستخدام المقطع الساخن الذي يبلغ حده القاطع ٣٠ ° .



شكل ٥ - ٣٣

عملية القطع في ورشة الحدادة

- (أ) مقطع ساخن ، قيمة زاوية الحد القاطع 30° .
- (ب) عملية القطع علي الساخن .
- (ج) المشغولة المراد قطعها شبه جاهزة لعملية الفصل .
- (د) عملية القطع النهائي (الفصل) .
- (هـ) عملية قطع علي البارد ، قيمة زاوية الحد القاطع 60° .

اللحام WELDING :

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

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

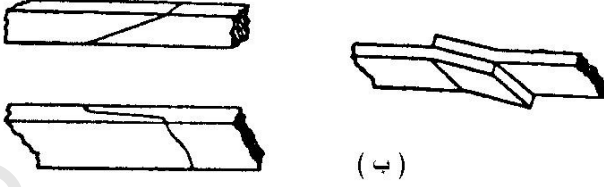
تسخن أماكن المشغولات المطلوب لحامها إلى درجة حرارة تجعلها في حالة تعجن ، وأثناء عملية التسخين يرش سطح هذه الأماكن بالفلكس .. وهو خليط من الرمل الناعم والبوراكس ، أو يرش بالبوراكس وكلوريد الألومنيوم ، ثم توضع الأطراف المراد لحامها على بعضها البعض ويترك عليها .. ويركز الطرق على الأماكن المطلوب لحامها حتى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

توجد عدة طرق للحام المعادن بالطرق كما هو موضح بشكل ٥ - ٣٤ كالآتي

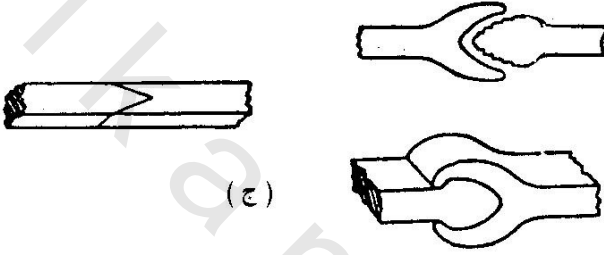
-:



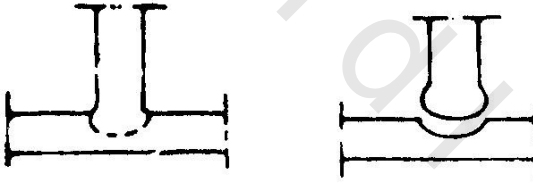
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

شكل ٥ - ٣٤

الطرق المختلفة لعمليات اللحام بالطرق

- (أ) لحام متقابل.
- (ب) لحام مائل.
- (ج) لحام خابور.
- (د) لحام متعامد.

تشكيل المعادن بالوصل

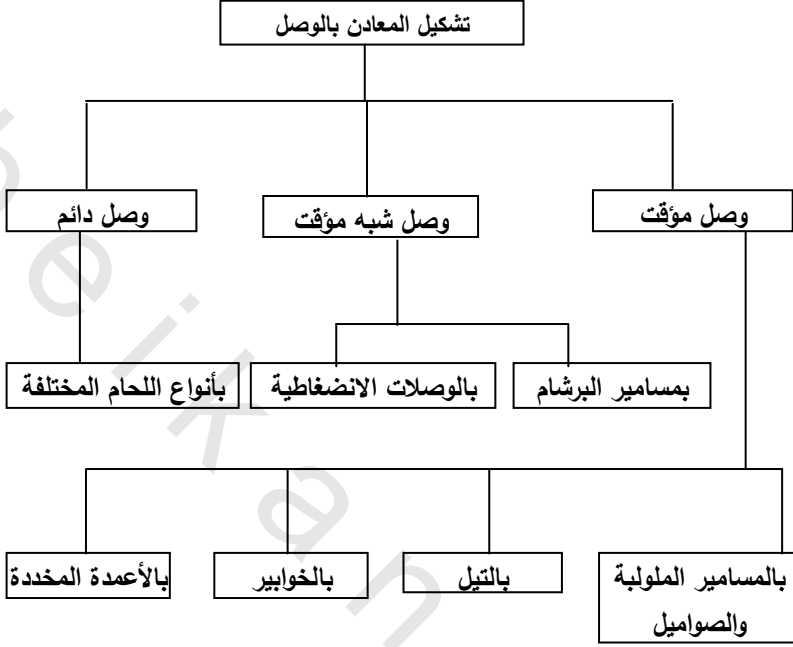
Metals forming by joining

تتلخص عمليات تشكيل المعادن بالوصل من خلال تجميع جزأين أو أكثر مع بعضهما البعض ، وبذلك يمكن تشكيل العديد من المنتجات ذات الأشكال الخاصة أو المعقدة التي لا يمكن تصنيعها بالطرق الميكانيكية المعتادة .

فعلی سبیل المثال لا الحصر يتم تجميع الأجزاء المعدنية المختلفة الأشكال والأحجام للحصول على منتجات مختلفة مثل أسقف الورش - الكباري الحديدية - خطوط أنابيب البترول والمياه - خطوط السكك الحديدية - السيارات - الروافع - الآليات الميكانيكية المختلفة - المراحل البخارية وأوعية الضغط ... وغيرها من المنتجات التي يصعب تصنيعها بالطرق الميكانيكية المعتادة ، وذلك من خلال تقسيمها إلى عدة أجزاء صغيرة وبسيطة ، وتصنيع كل جزء منها على حدة ، ثم توصل هذه الأجزاء مع بعضها البعض للحصول على المنتج بالشكل والأبعاد المحددة المطلوبة .

طرق الوصل : Ways Of Joining

يمكن وصل الأجزاء المعدنية المختلفة بعضها ببعض للحصول على منتج بالشكل المطلوب بإحدى الطرق الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٥ - ٣٥ .



شكل ٥ - ٣٥

وصل الأجزاء المعدنية المختلفة

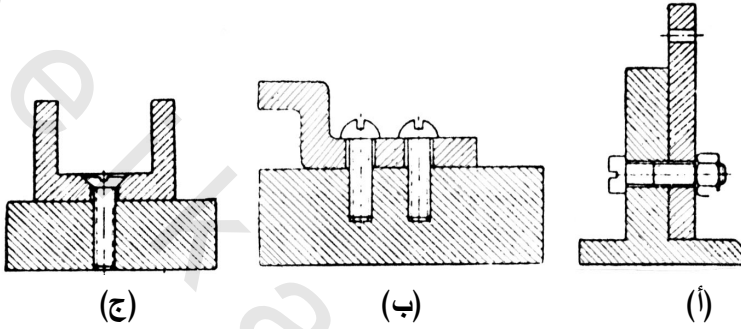
أولاً : الوصل المؤقت Temporary Joining

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

الوصل بالمسامير الملولبة والصواميل :

تتميز هذه الطريقة بإمكانية فك الوصلة في أي وقت ، كما يمكن إعادة ربطها عند الحاجة إلى ذلك .

تجهز الأطراف المراد وصلها وذلك بعمل ثقب أو عدد من الثقوب ، ويتحدد عدد الثقوب اللازمة لعمليات الوصل وأقطارها حسب قوة الوصل المطلوبة وكذلك أقطار المسامير المطلوبة المستخدمة ، ثم تستعمل المسامير الملولة والصواميل في عملية التثبيت كما هو موضح بشكل ٥ - ٣٦ من خلال ربطهم جيدا .



شكل ٥ - ٣٦

الوصلات الخالية من وسائل الزنق

- (أ) التوصيل بمسمار ملول ببرا أسطوانى وصامولة .
- (ب) التوصيل بمسمار ملول برأس نصف دائري ،
- (ج) التوصيل بمسمار ملول برأس غاطس .

الوصل بالتيل Joining By Pins :

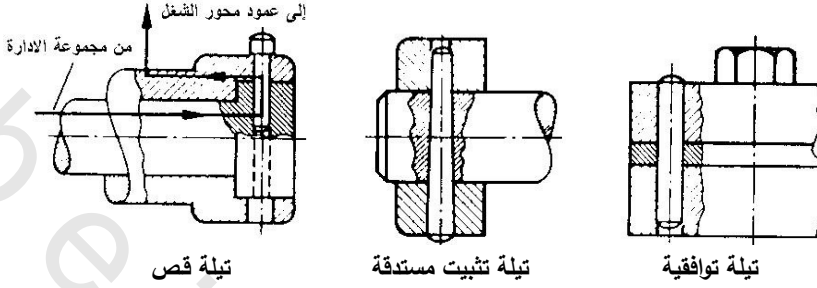
تتشابه أشكال التيل مع أشكال المسامير المختلفة الأشكال والأقطار ، لذلك تسمى بالمسامير الإصبعية .
يوجد أنواع وأشكال مختلفة من التيل ، يميز كل منها الآخر حسب الغرض من الاستعمال .

يمكن تقسيم التيل إلى الأنواع الثلاثة الموضحة بشكل ٥ - ٣٧ كالآتي :-

١. تيلة توافقية FIT PINS.

٢. تيلة تثبيت .FIXING PINS

٣. تيلة قص .SHEARING PINS



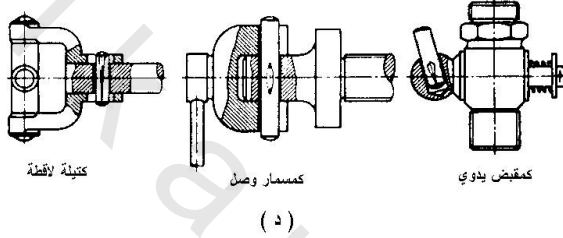
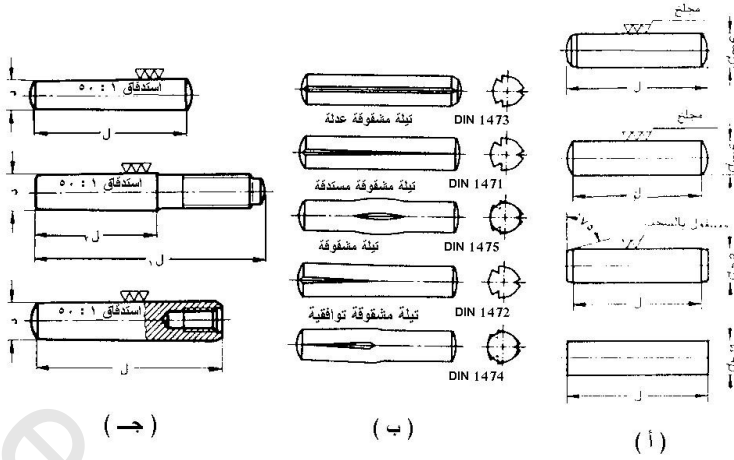
شكل ٥ - ٣٧

أنواع التيل

يوجد أشكال ومواصفات لتيل الوصل المختلفة . يتوقف اختيار الشكل والموصفة

المناسبة على الغرض من الاستخدام وطريقة التثبيت وتكاليف الإنتاج.

شكل ٥ - ٣٨ يوضح أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها .



شكل ٥ - ٣٨

أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها

(أ) تيل أسطوانية .

(ب) تيل أسطوانية مشقوقة إيلاجية .

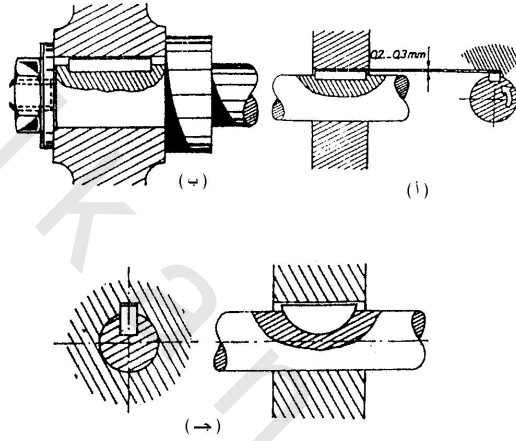
(ج) تيل مستدقة .

(د) أمثلة على استخدامات التيل المستدقة .

الوصل بالخوابير Joining By Wedges

تستخدم الخوابير بصفة عامة في وصل الأجزاء الدوارة المثبتة على الأعمدة والمحاور ، وأقرب مثال لذلك هو استخدامها في وصل بكرات (طنابير) السيور والتروس والحدافات مع الأعمدة والمحاور ، حيث يثبت الخابور بالمواصفات المناسبة بالفجوة المخصصة له بين الأجزاء المراد وصلها . ومهمة الخوابير هي وصل الأجزاء

الدوارة مع بعضها البعض ، وعدم دوران أي جزء دون دوران الجزء الآخر معه .
توجد الخوابير بأنواع وأشكال مختلفة ، يتم اختيار الخابور المناسب حسب
تصميم الأجزاء المكنية المراد وصلها ، ومقدار القوى المنقولة ، والظروف الفنية
الأخرى مثل إمكانية تجميعها وفكها ، ونوع المادة المستعملة الخ.
ويمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين الموضحين بالجدول شكل ٥ - ٣٩
هما :-



شكل ٥ - ٣٩

بعض نماذج لوصلات الخوابير المتوازية

- (أ) تثبيت الخابور المتوازي المنزلق بين المحور أو العمود والجسم المطلوب دورانه.
- (ب) استخدام الخابور المتوازي الغاطس في نقل عزم الدوران بين الأعمدة والأجزاء المطلوب توصيلها .
- (ج) استخدام الخابور المتوازي المستدير في نقل عزم الدوران بين الأعمدة والأجزاء المراد دورانها .

ثانيا : الوصل غير الدائم

يمكن الحصول على الوصل شبه مؤقت للأجزاء المكنية المختلفة باستخدام
مسامير برشام كالاتي :-

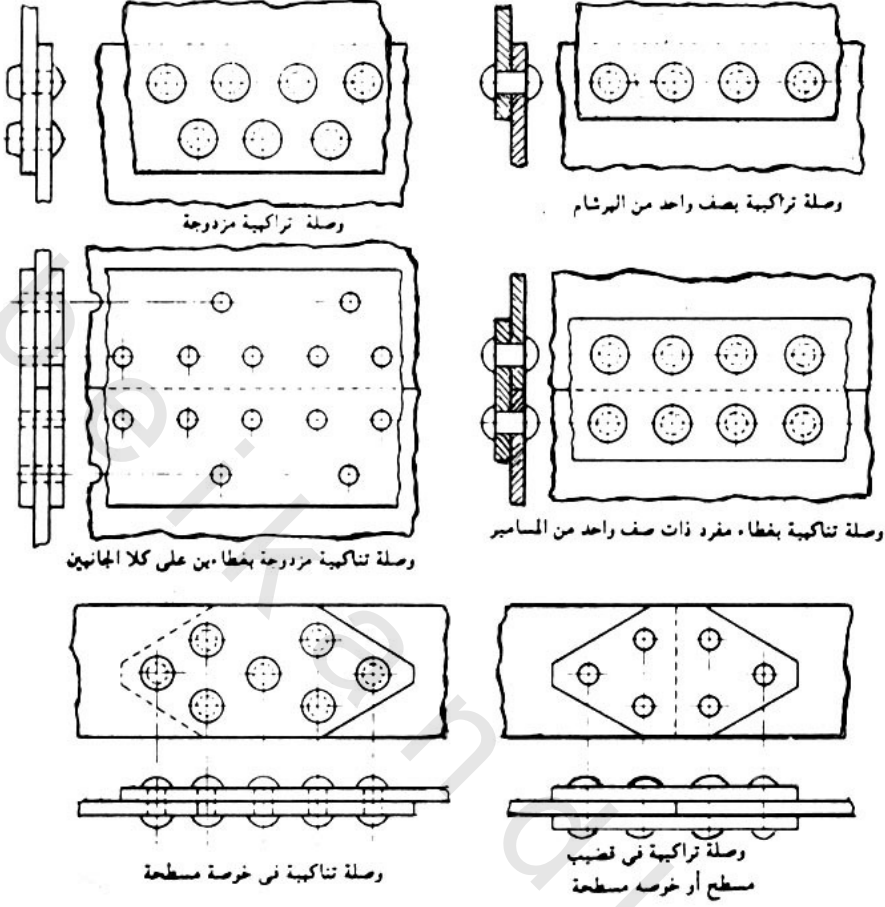
الوصل بمسامير البرشام Joining With Rivets:

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

تتم عملية الوصل بهذه الطريقة بعمل الثقوب في الأجزاء المطلوب وصلها ببعضها البعض ، حيث توضع مسامير البرشام في الثقوب ، ويطرق على رؤوس المسامير باستخدام مطرقة يدوية مناسبة أو باستخدام إحدى آلات البرشمة الميكانيكية أو الكهربائية ، وذلك لإحكام الوصل بين الأطراف ومنعها من الانفصال .

تصنع مسامير البرشام من الألومنيوم والنحاس والصلب ، ويتم اختيار المناسب منها في عمليات التوصيل المختلفة من حيث نوع المعدن - القطر - الطول - شكل رأس المسمار - طريقة التركيب ، بحيث يكون قطر المسمار يعادل مرة ونصف من سمك الوصلة (الأجزاء المراد وصلها) ، أما الطول فيكون ضعف القطر .

تتوقف وظيفة الأجزاء المراد وصلها على طريقة ترتيب مسامير البرشام كما هو موضح بشكل ٥ - ٤٠ ، فإنشاء الصهاريج مثلاً يحتاج إلى نوع من وصلات البرشام التي تؤدي إلى الإحكام الشديد مع منع تسرب السوائل.



شكل ٥ - ٤٠

بعض أنواع وصلات البرشام

الوصل الدائم : Permanent Joining

الوصل الدائم يتمثل في اللحام بأنواعه المختلفة التي تجرى على الأجزاء المعدنية لتوصيلها ببعضها البعض توصيلاً متيناً ، حيث أصبح من الممكن الآن باستعمال المواد والأساليب المناسبة ، توصيل معظم المعادن باللحام . ويتم اللحام عادة باستعمال طاقة حرارية وتسلط ضغط على الأجزاء الجارية وصلها ، أو باستعمال طاقة حرارية بدون تسليط ضغط على الإطلاق.

طرق الوصل الدائم : Ways Of Permanent Joining

سبق التنويه إلى أن الوصل الدائم هو يعنى وصل المعادن المختلفة باللحام بأنواعه المختلفة . ويمكن تقسيم وصل المعادن باللحام إلى الأنواع التالية :-

١. اللحام بالسبائك غير الحديدية :

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام القصدير .. (اللحام الرخو).

(ب) لحام المونة .. (اللحام الصلب).

٢. اللحام بالانصهار :

يشتمل على الآتي :-

(أ) اللحام بالغاز .

(ب) اللحام بالقوس الكهربائي.

(ج) اللحام بالثرميت.

٣. اللحام بالضغط على الساخن :

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام الحدادة.

(ب) لحام المقاومة الكهربائية.

اللحام بالسبائك غير الحديدية :

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

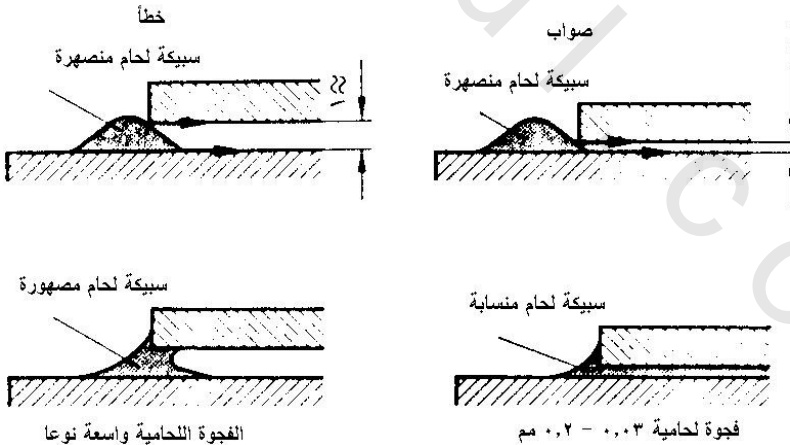
ينقسم اللحام بالسبائك الغير حديدية إلى نوعين أساسيين هما :-

١. اللحام بالقصدير.

٢. اللحام المونة.

اللحام بالقصدير (اللحام الرخو): (Soft Soldering)

الوصلات التي يتم لحامها بالقصدير تكون ذات متانة أكثر كلما انخفض سمك سبيكة اللحام ، بشرط توفر الظروف المناسبة لعملية اللحام . شكل ٥ - ٤١ يوضح الطرق الصحيحة والخاطئة من حيث سمك الفجوة اللحامية ، وانسياب سبيكة اللحام بالفجوة بشكل أفضل كلما انخفض البعد بين السطحين المراد وصلها .. وبالتالي انخفاض سمك سبيكة اللحام.

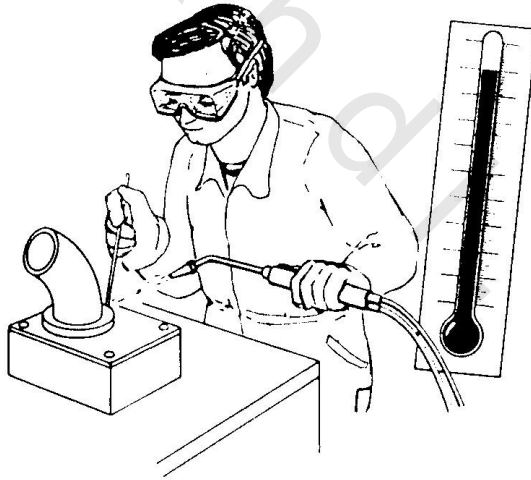


شكل ٥ - ٤١

الطرق الصحيحة والخاطئة للحام
وانسياب السبيكة بفعل التأثير والتجاذب الشعري

الحام بالمونة (الحام الصلب) : Brazing

لا يختلف هذا النوع من اللحام عن اللحام الرخو (الحام بسبيكة القصدير) .. إلا أن عملية اللحام بالمونة تتطلب درجة حرارة أعلى من تلك التي تتطلبها عملية اللحام بالقصدير ، حيث تنصهر سبيكة لحام المونة عند درجة أكثر من ٤٥٠°C . يستخدم في هذا النوع من اللحام الطاقة الحرارية عن طريق لهب غازي ، الذي يوجه إلى منطقة الوصل كما هو موضح بشكل ٥ - ٢ ، حيث تسخن أطراف الوصلة إلى درجة متوسطة فقط ، ثم يصهر بين طرفي الوصلة سبيكة أخرى درجة انصهارها أعلى من درجة انصهار الأجزاء المطلوب وصلها ، وتقوم هذه السبيكة ببلل طرفي الوصلة ، وتنساب السبيكة المنصهرة بالحيز السطحي بطرفيها وتندمج مع ذرات سطحها ، ويحدث الوصل بعد انتقال السبيكة من حالة السيولة إلى حالة التجمد .



شكل ٥ - ٢

الحام بالمونة .. (الحام الصلب)

تستخدم طريقة اللحام بالمونة على نطاق واسع في إنتاج العديد من المنتجات

المركبة من قطع صغيرة ، تجمع هذه القطع ويتم وصلها باللحام ، ويمكن أن يتم التسخين عن طريق لهب الأكسي إستيلين أو الأكسوجين ، أو أي وقود غازي آخر.

مساعدات اللحام : Fluxes

تتحد المعادن أثناء تسخينها بأكسوجين الهواء ، مما يؤدي إلى تكون أكاسيد قشرية على سطح المعدن ، وهذه الأكاسيد القشرية تمنع انسياب وتشابك سبيكة اللحام مع المشغولة المراد لحامها.

وللحصول على لحام مثالي ، فإنه يجب استخدام مساعد لحام (مساعد صهر) ، حيث يعمل على تكوين طبقة عازلة لعدم وصول أكسوجين الهواء إلى المشغولة ، وبالتالي عدم تكون الطبقة الإكسيدية ، كما يمنع ارتداد الأكسوجين إلى موضع اللحام ، أي وقاية مصهور اللحام من التأكسد مرة أخرى.

توجد مساعدات اللحام على شكل مسحوق أو سائل أو معجون ، ويتم اختيار مساعد اللحام المناسب بحيث يكون نقطة انصهاره أقل من نقطة انصهار سبيكة اللحام بقدر كافي ، كما يجب أن تكون قابلية انتشاره جيدة.

مميزات اللحام الصلب :

يتميز اللحام الصلب (لحام المونة) بعدة مميزات أهمها الآتي :-

١. الحصول على وصلات قوية جدا ولها متانة عالية.
٢. تحقيق الوصل بين الأجزاء ، مما يؤدي إلى اقتصاد كبير في المعدن المستخدم.
٣. تبسيط تصميم المنتجات ، الذي يؤدي إلى سهولة تصنيعها وتجميعها .. وبالتالي الاقتصاد في الأيدي العاملة.
٤. انخفاض زمن التشكيل.
٥. إمكانية وصل المعادن الغير متماثلة.
٦. تحمل الاجهادات العالية.
٧. تكاليف معتدلة.

اللحام بغاز الأكسي إستيلين

Oxy – acetylene welding

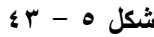
اللحام بالغاز يسمى أيضا اللحام الذاتي ، حيث تنصهر المعادن عند موضع اللحام بلهب شديد الحرارة لأحد غازات الاحتراق مثل الاستيلين - الهيدروجين - البروبين - الغاز الطبيعي (غاز الاستصباح).

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

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

تجري عملية اللحام بإعداد أطراف الأجزاء المراد وصلها بالشكل المطلوب ، وتنظيفها جيدا ، ثم يسخن موضع اللحام حتى ينصهر المعدن المعرض له ، وحينئذ يضاف سلك حشو من مادة تشبه المعدن الأصلي على هيئة سيخ لحام ينصهر طرفه كما هو موضح بشكل ٥ - ٤٣ وبفعل شدة حرارة اللهب ، ينصهر طرف سلك اللحام ويختلط مع المعدن المنصهر حتى يمتلئ الفراغ المجهز في منطقة اللحام.

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



٨. اتجاه اللحام.

حوالي ١.٢ . ١ ، يضاف إليه من ١.٣ . ١.٥ أكسوجين مستمد من الهواء الجوي .
ولتحقيق أعلى طاقة حرارية ممكنة عند إجراء عمليات اللحام المختلفة ، تضبط
صمامات غازات الأكسوجين والاستيلين بمشعل اللحام (بوري اللحام) ، وذلك للتحكم في
خليط غاز الأكسي استيلين للحصول على اللهب المناسب في عملية اللحام .
تضبط صمامات مشعل (بوري) اللحام بالضبط العادي أو ما يسمى بالضبط
المتعادل عند خلط الأكسوجين مع الاستيلين بنسبة ١ : ١ إلى ١ : ١.٢ وذلك
للحصول على أعلى طاقة حرارية ممكنة.

أنواع لهب الأكسي استيلين : types of oxy – acetylene flame

يتكون عند استعمال الخليط الغازي شعلة من اللهب ، قد يكون هذا اللهب
متعادل ، مؤكسد ، مكرين ، وذلك حسب نسبة الأكسوجين إلى الاستيلين ، وشكل ٥ -
٤ يوضح رسم تخطيطي لبنية لهب اللحام المعتاد الذي يتكون من ثلاثة مناطق وهم
كالآتي :-

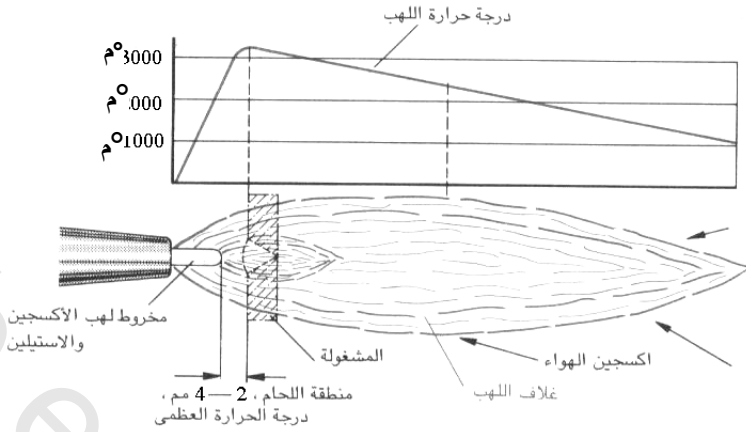
١. منطقة النواة :

تسمى هذه المنطقة بالشعلة ، أو بالسهم المضيء ، أو بالقلب الغازي .. وهي
عبارة عن خليط من الجزيئات المتوهجة للاستيلين والأكسوجين ، لونها أبيض خاظم .
٢. المنطقة المختزلة :

تسمى هذه المنطقة أيضاً بمخروط اللهب .. وهي تحيط بالمنطقة السابقة
(منطقة النواة) ، وهي على شكل هالة زرقاء اللون ، مكان هذه المنطقة على بعد ٣
إلى ٥ ملليمتر من المركز ، حيث تتولد بها أقصى درجة حرارة ، ويستعمل لهب هذه
المنطقة في صهر المعادن .

٣. المنطقة المؤكسدة :

تسمى هذه المنطقة أيضاً بالمنطقة الخارجية للهب ، أو اللهب الشارد .. وهي
تحيط بالمنطقتين الداخليتين ١ ، ٢ . لون هذه المنطقة أصفر مائل إلى الاحمرار .



شكل ٥ - ٤٤

رسم تخطيطي الأكسي استيلين

مميزات اللحام بالأكسي استيلين :

يتميز غاز الاستيلين على الغازات الأخرى بالمميزات التالية :-

١. يعطي لهب بأعلى درجة حرارة ممكنة.
٢. إمكانية لحام العديد من المعادن الحديدية والغير حديدية.
٣. سهولة نقل معدات اللحام إلى أي مكان.
٤. انخفاض من الاجتهادات الداخلية من خلال انتقال الحرارة إلى أكبر مساحة للمشغولة أثناء لحامها.
٥. تكاليفه منخفضة.

ملاحظة هامة :

عند إشعال بوري اللحام يجب فتح صمام الأكسوجين أولاً ، ثم صمام غاز الاستيلين أثناء اقتراب الفوهة من مصدر الاشتعال .
ويحدث العكس عند غلق شعلة مشعل (بوري اللحام) ، أي يغلق صمام

الاستيلين أولاً ، ثم يغلق صمام الأكسوجين .

القطع باللهب الأكسي استيلين

Cutting with oxy - acetylene flame

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

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

شروط القطع باللهب : Rules Of Flame Cutting

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

١. تسخين نقطة البداية حتى الوصول إلى درجة الاحمرار ، تمهيدا لدفع الأكسوجين النقي (أكسوجين القطع) .

٢. الاحتفاظ بدرجة الاحمرار الدائم طول مدة القطع ، وذلك بالاستمرار في التسخين ، بشرط ألا يكون هذا التسخين سطحيا فقط ، بل يجب أن يكون التسخين بكامل سمك المعدن المراد قطعه .

٣. يجب أن تكون فوهة المشعل قريبة جدا من منطقة القطع ، بحيث تكون المسافة بينهما ما بين ٣ . ٤ ملليمتر ، وتظل هذه المسافة ثابتة حتى الانتهاء من عملية القطع .

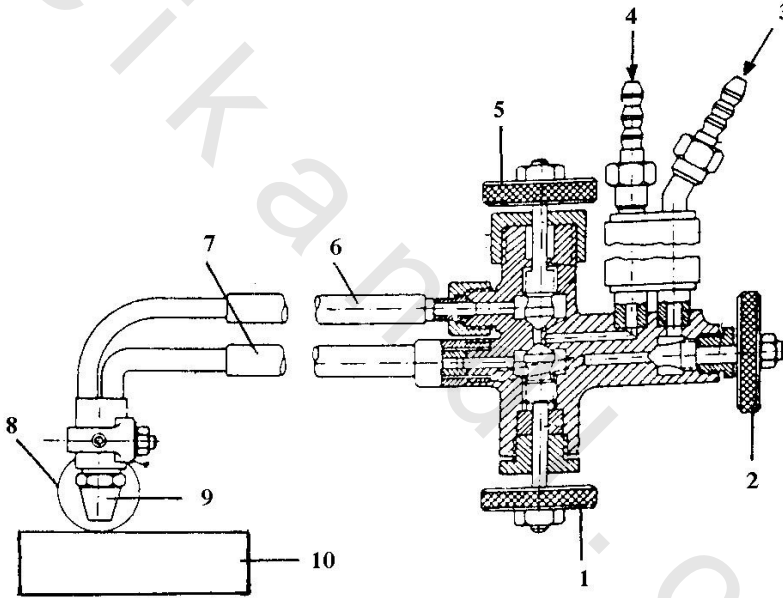
٤. تتوقف عملية القطع عند هبوط درجة الحرارة في منطقة التأثير ، ولا تستأنف إلا بعد رفع درجة حرارة الجزء المراد قطعه إلى درجة حرارة بداية القطع .

٥. يجب أن تكون الحرارة المتولدة من الاحتراق كبيرة .. بحيث تتناسب كمية الأكسوجين المستعملة مع سمك المعدن المراد قطعه.

مشعل القطع : Cutting Torch :

يتشابه مشعل القطع الموضح بشكل ٥ - ٤٥ مع مشعل اللحام باختلاف إضافة وصلة للأكسوجين النقي الذي يسمى بأكسوجين القطع.

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



شكل ٥ - ٤٥

مشعل القطع

١. صمام تحكم في غاز الأكسوجين النقي.
٢. صمام تحكم في غاز الاستيلين.
٣. دخول غاز الاستيلين.
٤. دخول غاز الأكسوجين.

٥. صمام تحكم في غاز أكسوجين القطع.
٦. ماسورة غاز أكسوجين القطع.
٧. ماسورة الغاز المخلوط بين الأكسوجين والاستيلين.
٨. عجلة لسهولة التحرك على سطح المعدن ، ولضمان عدم تغيير البعد بين فوهة المشعل و سطح القطع.
٩. رأس القطع .. (فوهة البوري).
١٠. المشغولة.

زود مشعل القطع عند الفوهة بعجلة لحفظ البعد بين المشعل والجزء المراد قطعه مع توجيهه توجيهاً سليماً.

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

عمليات قطع المعادن باللهب : Processes Of Metals Cutting With Flame :

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

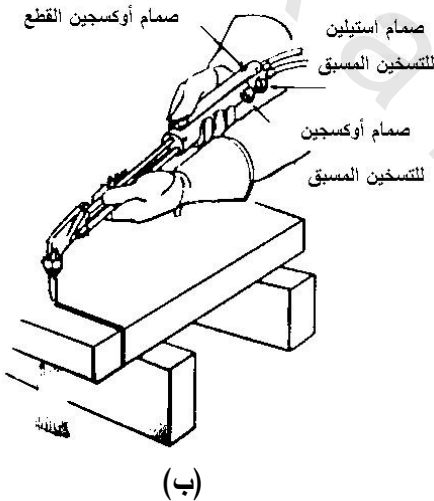
ويمكن قطع المعادن بأشكال مختلفة يدوياً أو بتجهيزات ميكانيكية . وأكثر عمليات قطع المعادن باللهب هي القطع المستقيم والقطع الدائري .. وفيما يلي عرض لهذه العمليات.

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

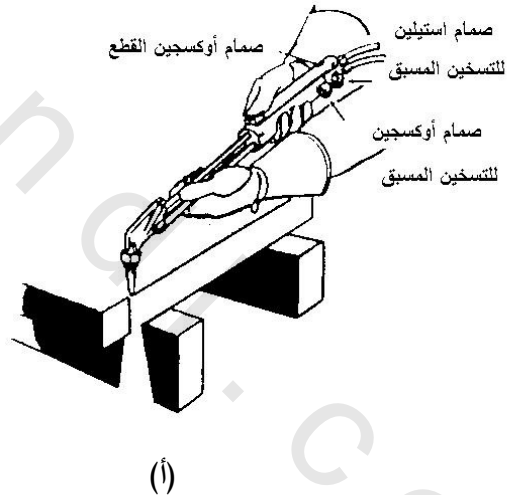
- مراجعة مشعل القطع والتأكد من أن رأس القطع بمقاس يتناسب مع سمك المعدن المراد قطعه.
- مراجعة منطقة القطع بحيث تكون واضحة المعالم ، أو رسم خطوط على سطح المعدن للجزء المراد قطعه.
- يشعل بوري القطع ، ويبدأ بتسخين نقطة البداية من أحد أطراف السطح

المعدني، من خلال توجيه فوهة البوري إلى منطقة القطع بالوضع الصحيح كما هو موضح بشكل ٥ - ٤٦ (أ) ، بحيث تكون المسافة بين فوهة البوري وسطح المعدن ما بين ٣ . ٤ ملليمتر ، وبشكل اللهب مع منطقة القطع زاوية قدرها ٩٠° ، ويميل البوري بزاوية قدرها خمس درجات تقريبا في اتجاه سير القطع.

- تسخن منطقة البداية إلى أن تصل إلى درجة الاحمرار.
- السماح للأكسوجين النقي الخاص بالقطع بالاندفاع من فوهة البوري ، وينتظر حتى يشق المعدن من تلك البقعة الصغيرة.
- تحريك البوري بسرعة مناسبة وثابتة ، مع الاستمرار في عملية القطع على طول الخط المرسوم كما هو موضح بشكل ٥ - ٤٦ (ب).



(ب)



(أ)

شكل ٥ - ٤٦

القطع في خط مستقيم

(أ) الوضع الصحيح لبدء عملية القطع.

(ب) استمرار عملية القطع.

اللحام بالقوس الكهربائي

Electric arc welding

يسمى أيضا باللحام بالكهرباء ، وهو أحد أنواع اللحام بالصهر . تتميز طريقة اللحام بالقوس الكهربائي على سائر الطرق الأخرى في عمليات اللحام بمميزات عديدة، لذلك فإن انتشارها يبلغ نحو ٩٠ % من مجموع طرق اللحام بالصهر. في هذه الطريقة يتم تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تؤدي إلى صهر موضعي للأطراف المراد توصيلها لإجراء عملية اللحام المطلوبة.

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

مبدأ عمل القوس الكهربائي : Working Principle Of Electric Arc

يولد القوس الكهربائي درجة حرارة عالية تصل إلى ٣٢٠٠ ° ، هذه الحرارة تكفي لانصهار موضعي للأطراف المعدنية المراد وصلها ، ومبدأ عمل القوس هو إحداث تفريغ عند مرور تيار شديد من الإلكترونات عبر الثغرة الضيقة بين الإلكترود (سلك اللحام) والجزء المراد لحامه.

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

الوصل ، وتتم عملية اللحام.

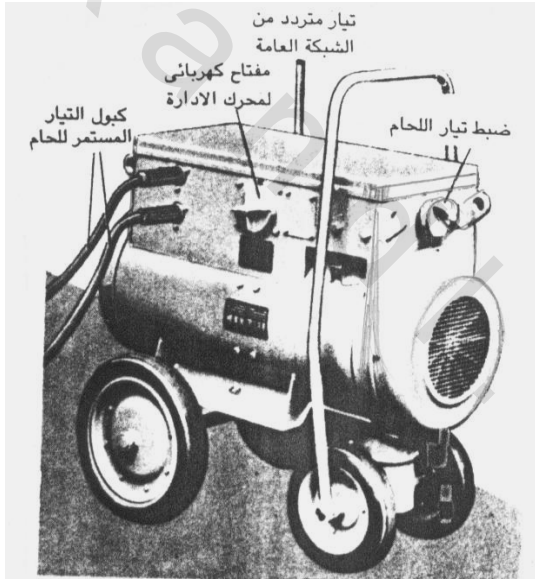
أنواع اللحام بالقوس الكهربائي : Types Of Electric Arc Welding :

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

أولاً : استخدام التيار المستمر Using D.C.

تسمى هذه الطريقة باللحام بالأقطاب الكربونية ، ويستخدم لهذا الغرض تيار مستمر من خلال محول كهربائي موضح بشكل ٥ - ٤٧ لتحويل التيار المتغير .. (المتردد) إلى تيار مستمر .

يتكون المحول الكهربائي من محرك كهربائي يعمل بجهد الشبكة ٢٢٠ أو ٣٨٠ فولت ، ومولد كهربائي ينتج تيار مستمر . المحرك والمولد مركبان داخل بدن واحد ، ويمكن ضبط تيار اللحام من خلال مقبض يدوي .



شكل ٥ - ٤٧

محول كهربائي لتحويل التيار المتغير إلى تيار مستمر

يجري هذا النوع من اللحام عن طريق استخدام أقطاب كربونية ، وأسلاك لحام

حشو كما هو الحال في اللحام بالغاز، وتتم عملية اللحام بالقوس الكهربائي باستخدام التيار المستمر، كما هو موضح بشكل ٥ - ٨ باتباع الخطوات التالية:-

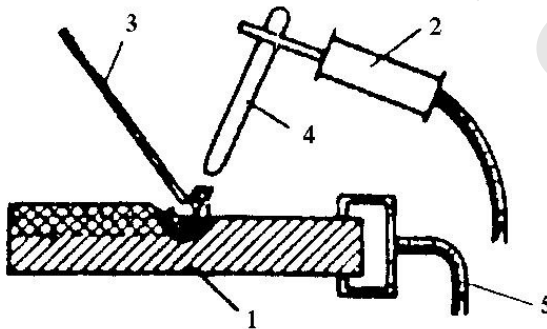
١. يوصل الكبل (سلك موصل للكهرباء ذو قطر كبير) وهو القطب الموجب ٥ للتيار المستمر المولد من المحول للجزء المراد لحامه ١.

٢. يوصل سلك القطب السالب بالقطب الكربوني ٤، وقمطه من خلال المقبض المعزول ٢، وظيفة القطب الكربوني لا تعدو عن كونها طرفا في قوس يتولد عنه طاقة حرارية عالية فقط.

٣. يستخدم الإكترود (سلك اللحام) ٣ للحشو، الذي ينصهر نتيجة للحرارة العالية المنبعثة من القوس ويتساقط ليملاً الفراغ المجهز بالجزئين المراد وصلهما، وبذلك يختلط الجزء المنصهر من سلك اللحام مع أطراف المعدن المنصهر في منطقة التسخين، مكوناً على المشغولة ما يسمى بدرزة، وتتم عملية الوصل باللحام عندما تتجمد المادة المنصهرة بمنطقة التسخين.

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

تصنع هذه الأقطاب بأقطار تتراوح ما بين ٨ - ٣٠ ملم، وطولها ما بين ٢٠٠ - ٣٠٠ ملم.



شكل ٥ - ٨

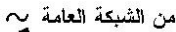
اللحام اليدوي باستخدام الأقطاب الكربونية

١. الجزء المراد لحامه.
 ٢. ماسك .. (مقبض معزول).
 ٣. سلك لحام .. (الكتروود).
 ٤. قطب كربوني أو جرافيتي.
 ٥. كبل سالب.
- تستخدم هذه الطريقة في لحام الأجزاء المصنوعة من الصلب ذات التخانات الصغيرة ، والسبائك الغير طرية والرقيقة ، كما تستخدم في لحام الشقوق والفجوات بالمسبوكات.
- تعتبر طريقة اللحام بالقوس الكهربائي بالتيار المستمر باستخدام الأقطاب الكربونية من الطرق النادرة الاستخدام ، حيث تقتصر هذه الطريقة على حالات خاصة.

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

تسمى هذه الطريقة أيضا بقوس الأقطاب المعدنية ، وهي من أكثر طرق اللحام بالقوس انتشارا ، وعادة تجرى هذه الطريقة باستخدام التيار المتغير (المتردد) ، بحيث يكون التيار المار فيه منخفض الجهد ، عالي الشدة ، ويمكن أن تصل درجة حرارة القوس الكهربائي الناتج إلى نحو ٣٢٠٠°م.

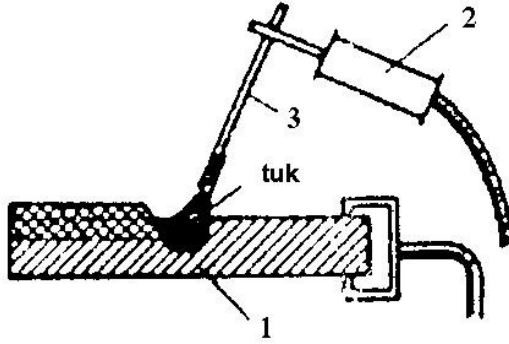
يستخدم لها الغرض محول جهد لحام الموضح بشكل ٥ - ٤٩ . أقطار أسلاك اللحام (الالكترودات) المستخدمة في عمليات اللحام أقطارها ما بين ١ - ١٢ ملمتر ، وهي مادة ملئ ، يمكن أن تكون هذه الأسلاك عارية أو مغطاة ، وتعتبر الأسلاك المغطاة هي الأكثر انتشاراً ، وذلك لاحتوائها على مساعد صهر الذي يؤدي إلى الحصول على لحامات جيدة.



رسم تخطيطي لمحول لحام للحصول على تيار متردد منخفض الجهد

١. يوصل أحد كبلات التيار الكهربائي المتغير للجزء ١ المراد لحامه.
٢. يوصل الكبل الآخر بسلك اللحام (الالكترود) ٣ ويقمط عليه من خلال ماسك (مقبض معزول) ٢.

أساسيات هندسة الإنتاج



شكل ٥ - ٥٠

اللحام اليدوي باستخدام الأقطاب المعدنية

١. الجزء المراد لحامه.

٢. ماسك .. (مقبض مغزول).

٣. سلك اللحام .. (الالكترود).

التيار المستخدم في هذه الحالة منخفض الجهد نسبياً ، حيث يتراوح ما بين ٢٠ . ٣٠ فولت ، ويكون شدة التيار مرتفعة تتراوح ما بين ٦٠ . ٥٠٠ أمبير .. وتصل في بعض الحالات إلى ١٠٠٠ أمبير ، ومن السهل الحصول على هذا التيار بتحويل التيار الكهربائي المعتاد من خلال محول كهربائي الذي يتولى خفض الجهد من ٢٢٠ أو ٣٨٠ فولت إلى ٢٠ أو ٣٠ فولت ، مقابل الارتفاع في شدة التيار إلى القدر الذي يكفي لعملية اللحام.

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

أسلاك اللحام (الالكترودات): Electrodes

تسمى أيضاً بالالكترودات القضيبيية ، وتستخدم في عمليات اللحام بالقوس الكهربائي في توصيل الحرارة الشديدة المتولدة عن القوس ، وكما إضافة لمليء الفجوات المراد لحامها.

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

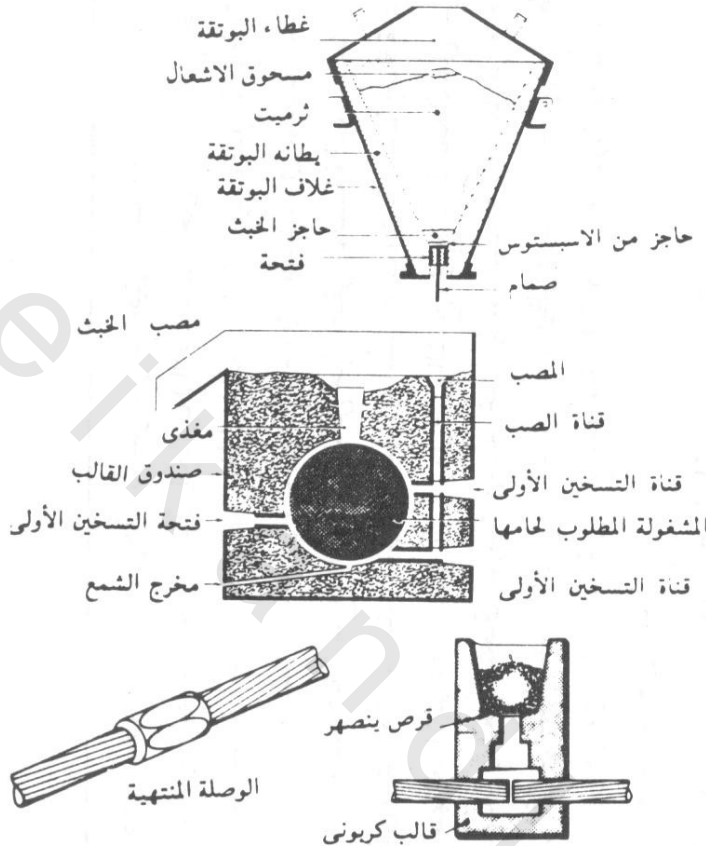
لحام الترميت

Thermite welding

الترميت هو عبارة عن خليط من مسحوق الألومنيوم وأكاسيد الحديد ، ويعتمد هذا النوع على التفاعل الكيميائي الطارد للحرارة بين الألومنيوم وأكاسيد الحديد .
ويجرى اللحام بالترميت الموضح بشكل ٥ - ٥١ بأعداد الجزأين المطلوب وصلهما باللحام على استقامة واحدة ، من خلال فصل طرفي الوصلة بمسافة ١٠ .
٨٠ ملليمتر ، وتنظف الأطراف المراد وصلها بعناية ، ويملى مسافة الفراغ بالشمع ، ثم يشكل حول نصفي الوصلة قالب رملي ، يشابه القالب المستخدم في عمليات السباكة ، ويجهز القالب بفتحة (مصب) لاستقبال المعدن المنصهر، وفتحة إضافية سفلية ليتم التسخين منها ، وبعد الانتهاء من تشكيل القالب ، ينصهر الشمع ويخرج من الفتحة السفلي التي تغلق في النهاية . ويشعل مسحوق الترميت في بوتقة خارجية ، حيث يتفاعل أكسيد الحديد مع الألومنيوم الذي ينتج عنه ارتفاع كبير في درجة الحرارة يصل إلى ٣٠٠٠ م^٠، ويتحد الألومنيوم من الأكسجين الموجود في أكسيد الحديد تاركا وراءه صلبا منصهرا ينساب من فتحة قاع البوتقة إلى القالب حيث يمتلئ الفراغ بين نصفي القالب ، ونظراً للارتفاع الكبير المفرط في درجة الحرارة ، فإن جزئي طرفي الوصلة ينصهرا ويندمجا مع الصلب المنصهر . وبعد برودة الوصلة يهدم القالب ويهذب مكان اللحام.

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

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



شكل ٥ - ٥١

لحام الترميت

اللحام بالضغط والحرارة : Heat Pressure Welding

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

تتميز هذه الطريقة بعدم استخدام مواد حشو ، وبالتالي ضمان عدم تغيير بنية

المعدن في طرفي وصلة اللحام.

فيما يلي عرض لأكثر أنواع اللحام بالضغط والحرارة انتشاراً.

١. اللحام بالحدادة : Forge Welding

يعتبر لحام الحدادة من أقدم أنواع اللحام على الإطلاق ، حيث كان يمارس من

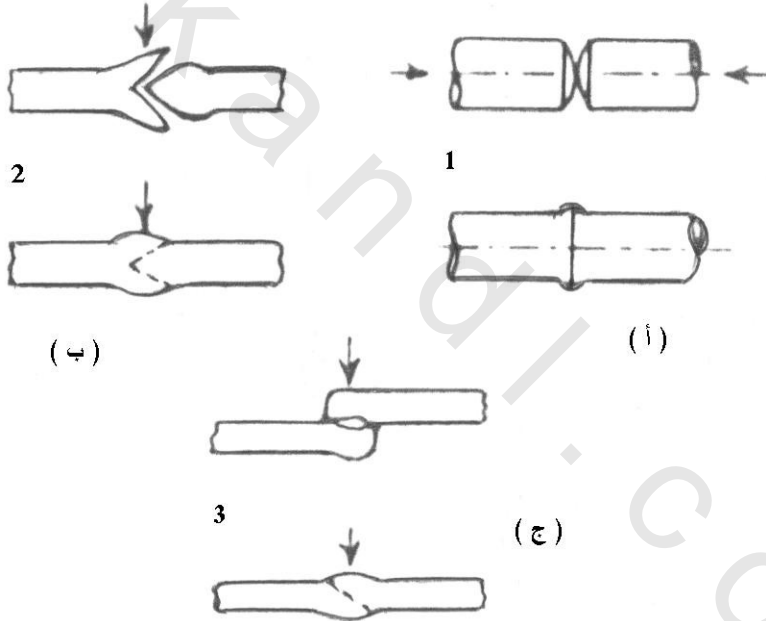
آلاف السنين في صناعة أدوات الحرب .

وتتلخص طريقة اللحام بالحدادة من خلال تسخين المشغولات المطلوب وصلها

حتى تصل درجة حرارتها إلى درجة تجعلها في حالة تعجن ، ويرش مساعد صهر على

الأماكن المراد لحامها ، ثم تجرى عملية الوصل بالطرق وذلك بإحدى الطرق الموضحة

بشكل ٥ - ٥٢ للحصول على وصلة باللحام الحدادي .



شكل ٥ - ٥٢

اللحام بالحدادة

(أ) لحام متقابل.

(ب) لحام خابور.

(ج) لحام تراكبي.

٢. لحام المقاومة الكهربائية : Electric Resistance Welding

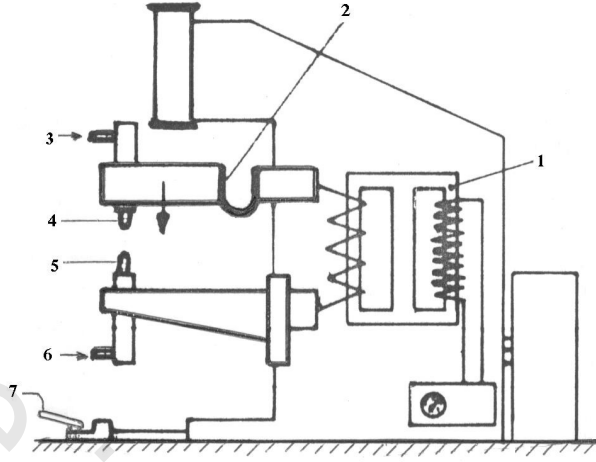
لحام المقاومة الكهربائية يسمى أيضا بلحام التلامس ، يعتمد اللحام بهذه الطريقة على استخدام الطاقة الكهربائية للتيار ذو الشدة العالية وتحويلها إلى طاقة حرارية ، خلال الأماكن المراد وصلها ، وذلك من خلال مرور التيار الكهربائي عبر خط الانفصال ، وقبل ممارسة الضغط الرئيسي اللازم لإتمام عملية اللحام ، ومن خلال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

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

٣. لحام النقطة : Spot Welding

يسمى أيضا بلحام البنتة أو لحام البقعة ، تجرى عمليات اللحام بهذه الطريقة على ماكينة لحام النقطة الموضحة بشكل ٥ - ٥٣.

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



شكل ٥ - ٥٣
ماكينة لحام النقطة

١. محول كهربائي للتيار.

٢. نابض .. (ياي) .

٣. دخول ماء لتبريد القطب العلوي.

٤. القطب العلوي.

٥. القطب السفلي .

٦. دخول ماء لتبريد القطب السفلي.

٧. دواصة.

يعتبر لحام النقطة (لحام البنتة أو لحام البقعة) من أبسط صور اللحام المقاومة الكهربائية وأكثرها انتشاراً.

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

ونظرا لارتفاع درجة الحرارة العالية للقطبين أثناء عملية اللحام ، لذلك فقد

صممت الأقطاب بحيث يتم تبريدها بالماء.

يتراوح قطر دائرة لحام النقطة ما بين ١.٥ - ١٣ ملليمتر ، وذلك حسب أقطار الأقطاب المستخدمة . ويجب مراعاة إتمام عملية اللحام قبل وصول منطقة الوصل (الأجزاء المعدنية المراد لحامها إلى حالة السيولة).

الباب السادس

6

عمليات قطع وتشغيل المعادن

ملهيد

صممت آلات وماكينات قطع المعادن وجميع آلات وماكينات الإنتاج المختلفة لتخفيض المجهود البشري ، ولرفع كفاءة وجودة الإنتاج مع خفض نفقاته.

تستخدم ماكينات الخراطة . الفرايز . المقاشط . المثاقب . آلات التخليق . آلات التجليخ .. للحصول على مشغولات ذات أسطح أسطوانية . مستوية . مخروطية . مسننة .. بدرجة الخشونة أو النعومة المطلوبة، وذلك عن طريق إزالة طبقات من معدن القطعة المراد تشغيلها على هيئة رايش، لأجل الحصول على المنتج بالشكل والقياس المطلوب، حيث تتحقق الدقة العالية للمشغولات التي يتم تصنيعها بهذا الأسلوب بالمقارنة بإنتاج التشغيل اليدوي.

يتناول هذا الباب القطع بالآلات القاطعة اليدوية والميكانيكية المختلفة الاستخدام مع عرض زوايا كل منها (الشكل الهندسي للحد القاطع)، حيث يتعرض لعمليات القطع بالعدد اليدوية والميكانيكية مثل التأجين . النشر . البرادة اليدوية . والبرادة باستخدام ماكينات البرادة . الكشط . الثقب . التخویش . البرغلة . الكشط باستخدام المقاشط النطاحة والرأسية والعربية . الخراطة باستخدام المخرطة الأفقية العامة . التفريز باستخدام الفرايز الأفقية والفريزة الرأسية والفريزة العامة) . التجليخ وأحجار التجليخ المستخدمة للعمليات المختلفة ، وحببيات أقراص التجليخ والمواد الرابطة وطرق تثبيت وإختبار أقراص التجليخ.

ويتعرض للمواد المستخدمة للعدد القاطعة المختلفة ، وأسس عمليات القطع (سرعة القطع . مقدار التغذية . عمق القطع) ومواصفات وأساليب عمل كل من هذه الآلات والمكينات.

تشغيل المعادن بالقطع

Metals processing by cutting

المقصود بعمليات تشغيل المعادن بالقطع .. أي تغيير شكل وأبعاد الخامة أو المنتج بواسطة قطع أجزاء منها ، وذلك للحصول على الشكل والمقاس المطلوب.

ويعتبر أسلوب تشغيل المعادن بالقطع بإزالة الرايش من أفضل أساليب التشغيل في مجال الإنتاج الصناعي ، وذلك لإمكان الحصول بواسطته على منتجات ذات دقة وجودة عالية . لذلك نجد أن التطور في هذه الآلات يزداد يوماً بعد يوم ، حتى أصبح استخدامه يعطى أفضل النتائج بأقل التكاليف وخصوصاً بآلات الإنتاج الكمي (إنتاج السلعة الواحدة إنتاجاً متكرراً بالجملة) والآلات الأوتوماتية.

لا تقتصر عمليات تشغيل المعادن بالقطع بإزالة رايش على تشغيل المعادن الخام والمنتجات نصف المصنعة فحسب ، بل هي مكملة لعمليات تشكيل المعادن المنتجة عن طريق السباكة . الحدادة . الكبس . الدرفلة إلخ ، لأن أكثر المنتجات المصنعة عن طريق التشكيل يتم تشغيلها بعمليات قطع أخرى كالخرطة . الثقب . القشط . التفريز إلخ ، وذلك لإكتساب أسطحها الجودة مع دقة القياس.

الشروط التي يجب توفرها في عمليات تشغيل المعادن بالقطع :

١. أن يكون الفني الذي يقوم بالعمل على آلات التشغيل جاداً وصادقاً في عمله.
٢. التأكد من أن قطعة التشغيل والآلة القاطعة مثبتان بربطهما بإحكام ، وأن العدد وأدوات القياس ليست موضوعة بطريقة عشوائية تعوق العمل وتربكه .
٣. اختيار آلة القطع المناسبة لتشغيل الجزء المطلوب ، بحيث تكون زوايا الحد القاطع حادة ومناسبة لمعدن قطعة التشغيل .
٤. في حالة زيادة طول قطعة التشغيل، فإنه يجب استخدام المساند (المخانق) المناسبة.

٥. اختيار سرعة القطع والتغذية المناسبة.
٦. استخدام سائل التبريد عند الحاجة إلى ذلك.
٧. استخدام أدوات وأجهزة القياس المناسبة.

العدد القاطعة

Cutting Tools

تلعب أدوات القطع دوراً هاماً في جميع عمليات القطع الميكانيكية ، ومن الطبيعي أن لأدوات وعدد القطع أشكال مختلفة ، تختلف كل منها عن الأخرى حسب نوع عملية القطع.

الشروط التي يجب توافرها في العدد القاطعة :

تتم عمليات إزالة الطبقات الزائدة من المعادن المختلفة ميكانيكياً عن طريق العدد القاطعة التي تحركها ماكينات القطع المختلفة ، حيث تتحرك الخامة حركة لها إرتباطاً مع حركة العدة القاطعة، ومن ثم فإنه يجب أن تتوافر الشروط الآتية في جميع الأدوات والعدد القاطعة وهي كما يلي :-

١- مواد صنع أدوات القطع :

(أ) تكون أصلد من المعدن المراد تشغيله.

(ب) تتحمل الضغوط والإجهادات الواقعة عليها أثناء عملية القطع.

(ج) الاحتفاظ بصفات الميكانيكية الجيدة ، بحيث تقاوم التآكل (البلى) ،

وخاصة عند تعرض حدودها القاطعة لدرجات الحرارة المرتفعة الناتجة عن

قوة الاحتكاك بينها وبين معدن المشغولة.

٢- الشكل الهندسي لزوايا عدد القطع :

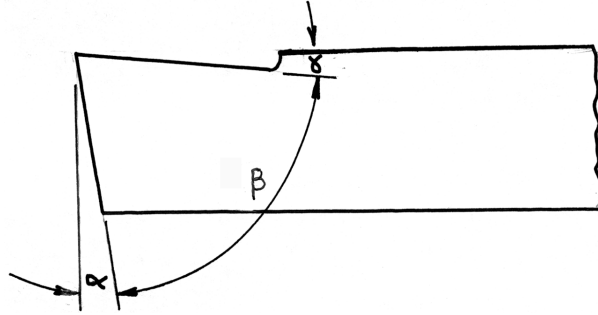
Geometric Shape Concerning Cutting Tools Angles

تتغلغل الحدود القاطعة في الأجزاء المراد تشغيلها ، حيث تنزع منها طبقة من

المعدن تسمى بالرايش ، وتتوقف أداء الحدود القاطعة على أشكالها الهندسية والتي

تحددها زواياها المختلفة لتسهيل عملية القطع.

شكل ٦ - ١ يوضح أهم زوايا قلم مخروطية وهي كالآتي:-



شكل ٦ - ١

زوايا عدة القطع بقلم مخروطية

(أ) زاوية الخلوص α : هي الزاوية المحصورة بين أداة القطع والعمود القائم على سطح المشغولة . الغرض من هذه الزاوية هو تجنب الاحتكاك بين أداة القطع والمشغولة.

(ب) زاوية الآلة β : تسمى أيضا بزاوية الرأس أو بزاوية التحميل ، وهي الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي والسطح الخلفي لأداة القطع ، تزيد هذه الزاوية عند التعامل مع المعادن الصلدة ، وتنخفض تدريجياً عند التعامل مع المشغولات الأقل صلادة والطرية.

(ج) زاوية الجرف δ : هي الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي لأداة القطع والمستوى المتعامد على سطح المشغولة ، والغرض من هذه الزاوية ، هو سهولة انسياب الرايش المنزوع من سطح المشغولة.

$$\text{مجموع الزوايا الرئيسية} = \alpha + \beta + \delta = 90^\circ$$

تختلف قيمة هذه الزوايا من قلم لآخر باختلاف نوع معدن قطعة التشغيل . فمثلا

الزهر - الصلب - النحاس الأحمر - النحاس الأصفر - الألمونيوم .. كلها معادن

تختلف خصائص كل منها عن الأخرى ، وبصفة عامة تزيد زاوية الآلة β وتنخفض زاوية الجرف δ كلما زادت صلادة معدن المشغولة.

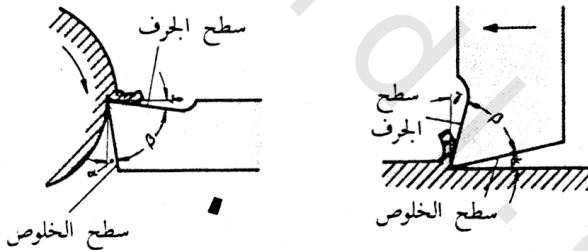
أنواع أدوات القطع : Types of cutting tools

تختلف الأشكال الهندسية للحدود القاطعة لعدد القطع عن بعضها البعض باختلاف عمليات التشغيل المطلوبة من أجلها ، ويمكن تقسيم عدد القطع في عمليات تشغيل المعادن إلى الآتي:-

أولاً : أداة قطع مفردة الحد Single edge cutting tool

يعتبر قلم المخرطة وقلم المقشطة والأجنحة من الأدوات ذات الحدود القاطعة المفردة الحد ، والأجنحة على سبيل المثال تستخدم في عمليات التآجين المختلفة ، كما تستخدم أقلام الخراطة والقشط في عمليات قطع وتشغيل الأسطح الأسطوانية والمستوية ، تعتبر هذه العدد من أبسط أنواع وأشكال عدد وأدوات القطع.

الرسم التخطيطي بشكل ٦ - ٢ يوضح الزوايا الرئيسية للحد القاطع لقلم المخرطة وقلم المقشطة .



شكل ٦ - ٢

الزوايا الرئيسية لقلم المخرطة وقلم المقشطة

$$\alpha = 8^\circ \text{ زاوية الخلوص}$$

$$\beta = 80^\circ \text{ زاوية الآلة}$$

$$\delta = 7^\circ \text{ زاوية الجرف}$$

$$\alpha + \beta + \delta = 90^\circ \text{ مجموع الزوايا الرئيسية}$$

ثانياً : أداة قطع مزدوجة الحد Double cutting tool

الثقابات (البنت) من أدوات القطع المزدوجة الحد والتي تستخدم في عمليات الثقب . تصنع الثقابات بأقطار مختلفة متدرجة في القطر لتتناسب مع المتطلبات الصناعية المتعددة.

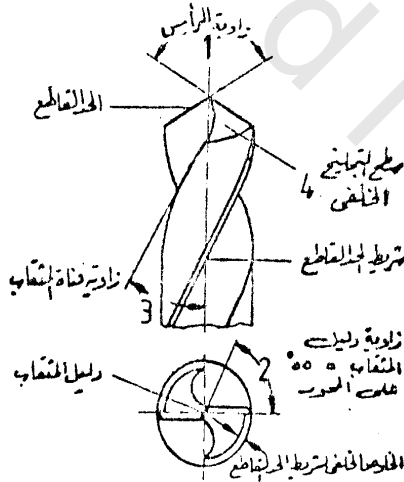
ولإنجاز الثقوب المطلوب تشغيلها .. فإنه يجب أن يكون الثاقب (البنتة) بحدود قاطعة بزوايا حادة لإمكان التغلغل داخل معادن المشغولات المختلفة . شكل ٦ - ٣ يوضح الزوايا الهامة للحدود القاطعة للثاقب وهي كالآتي:-

١. زاوية الرأس :

هي زاوية القمة وتعتبر من أهم زوايا الثاقب (البنتة) ، يشكلها الحدين القاطعين الرئيسيين، وعادة تكون زاوية رؤوس الثقابات (البنت) المصنوعة من صلب السرعات العالية مقدارها ١١٨° . تختلف قيمة هذه الزاوية باختلاف معدن الجزء المراد ثقبه.

٢. زاوية الحد القاطع العرضي :

تسمى أيضاً بزاوية دليل الثاقب ومقدارها ٥٥° تقريباً ، وهي تشكل نتيجة لتقاطع الحدين القاطعين الرئيسيين (زاوية الرأس).



شكل ٦ - ٣

الزوايا الهامة للحدود القاطعة للثاقب (البنتة)

٣. زاوية الجرف :

تسمى بزاوية ميل الخطوة الحلزونية أو الشريط الحلزوني ، عندما تكون زاوية الجرف كبيرة .. هذا يعنى أن زاوية ميل قناة الثاقب كبيرة ، وهى الزاوية المحصورة بين المحور ومماس الخط الحلزوني على سطح القطر الخارجي للثاقب ، وهى ناتجة عن تشكيل القناة الملتوية ومقدارها ما بين ١٠ - ٤٠ °.

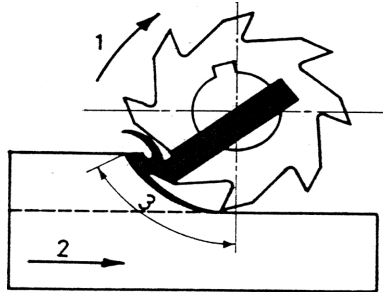
٤. زاوية الخلوص الأمامية :

توجد بالسطح الخلفي لزاوية الرأس ومقدارها ٠٦ ° تقريبا ، وتعتبر هذه الزاوية من الزوايا الهامة والضرورية ، حيث لا يستطيع بدونها الحد القاطع الأمامي (زاوية الرأس) التغلغل داخل المعدن المراد ثقبه ، ويمكن زيادة هذه الزاوية عند التعامل مع المعادن الطرية لتصل مقدارها إلى ١٢ °.

ثالثا : أداة قطع متعددة الحدود Cutting tool with multiple blades

تعتبر سكينه الفريزة من أدوات القطع المتعددة الحدود ، وهى أداة قاطعة دوارة مستديرة الشكل ، يوجد على محيطها مقاطع (أسنان) متعددة ، يمثل كل مقطع (سنة) من مقاطع السكينه أداة قطع بسيطة ذات حد واحد ، يتشابه إلى حد كبير مع الحد القاطع لقلم المخرطة .

شكل ٦ - ٤ يوضح أحد مقاطع (أسنان) سكينه الفريزة وهو مظل باللون الأسود ، حيث يتشابه مع الحد القاطع لقلم المخرطة.



شكل ٦ - ٤

تشابه أحد مقاطع سكينه الفريزة مع الحد القاطع بقلم المخرطة

١. الحركة الرئيسية الدورانية .. (حركة القطع).

٢. حركة التغذية للمشغولة.

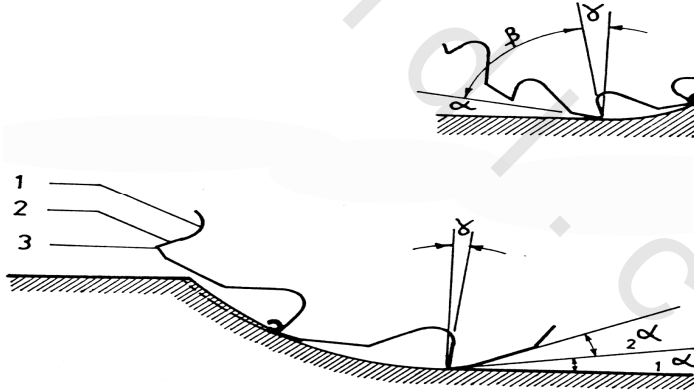
٣. الحركة الدائرية لأحد مقاطع السكينه ، المتشابه مع الحد القاطع للقلم المخرطة أثناء نزعه لجزء من معدن المشغولة على هيئة رايش.

توجد أنواع وأشكال متعددة من سكاكين الفرايز ، صممت لكي تفي بجميع المتطلبات الصناعية.

تستخدم سكاكين التفريز في تشغيل الأسطح المستوية ، وفتح أسنان التروس بأشكالها، وتشغيل الأسطح بالأشكال الهندسية المختلفة المطلوبة.

ولإنجاز المشغولات المطلوب تفريزها .. فإنه يجب أن تكون سكينه الفريزة المستخدمة ذات حدود بزوايا حادة قاطعة ، لإمكانها التغلغل داخل معادن المشغولات المختلفة المراد قطعها .

شكل ٦ - ٥ رسم تخطيطي لجزء من سكينه فريزة يوضح الزوايا الأساسية للحد القاطع لأحد أسنانها وأجزاؤها الرئيسية.



شكل ٦ - ٥

الأجزاء والزوايا الأساسية لأسنان سكينه الفريزة

أجزاء أسنان سكينه الفريزة :

١. جذر السن.

أساسيات هندسة الإنتاج

٢. وجه السن.

٣. الحد القاطع.

زوايا القطع :

زاوية الجرف δ

زاوية الآلة .. (زاوية السن) β

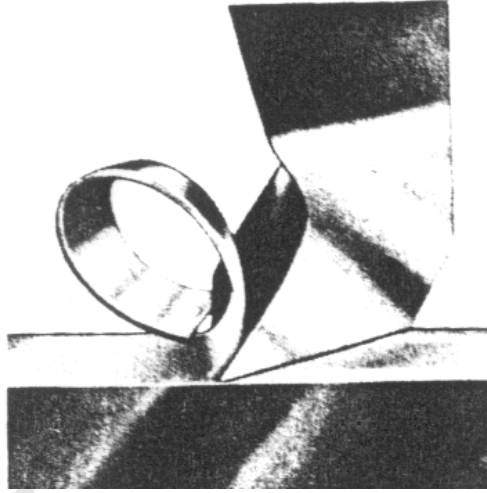
زاوية الخلوص الرئيسية α_1

زاوية الخلوص الثانوية α_2

الحد القاطع وتكوين الرايش :

شكل الحد القاطع (إسفين القطع) وخواص مادته أهمية خاصة في عملية تكوين الرايش (الجذاذ أو النحاتة) شكل ٦ - ٦ ، ومن ثم فإنه يجب عند التشغيل بالقطع توافر الشروط التالية :-

١. أن يكون السطح المشغل أملس بالقدر المطلوب.
 ٢. يجب أن يستغرق التشغيل زمناً وجيزاً.
 ٣. يجب أن تكون القوة المسلطة على عدة القطع (قوة القطع) صغيرة.
 ٤. الاستفادة من عدة الطع ، بحيث يكون عمرها التشغيلي طويلاً.
- وتحدد المواصفات القياسية طريقة تعيين الحواف القاطعة (القواطع) والأسطح والزوايا وأى أبعاد أخرى على عدة القطع التي يمكن ، تأثر على عملية إزالة الرايش.



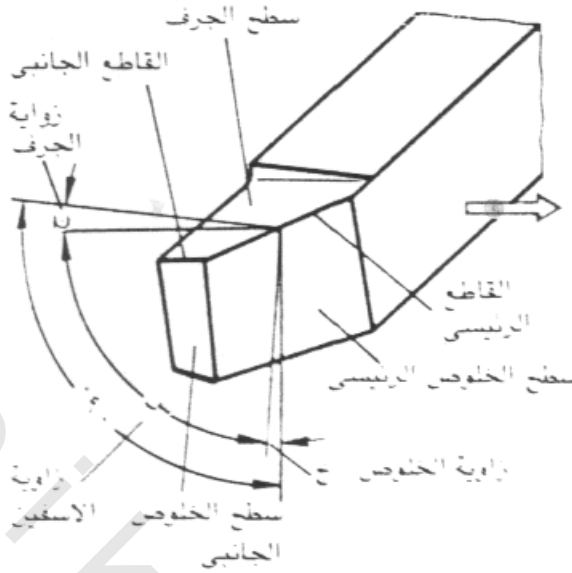
شكل ٦ - ٦

تكوين الرايش

القواطع وأسطح إسفين القطع

تتكون القواطع من الأسطح المحددة لإسفين القطع (الحد القاطع) شكل ٦ - ٧ ، والقواطع الرئيسية هي التي يواجه بها الإسفين اتجاه التغذية ، إما القواطع غير المواجهة لاتجاه التغذية فهي قواطع مستقيمة أو منبعجة أو مقوسة ، كما هو الحال في قلم خراطة التشكيل.

سطح الجرف هو السطح الذي تناسب عليه الجذاذة (الرايش أو النحاتة) أثناء عملية القطع ، ويطلق على سطح الإسفين المواجه لسطح المشغولة سطح الخلوص ، وهنا يجب التمييز بين كل من سطح الجرف الرئيسي الواقع على القاطع الرئيسي و سطح الجرف الجانبي الواقع على القاطع الجانبي.



شكل ٦ - ٧

مسميات قلم القطع

زوايا الحد القاطع :

يحتوي الحد القاطع (إسفين القطع) الموضح بشكل ٦ - ٨ على مجموعة زوايا

أهمها الزوايا التالية :-

زاوية الخلوخ ح :

هي الزاوية الحرة بين آسفين القطع وسطح المشغولة ، ويؤدى إنعدام هذه الزاوية إلى ملامسة سطح الخلوخ لسطح المشغولة واحتكاكه بها بشدة مما يزيد من قوة القطع وإرتفاع درجة حرارة الحد القاطع والمشغولة بدرجة كبيرة ، وقد يفقد الحد القاطع صلابته بفعل الحرارة العالية وبالتالي يثلم سريعا.

وترتبط زوايا الحد القاطع (إسفين القطع) بعضها ببعض الآخر ، وكثيراً ما يتم تحقيق أنسب قيمة لزاوية الخلوخ على حساب قيم الزوايا الأخرى ، لذلك تختار زاوية الخلوخ عامة بالقدر الذي يكاد يسمح للعدة بالقطع الحر دون إن تحتك أو ترتفع درجة حرارتها بدرجة كبيرة.

ملاحظة :

تسبب الخامات الصلدة احتكاكا أصغر نسبياً ، لذلك تختار لها زوايا خلوص أصغر من زوايا الخلوص المعتادة للخامات الرخوة.

زاوية الحد القاطع س :

زاوية الحد القاطع (زاوية الإسفين) س هي زاوية قلم القطع الذي يتغلغل في المشغولة ليقطعها ، وتزداد سهولة تغلغل قلم القطع في مادة المشغولة كلما صغرت زاوية الاسفين . وينطبق هذا على عدد القطع الأخرى أيضاً .
تنخفض القوة المبذولة للقطع (قوة القطع) المؤثر على العدة كلما صغرت زاوية الاسفين ، وكانت قيمة زاوية الخلوص هي القيمة المعتادة .
علماً بأنه كلما صغرت زاوية الحد القاطع (زاوية الاسفين) ، كلما كان الحد القاطع أكثر تعرضاً للكسر. كما إن قوة القطع اللازمة لتشغيل مادة تصنيع صلدة كالصلب مثلاً تفوق كثيراً ما يتطلبه تشغيل مادة لينه كالألومنيوم.
ويمكن تصغير زاوية القطع (زاوية الإسفين) عند زيادة ليونة مادة تصنيع المشغولة.

زاوية الجرف ج :

هي الزاوية المحصورة بين سطح الجرف ومستوى عمودي على اتجاه القطع ، ويتوقف نوع الرايش (الجزاذ) المتكون بالدرجة الأولى على مقدار هذه الزاوية.

زاوية الجرف الصغيرة:

يتكون الرايش (الجزاذة أو النحاتة) على مراحل متعددة ، حيث يجرى أولاً تغلغل الحد القاطع بمادة المشغولة ودفعها إمام سطح الجرف ، حيث ينشأ إمام الحد القاطع انقطاع أول جزء من الرايش الناتج عن عملية القص وانسيابه إلى أعلى بعيداً عن حافة القطع لتبدأ المراحل من جديد ، حيث يتضح إن الحد القاطع (إسفين القطع) يتعرض أثناء هذه العملية لإجهادات متغيرة (إجهادات ترددية) ، وتبلغ قوة القطع

ذروتها قبل قص جزء من معدن المشغولة (الرايش) بقليل ، وتنخفض قوة القطع فجأة بعد القص لنتزايد مرة أخرى وهكذا . لذلك يحدث نبض بالعدة أثناء التشغيل ، الأمر الذي يؤدي إلى عدم إستواء السطح المشغل ، ويزداد عدم إستواء السطح كلما زادت صلادة مادة المشغولة وتخانة الرايش المقطوع.

وإذا كانت زاوية الجرف صغيرة جداً ، فقد يمتد انقطاع أول جزء من الرايش الناتج عن عملية القص إلى عمق ابعده من حافة قطع العدة ، مما يسبب تنافر السطح وعدم دقة مقاسات الإنجاز . ونظراً إلى إن الرايش يستأصل تماماً من مادة المشغولة ، فإنه يسمى في هذه الحالة بالرايش المتمزق.

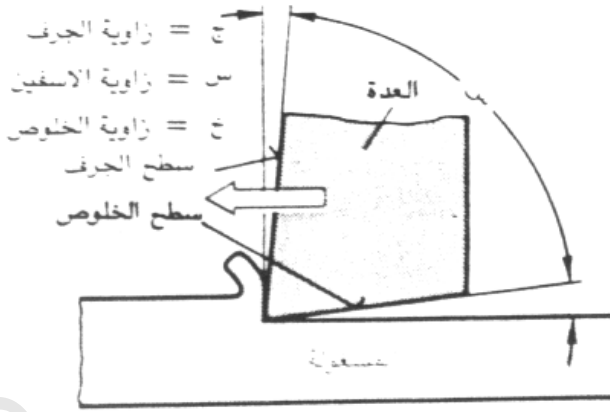
زاوية الجرف المتوسطة:

الرايش الناتج في هذه الحالة عبارة عن قص متقدم يؤدي إلى تقصفه إلى أجزاء قصيرة لا تعوق استمرار عملية القطع .. ويسمى في هذه الحالة بالرايش القصف.

زاوية الجرف الكبيرة:

عند استخدام زوايا جرف كبيرة لا يتم قص متقدم لمادة المشغولة ، كما لا يتقصف الرايش ، وإنما ينساب بأطوال كبيرة أحياناً ، ويسمى في هذه الحالة بالرايش الانسيابي ، ويكون السطح المقطوع في هذه الحالة أكثر نعومة ، حيث لا يتعرض الحد القاطع للعدة لأى اجهادات ترددية كما هو الحال بزوايا الجرف الصغيرة.

وقد يبدو لأول وهلة بأن الرايش الانسيابي مفيداً جداً ، غير إنه يتجمع حول الحد القاطع والمشغولة بشكل يعوق العمل والتشغيل ، لذا يستعمل في هذه الحالة قطاعة للرايش ، أو يستغنى في أحوال كثيرة عن زوايا الجرف الكبيرة التي تؤدي إلى إنسياب الرايش بأطوال كبيرة ، ويستعاض عنها بزوايا جرف متوسطة.



شكل ٦ - ٨

زوايا الحد القاطع

زاوية الجرف السالبة:

تفضل زاوية الجرف السالبة عند القطع بسرعات عالية لأسطح المصبوبات ومواد التصنيع الصلدة ، حيث يستبعد في هذه الحالة خطر كسر حافة الحد القاطع. يتطلب عند استخدام عدد القطع ذات الزوايا السالبة وجود ماكينات تشغيل قوية وذات قدرة تشغيل عالية ، ومن ثم فإنه يمكن الحصول على أشكال مناسبة للرايش عند التشغيل بسرعات عالية.

مواد التشغيل وأثرها في تكوين الرايش :

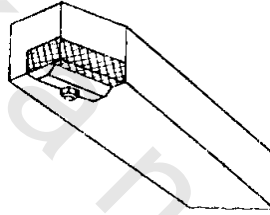
تلعب مادة التشغيل دوراً هاماً في تكوين الرايش ، حيث أن مواد التصنيع الصلدة كالحديد الزهر والنحاس الأصفر القصص وبعض اللدائن لا تعطي عند تشغيلها رايش إنسيابي ، بل تعطي أجزاء صغيرة من الرايش أو رايش مفتت ، بعكس ذلك فإن مواد التصنيع اللينة مثل الألومنيوم تميل إلى تكون رايش إنسيابي ، لذلك يستخدم عند تشغيل مواد التصنيع الصلدة عدد ذات زوايا جرف صغيرة ، ومن ثم تحتاج مواد التصنيع اللينة إلى عدد ذات زوايا جرف كبيرة.

كسارة الرايش : Chip Breaker

أساسيات هندسة الإنتاج

يتكون الرايش الإنسيابي عند التشغيل مواد التصنيع المختلفة بسرعات قطع عالية ، وكثيراً ما يكون الرايش الناتج من عمليات القطع بهذه الطريقة بشكل حلزوني بأقطار مختلفة ، ويعتبر الرايش المستمر الناتج من تشغيل القطع المعدنية علي المخرطة من المصادر الكبيرة للمتابع ، حيث أنه يلتف حول القلم وقد يتجمع كمية كبيرة منه في فترة زمنية قصيرة ليعوق عملية القطع ، بالإضافة إلي خطورته علي الفني الذي يعمل علي المخرطة . لذلك فقد صممت بعض أقلام الخراطة مزودة بكسارة رايش ميكانيكية (عبارة عن قطع من الصلب المجاخة بزاوية معينة ومثبتة بمسمار قلاووظ شكل ٦ - ٩ ، وذلك لاستخدامها عند تشغيل المعادن المستعصية مثل الصلب والألومنيوم وغيرها لتكسير وتفتيت الرايش الناتج عن عملية القطع .

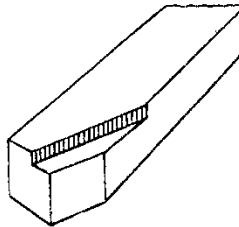
يتميز الرايش المفتت عن الرايش المستمر بانعدام خطورته وسهولة إزالته.



شكل ٦ - ٩

كسارة رايش قابلة للضبط

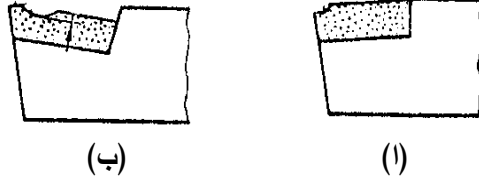
توجد كسارة الرايش بأشكال مختلفة وهي إما أن تكون مثبتة ميكانيكياً وقابلة للضبط كالشكل السابق ، أو بمشقبية موازية للحد القاطع كما هو موضح بشكل ٦ - ١٠.



شكل ٣ - ١٠

كسارة رايش بمشقبية موازية للحد القاطع

كما توجد كسارة رايش علي شكل قوس بمقدمة الحد القاطع ، أو بمجرى دائري كما هو موضح بشكل ٦ - ١١ .



شكل ٦ - ١١

كسارة رايش علي شكل قوس

(أ) كسارة رايش علي شكل قوس.

(ب) كسارة رايش ذات مجرى دائري.

في بعض الأحيان يقوم الفني بتشغيل المخرطة بشكل عكسي .. أي دوران ظرف المخرطة بشكل عكسي ، حيث يعكس تثبيت القلم ليكون إتجاه الحد القاطع إلي أسفل ، وذلك للتخلص من الرايش المستمر حيث يكون إتجاهه نحو الفرش . بالإضافة إلي استعمال الأقلام المزودة بكسارة رايش للوقاية من تطايره . لذلك فإنه يجب استخدام أدوات الوقاية كالساطر الوقائي والنظارات وغيرها .

مميزات أقلام الخراطة ذات كسارات الرايش :

تتميز أقلام الخراطة ذات كسارات الرايش (جارفة النحاته) ذات المجاري الدائرية ، بأنها تعمل علي التفاف الرايش الناتج من عملية القطع ، كما تقطعه في بعض الأحيان ، تصمم كسارة الرايش للأقلام المصنوعة من صلب السرعات العالية H . S . S بعرض أصغر قليلاً أو يساوي مقدار التغذية نفسها .

الفصل

الفصل هو عملية يتم فيها تغيير شكل جسم متماسك ، بحيث يقضى على الترابط بمكان الفصل ، والأجنة Chisel تمثل أبسط أنواع عدد التشغيل ، حيث تتخذ أساساً لشرح ميكانيكية عملية القطع وتكوين الرايش أمام الحد القاطع .

يتم اختيار زوايا الحد القاطع للأجنة ، اعتماداً على صلادة المعدن المراد قطعه ، بحيث أنه كلما ارتفعت صلادة معدن المشغولة ، كلما ارتفعت قيمة زاوية الآلة .

التجزئة والقطع

التجزئة هي فصل أجزاء من قطعة الشغل دون إن ينشأ عن ذلك رايش مثل القطع بالزرادية أو القطع بالأجنة في وضع العمل (الرأسي) .

القطع بحدود قاطعة ذات شكل هندسي محدد :

هو فصل أجزاء صغيرة من المادة على هيئة رايش بوسيلة ميكانيكية كما هو الحال في عمليات النشر . الكشط . الثقب . الخراطة . التفريز .

القطع بحدود قطع ذات شكل هندسي غير محدد :

هو فصل أجزاء دقيقة من المادة بواسطة عدد ذات حدود قطع ليس لها شكل هندسي محدد كما هو الحال بعمليات التجليخ . الصقل . التحضين .

زوايا وأسطح إسفين القطع :

تشارك جميع حدود القطع في اتخاذها شكل للحد القاطع (الإسفين) ، ويكون الشكل الهندسي للحد القاطع (الإسفين) على هيئة مثلث ، ويسمى خط تقاطع سطحي الإسفين الجانبين بحد القطع ، ويحتوى هذان السطحان على زاوية العدة β (بيتا) .

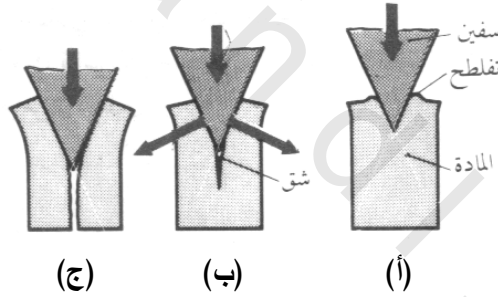
التأثير الفاصل لآسفين القطع :

تؤثر القوة F المسلطة على أداة القطع (الفصل) أولاً على حد القطع ، حيث تتغلب على تماسك جسيمات مادة قطعة التشغيل وتحزها . ومع زيادة عمق قطع

الإسفين تنشأ قوى فلق جانبية كبيرة تؤدي إلى توسع الحز وتكوين شق كما هو موضح بشكل ٦ - ١٢ ، وتقوم المادة بتوجيه الضغط جزئياً في الاتجاه الأقل مقاومة ، لينشأ تفلطح بجانب الحد القاطع ، وعند طرق الإسفين في اتجاه ألياف المادة ، فإنه يعمل على فلقها . ويسبب حد القطع إنضغاطاً إلى أسفل في المشغولات الرقيقة ، وهذا يعني أن كل عملية تجزئة بالعدة تضم عمليتي حز وفلق .

وكما كانت المادة أشد صلادة وأكثر مقاومة للأجهادات ، كلما زادت القوة اللازمة لفصل بنيتها ، لذلك يجب إن يكون حد القطع دائماً أصلد من المادة المطلوب فصلها .

ولا تعمل العدة التي تحتوي على زاوية حد قطع صغيرة عند تغلغلها في قطعة التشغيل إلا على قطع جزء ضئيل من المادة ، ويتطلب ذلك قوة أصغر مما يحتاجه الحد القاطع الذي يحتوي على زاوية قطع كبيرة . علماً بأن إن الحد القاطع الذي يحتوي على زاوية قطع صغيرة ينكسر بسهولة عند استخدامه للمواد الصلدة .



شكل ٦ - ١٢

التأثير الفاصل للحد القاطع

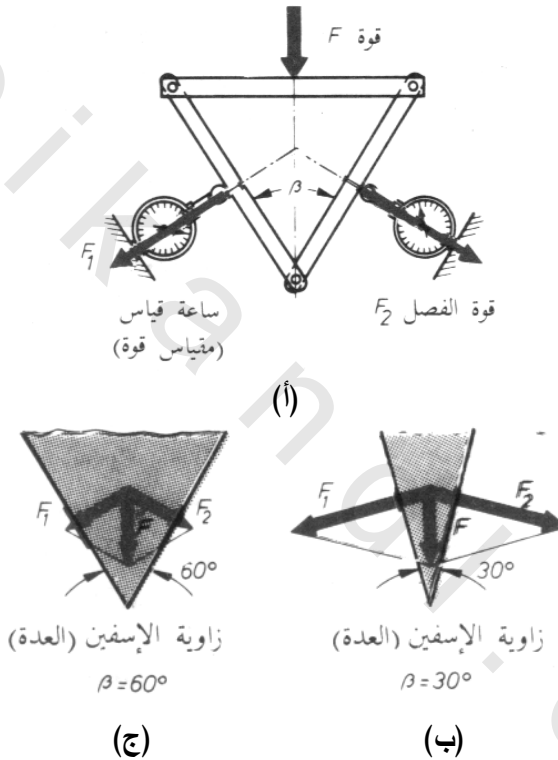
- (أ) الحد القاطع الذي يحتوي على زاوية قطع صغيرة يحدث حز بالمشغولة .
- (ب) الحد القاطع الذي يحتوي على زاوية قطع كبيرة يحدث شق بالمشغولة .
- (ج) الحد القاطع الذي يحتوي على زاوية قطع كبيرة يحدث شق وفلق بالمشغولة .

تحليل القوى المؤثرة على إسفين القطع :

تحلل القوة F المؤثرة على إسفين قطع العدة عند تغلغله في المادة إلى قوتين

جانبيتين F_1 ، F_2 شكل ٦ - ١٣ ، وتعتمد قوتا الفصل على زاوية الحد القاطع (إسفين العدة) β (بيتا)، فكلما كانت زاوية الحد القاطع صغيرة ، كلما زاد مقدار هاتين القوتين الجانبيتين.

ويمكن تحليل القوة المؤثرة على إسفين القطع (مثل قوة المطرقة) إلى قوتين تؤثران عمودياً على جانب الإسفين F_1 ، F_2 ، وتقاس في التجهيزة الممثلة للإسفين بواسطة مقياس القوة الموضح بشكل ٦ - ١٣.



شكل ٦ - ١٣

تحليل القوى المؤثرة على إسفين القطع

كما يمكن تحليل القوى على الإسفين بالرسم بمساعدة متوازي أضلاع القوى.

(أ) تمثل القوة بأسهم ، بحيث يمثل طول السهم مقدار القوة ، ويتحدد ذلك عن طريق مقياس رسم القوى.

أساسيات هندسة الإنتاج

(ب) تكون خطوط قوى الفصل متعامدة مع أسطح إسفين حد القطع.

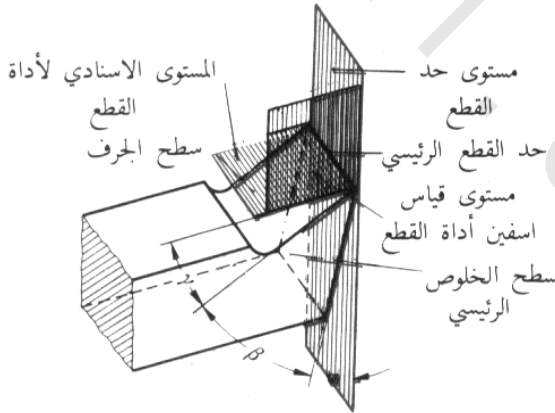
(ج) يتحدد مقدار القوتين الجانبيتين F_1 ، F_2 من متوازي أضلاع القوى المنشأ

حسب مقياس رسم القوى الذى تم إختياره.

الشكل الهندسى لحد القطع :

لقد تحددت تسميات الأسطح والزوايا وحدود القطع الموجودة على إسفين القطع وكذلك أوضاعها النسبية فى المواصفات القياسية ISO كما هو موضح بشكل ٦ - ١٤ ، بحيث يكون سطح الجرف هو سطح اسفين القطع الذى يسرى عليه الرايش. أما أسطح الخلوص فهى الأسطح الناشئة على أداة القطع لتناسب عملية القطع ، ويسمى خط تقاطع سطح الجرف مع سطح الخلوص الرئيسى بحد القطع الرئيسى ، ويكون دائما موجها فى اتجاه التغذية ، ويستعان بنظام إسنادى لأداة القطع (العدة) مكون من ثلاث مستويات تخيلية لتحديد زوايا إسفين القطع ، ويكون المستوى الإسنادى لأداة القطع مستوياً على إسفين القطع ومتعامداً مع اتجاه القطع ، ويقع مستوى حد القطع لأداة القطع عمودياً على كل من المستوى الأسنادى ومستوى حد القطع .

يكون قياس كل من زاوية الخلوص α ، وزاوية الإسفين (العدة) β ، وزاوية الجرف δ فى مستوى قياس الإسفين.



شكل ٦ - ١٤

الشكل الهندسي للحد القاطع

التأثير القاطع لأسفين القطع :

يتولد رايش أثناء حركة تقدم حد إسفيني قاطع موازي لسطح قطعة التشغيل ، ويفضل أن يكون السطح المشغل ناعماً بقدر الإمكان ، وأن تكون القوة صغيرة ، كما يجب أن يكون زمن التشغيل قصيراً ، وزمن صمود أداة القطع (زمن الإستخدام المفيد) طويلاً بقدر الإمكان ، ومن ثم يصبح لزوايا حد القطع الموضحة بشكل ٦ - ١٥ أهمية كبيرة بالنسبة لهذه المتطلبات .. وهي كالآتي :-

زاوية الإسفين العدة β (بيتا) :

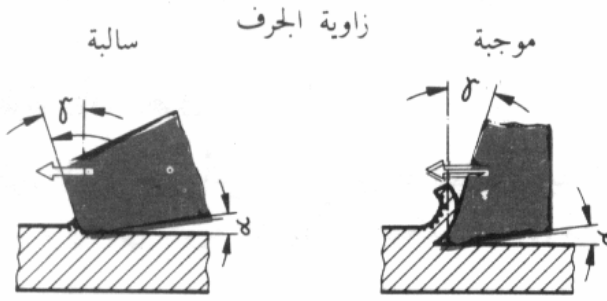
هى الزاوية الموجودة بين سطح الجرف و سطح الخلوص ، وكلما صغرت هذه الزاوية ، إنخفضت أيضا القوة اللازمة ، إلا ان زاوية الاسفين (العدة) يجب ان تكون ملائمة للمادة المطلوب تشغيلها ، إذ أن الإسفين الذي يحتوي على زاوية قطع صغيرة .. ينكسر عندما تكون صلادة المادة الجارى تشغيلها عالية ، وهذا يعني أنه كلما زادت صلادة المادة ، زادت أيضا زاوية الحد القاطع للعدة.

زاوية الخلوص α (الفا) :

هى الزاوية الموجودة بين سطح الخلوص ومستوى حد القطع للعدة ، وعليها يتوقف مقدار الاحتكاك وارتفاع درجة الحرارة ، ويجب إختيار هذه الزاوية بحيث يسمح لأداة التشغيل بالقطع بحرية كافية ، وتتطلب المواد اللينة (الطرية) زاوية خلوص كبيرة ، اذ إنها تسبب إحتكاكاً كبيراً وما يصحبه من حرارة عالية .

زاوية الجرف γ (جاما) :

تؤثر على تكوين الرايش ، وهى الزاوية الموجودة بين سطح الجرف والمستوى الإسنادى لأداة القطع.



شكل ٦ - ١٥

التأثير القاطع لإسفين القطع

زاوية الجرف الصغيرة :

تضغط المادة بشدة في أول الأمر أمام سطح الجرف ، وينشأ بالمواد الصلدة أمام حد القطع ما يسمى بالشق المتقدم ، ثم يجرى قص جسيمات المادة فتنفصل على هيئة رايش متكسر ممزق ، ويصل قوة القطع الى ذروته قبل عملية فصل الرايش ، وتسبب قوة القطع المتغيرة في إهتزاز حد القطع للعدة إلى الأمام وإلى الخلف باستمرار ، مما يؤدي إلى خشونة السطح المشغل . وكلما زادت صلادة المادة وسمك الرايش ، زادت خشونة سطح القطع.

زاوية الجرف الكبيرة :

لا تضغط المادة في هذه الحالة إلا بمقدار صغير ، كما لا يتقصف الرايش ، بل يكون متماسكاً على هيئة رايش متواصل ، وحيث أن حد القطع يتعرض لقوة تغير ضئيلة ، فإن سطح التشغيل في هذه الحالة يكون ناعماً.

تأثير زاوية الجرف الموجبة والسالبة :

تكون زاوية الجرف موجبة عندما توجد بين سطح الجرف والمستوى الاسنادي لأداة القطع زاوية مفتوحة ، ويصبح لحد القطع لأداة التشغيل في هذه الحالة تأثير جرف قاطع ، أما إذا كانت هذه الزاوية مغطاة بالجزء الأمامي من أداة القطع فان زاوية الجرف تكون سالبة ، وتعمل أداة القطع في هذه الحالة بطريقة الكشط ، حيث يكون

معدل إزالة المادة صغيراً ، علماً بأن عمليات الكشط تنتمي إلى عمليات التشغيل الدقيق.

خلاصة :

تكون قيم زاويتي الخلوص والاسفين للعدة دائماً موجبة ، ويمكن ان تأخذ زاوية الجرف قيمة موجبة أو قيمة سالبة أو أن تساوى صفر .

يشكل مجموع زوايا الخلوص والاسفين والجرف زاوية قائمة .. هذا يعني أن

$$\text{زاوية الخلوص } \alpha + \text{زاوية الاسفين (زاوية العدة) } \beta + \text{زاوية الجرف } \gamma = 90^\circ$$

القطع بالعدد اليدوية

هي عمليات تعتمد على المجهود البشرى كما هو الحال في عمليات التآجين .

البراءة . النشر .. هذا بخلاف القشط اليدوي ، وقطع القلاووظ اليدوي ، حيث تبذل بها قوى قطع يدوية ، ويعتمد جودة إنجازها على أداء ومهارة الصانع.

القطع بالأجنة :

تتكون الأجنة من الحد القاطع والجذع والرأس . والنمط الأساسى للحد القاطع

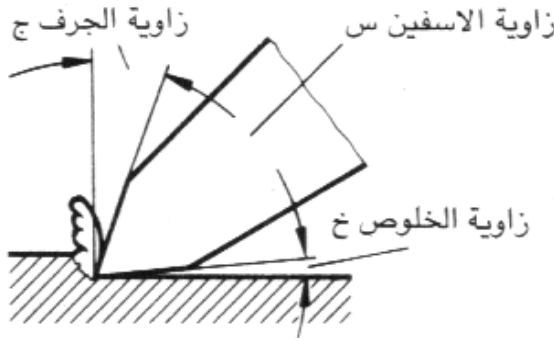
هو الإسفين .. الجزء القاطع بالأجنة شكل ٦ - ١٦ .

فى العادة يكون جذع الأجنة مستديراً عند طرفه الضيق ليسهل مسكه باليد .

ويكون مقطع رأسه أصغر من جذعه ومحدباً فى نهايته ، وحواف الأزميل مشطوبة.

تستخدم الأجنة لإستئصال وفصل أجزاء صغيرة من المشغولات ، وتتولد القوة

اللازمة لذلك من خلال ضربات المطرقة.



شكل ٦ - ١٦

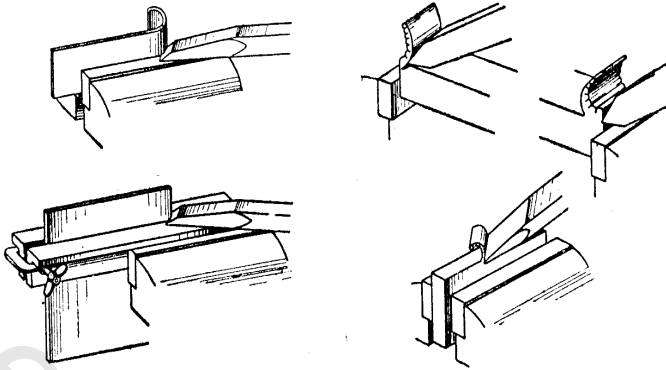
الإسفين .. الجزء القاطع بالأجنة

عملية التأجين :

تعتبر عملية التأجين هي إحدى العمليات اليدوية ، الغرض منها هو إزالة طبقة سميكة أو جزء غير مرغوب منه من معدن المشغولة بواسطة أجنة مجلخة ذات طرف حاد لتقوم بعملية القطع ، من خلال تسليط قوة عليها .. (تسليط قوة عضلية باستعمال مطرقة يدوية مناسبة) كما هو موضح بشكل ٦ - ١٧ ، ومن ثم فإنه يجب إتباع الإرشادات التالية :-

١. إختيار الأجنة المناسبة تبعاً للعملية المطلوب أداؤها.
٢. يجب أن يتم الطرق عند منتصف رأس الأجنة في إتجاه محورها.
٣. يوجه النظر الى موضع القطع.
٤. تثبيت قطعة التشغيل تثبيتاً محكماً عند تشغيلها بالأجنة.
٥. الحفاظ على زاوية الاسفين صحيحة عند تجليخ الأجنة ، كما يجب إختبار الزاوية بواسطة ضبعة من الصاج.
٦. يجب تبريد الحد القاطع أثناء تجليخه ، بحيث يكون التبريد بوفرة لكي يمنع توهج حد القطع.
٧. يصلح حد الأجنة بواسطة حجر صقل لازالة الحزوز الناشئة عن التجليخ الحاد ،

وبذلك يتم التوصل الى مقدرة أعلى للقطع.



شكل ١ - ١٧

أمثلة لعمليات القطع بالأجنة

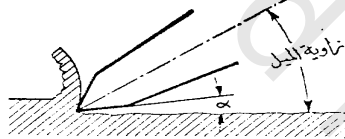
تصنع الأجنات المختلفة الأشكال من الصلب الكربوني بنسبة 0.65 - 0.7 %

كربون ، وتعامل حرارياً بتصليد الجزء القاطع ، ثم يجرى تجليخها بزوايا معينة.

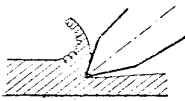
عند استخدام الأجنة في عمليات التآجين المختلفة ، يراعى أن تنحرف (تميل)

على سطح المشغولة بإنحرافاً مناسباً كما هو موضح بشكل 6 - ١٨ ، بحيث تعمل

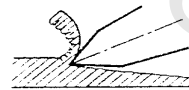
زاوية الخلوص α لإزالة جزء منتظم من معدن المشغولة.



(أ)



(ج)



(ب)

شكل 6 - ١٨

تأثير انحراف الأجنة على السطح المراد قطعه

(أ) زاوية ميل مناسبة.

(ب) زاوية ميل صغيرة.

(ج) زاوية ميل كبيرة.

يستخدم القطع بالأجنة على المشغولات المعدنية المختلفة التي يتعذر عليها القطع بالتشغيل الميكانيكي باستخدام المقاشط أو الفرايز .. مع الأخذ في الاعتبار أن الأسطح الناتجة عن عمليات التأجين (القطع بالأجنة) ذات دقة منخفضة أو دقة متوسطة ، لذلك تقتصر عملية القطع بالأجنة على المشغولات التي لا تتطلب اشتراطات للدقة ، كعمليات الإزالة والتهديب والاستقراب والقطع (الفصل) ، مثل التسوية الخشنة لأسطح المشغولات المسبوكة والمطروقة ، وفي فتح المشقبيات ومجاري الخوابير وقنوات التزييت ولتقطيع وفصل الخامات.

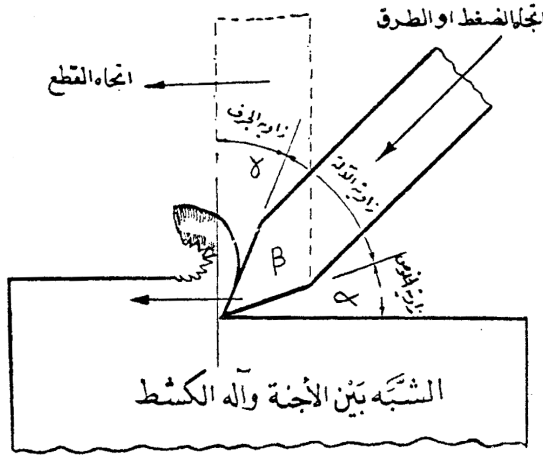
تجرى عملية التأجين بثبيت المشغولات جيداً في الملزمة (المنجلة) ، كما تجرى مباشرة على الأجزاء ذات الأحجام الكبيرة.

زوايا الحد القاطع للأجنة : Angles of chisel cutting edge

تمثل الأجنة Chisel أبسط أنواع عدد التشغيل ، حيث تتخذ أساساً لشرح ميكانيكية عملية القطع وتكوين الرايش أمام الحد القاطع.

يتم اختيار زوايا الحد القاطع للأجنة ، اعتماداً على صلادة المعدن المراد قطعه ، بحيث أنه كلما ارتفعت صلادة المعدن المشغولة ، كلما ارتفعت قيمة زاوية الآلة.

تتشابه زوايا الحد القاطع بالأجنة مع زوايا الحد القاطع بقلم المقشطة (قلم آلة القشط) كما هو موضح بالشكل ٦ - ١٩ من حيث طريقة الاستخدام وكيفية إزالة الأجزاء المراد التخلص منها على هيئة أجزاء معدنية أو رايش.



شكل ٦ - ١٩

تشابه زوايا القطع بالأجنة مع زوايا القطع بقلم القشط

يراعى تجليخ الحد القاطع للأجنة ، عند قطع المشغولات المعدنية المختلفة الصلادة ، بحيث تكون زاوية الآلة (β) كما هو موضح جدول ٦ - ١ على النحو التالي:-

زاوية الآلة	معدن المشغولة المراد قطعها
70°	زهر وبيرونز
60°	صلب
45°	نحاس أصفر وأحمر
35°	ألومنيوم وزنك

وعادة تتخذ زوايا القطع بالأجنة في الأعمال العامة القيم التالية:-

زاوية الخلوص α Clearance angle 10°

زاوية العدة أو زاوية الآلة β Tool angle 60°

زاوية الجرف γ Rake angle 20°

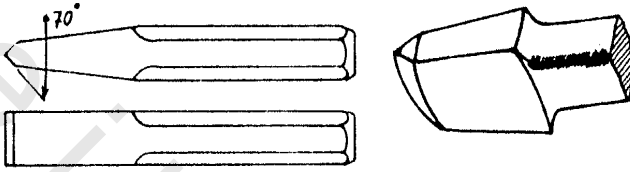
أنواع الأجئات : Chisels Types

يمكن تقسيم الأجئات من حيث الشكل إلى خمسة أنواع كالاتي:-

١- الأجنة العريضة : Edge slightly rounded

هي أجنة ذات حد قاطع عريض ، ويفضل أن يكون الحد القاطع لها منحنياً وخاصة عند طرفيها، وذلك لتجنب إختناق (إنحشار) طرفي الحد القاطع للأجنة بالمشغولة أثناء عملية القطع.

تستخدم الأجنة العريضة الموضحة بشكل ٦ - ٢٠ في تشغيل الأسطح المستوية وللأغراض العامة.

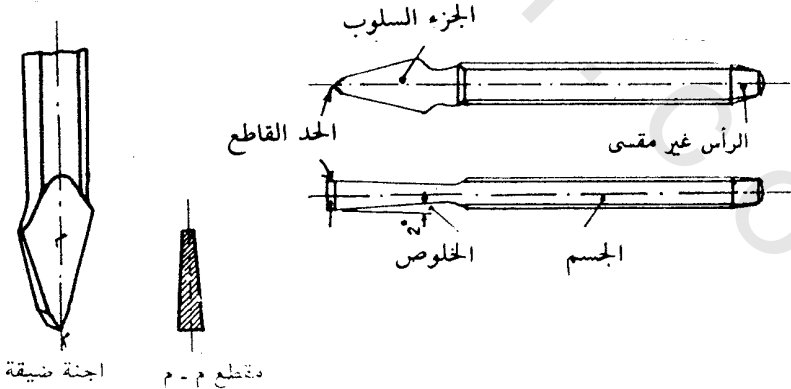


شكل ٦ - ٢٠

أجنة ذات حد قاطع عريض

٢- الأجنة الضيقة : Cross cut chisel

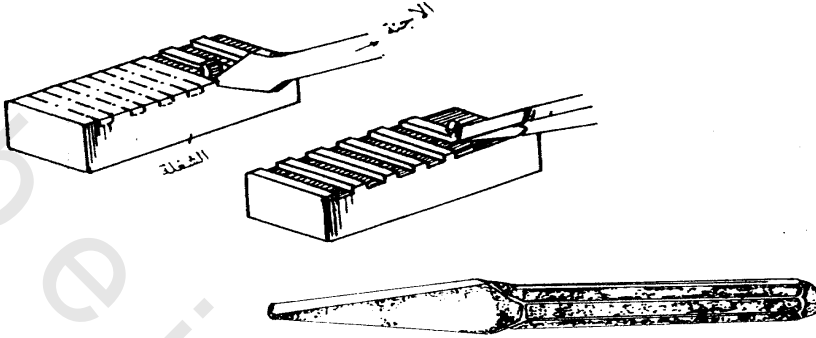
تصنع الأجنة الضيقة بحيث يكون عرض حدها القاطع ، الجزء الأمامي للحد القاطع أكبر منه من الخلف .. أى بشكل مسلوب كما هو موضح بشكل ٦ - ٢١ ، بحيث يترك خلوص لكي لا تختنق الأجنة في شق المشغولة أثناء عملية القطع. يتراوح عرض الحد القاطع لهذه الأجنة عادة ما بين ٣ . ١٣ ملليمتر.



شكل ٦ - ٢١

الأجنة الضيقة

تستخدم الأجنة الضيقة في فتح الشقوق (المجاري) بمقاسات عرضية صغيرة وكبيرة في العمق إلى حد ما كما هو موضح بشكل ٦ - ٢٢ .

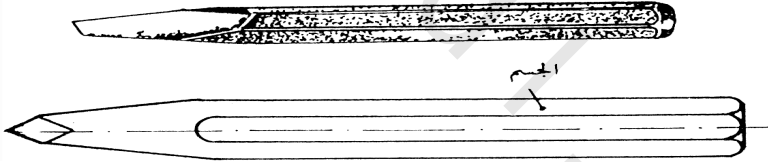


شكل ٦ - ٢٢

استخدام الأجنة الضيقة في فتح المجاري

٣- الأجنة المربعة : Square chisel

تستخدم الأجنة المربعة الموضحة بشكل ٦ - ٢٣ في تشغيل أركان الزوايا الداخلية بالتسوية ، وكذلك في فتح المجاري والقنوات ذات الأركان ، كما تستخدم في فتح المجاري التي مقطوعها على شكل حرف V.



شكل ٦ - ٢٣

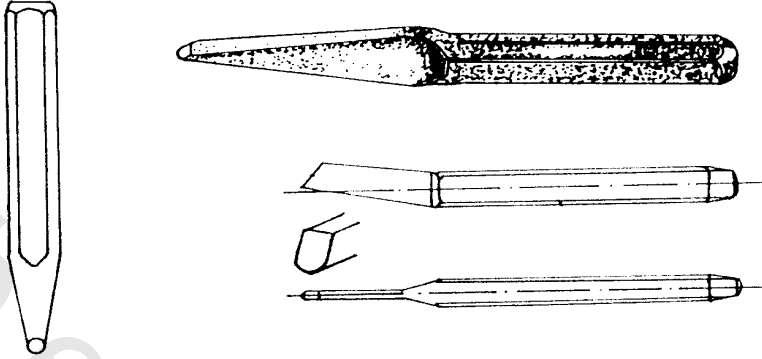
الأجنة المربعة

٤- الأجنة المستديرة : Round chisel

تصنع الأجنة المستديرة بحيث يكون طرفها القاطع بشكل مستدير أو بشكل نصف مستدير شكل ٦ - ٢٤ .

تستخدم في فتح مجاري زيت التزليق أو لفتح المجاري الصغيرة أو الدقيقة ،

وتعرف الأجنة المستديرة لدى الفنيين باسم (قلم أجنة ضفر) .

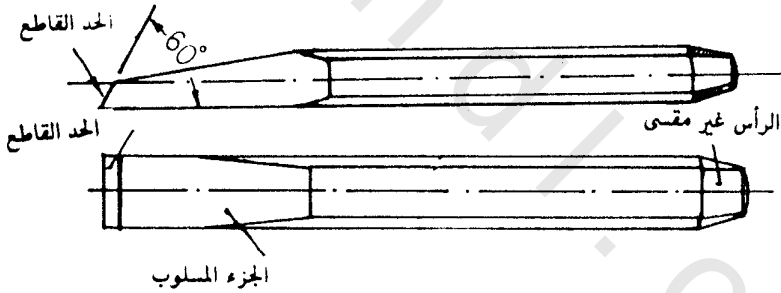


شكل ٦ - ٢٤

الأجنة المستديرة.

٣- الأجنة المستوية : Flat chisel

هي أجنة ذات حد قاطع مستقيم كما هو موضح بشكل ٦ - ٢٥ ، وتستخدم في أغراض تحديد مواضع القطع (الفصل) ، وتعتبر هذه الأجنة من الأجئات الأكثر انتشاراً واستخداماً.



شكل ٦ - ٢٥

الأجنة المستوية

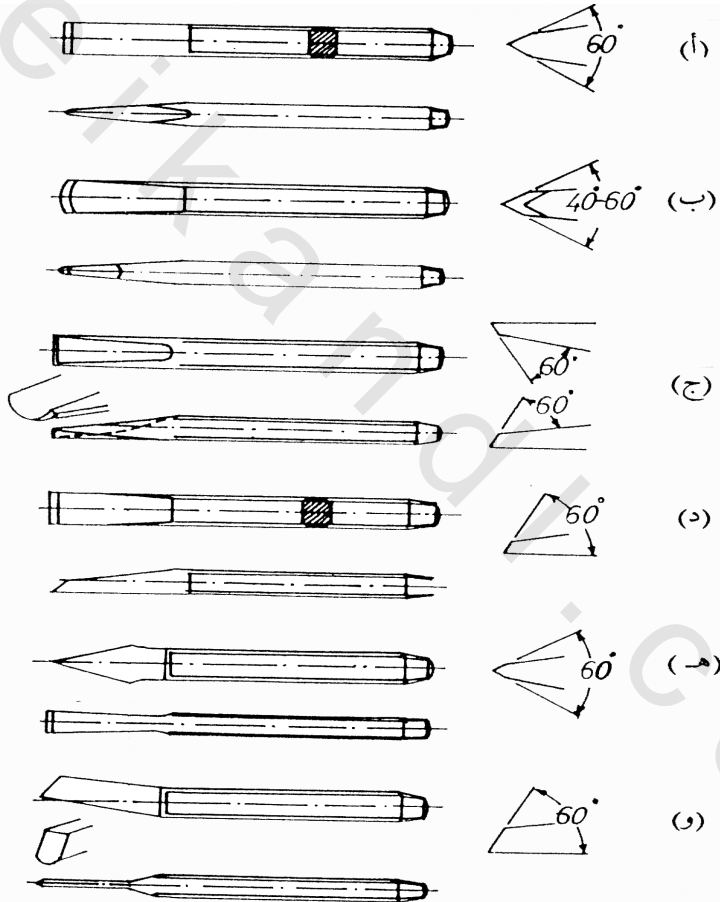
هذا ومن الممكن صنع الأجئات بأشكال خاصة ، لكي تفي بالمتطلبات الصناعية المختلفة ، حيث يجلخ الحد القاطع للأجئة ليتناسب مع شكل مقطع الجزء المراد تشغيله.

ويوضح شكل ٦ - ٢٦ رسماً تخطيطياً لأهم أنواع الأجئات ، حيث يظهر

بوضوح أن زاوية الآلة (زاوية المعدة) لمعظم أنواع الأجنات تبلغ 60° وذلك عند قطع المعادن الحديدية.

يتوقف سمك وحجم الأجنة على شكل مقطع الجزء المراد تشغيله ونوع المشغولة ، وقد يصل سمك طرف الأجنة العريضة عند قطع بعض المعادن الغير حديدية كالألومنيوم والزنك والرصاص إلى حوالي 1.5 ملليمتر.

صممت الأجنة بأطوال تتراوح ما بين 10 - 20 ملليمتر ، وذلك لكي يكون الطرق عليها مؤثراً.



شكل ٦ - ٢٦

رسم تخطيطي لبعض أنواع الأجنات المألوفة

- (أ) أجنة مستقيمة (مستوية) .. Flat.
- (ب) أجنة ذات حد قاطع عريض (مقوس) .. Arched nose.
- (ج) أجنة بحد مستدير .. Round chisel.
- (د) أجنة قص .. Sheer.
- (هـ) أجنة ضيقة .. Cross Out.
- (و) أجنة ثقوب (المجاري الزيت).

النشر .. Sawing

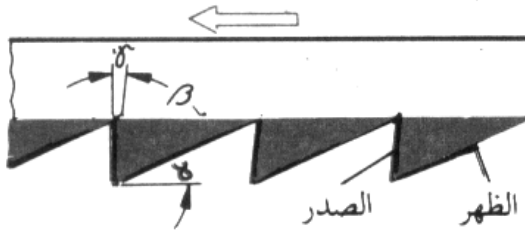
هي عملية فصل الأجزاء عن بعضها البعض ، بإزالة المعدن من الحيز الدقيق (الضيق) الذي يتحرك فيه المنشار حركة ترددية.

تستعمل عمليات النشر لفصل المشغولات ولفتح الأخاديد والشقوب.

أسلوب عمل المنشار :

يتكون نصل المنشار من حواف قاطعة متعددة متتالية مصلدة ، يتجمع الرايش الناتج في فراغات الجرف (فراغات الأسنان) ثم يطرد خارج شق القطع.

تبلغ مجموع زوايا سن المنشار .. زاوية الخلوص α 38° + زاوية الإسفين β 5° + زاوية الجرف γ 2° = 90° شكل ٦ - ٢٧ ، وتتوقف خطوة الأسنان (المسافة بين سنتين متتاليتين) على صلادة وتخانة مادة المشغولة.



شكل ٦ - ٢٧

زوايا سن المنشار

$\alpha = \text{زاوية الخلوصل} \sim 38^\circ$

$\beta = \text{زاوية الإسفين} \sim 50^\circ$

$\gamma = \text{زاوية الجرف} \sim 2^\circ$

العلاقة بين خطوة الأسنان ونوع المادة :

تمثل الأسنان إسافين سلاح المنشار قطع صغيرة تقع خلف بعضها البعض ، ويتحدد شكل السن وحجم فراغات الأسنان تبعاً لنوع المادة المراد قطعها ، وتقوم فراغات الأسنان بتخزين الرايش الناتج عن عملية النشر وإخراجه من الشق المقطوع ، ومن ثم فإنه يجب أن تكون هذه الفراغات في حالة المواد اللينة أكبر . يتحدد عدد الأسنان سلاح المنشار تبعاً لتخانة وطول الجزء المراد قطعه ، لذلك يجب إختيار أسنان دقيقة عند نشر الأنابيب (المواسير).

نوع وعدد أسنان سلاح المنشار في البوصة :

(البوصة = ٢٥.٤ ملليمتر)

أسنان خشنة للمواد اللينة (الطرية) ١٤ . ١٦ سنة / بوصة

أسنان متوسطة للمواد الصلدة ٢٢ . ٢٥ سنة / بوصة

أسنان دقيقة للمواد عالية الصلادة ٢٨ . ٣٢ سنة / بوصة

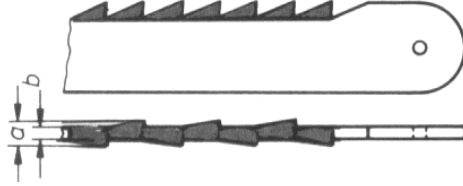
امكانية ايجاد مجرى قطع بخلوص حر :

تتولد حرارة في كل من المادة ونصل المنشار نتيجة للاحتكاك أثناء القطع ، مما قد يؤدي الى حدوث التحام على البارد لجسيمات دقيقة من المعدن على نصل المنشار وعلى السطح المقطوع لقطعة التشغيل ، فتكون النتيجة إختناق (إنحشار) نصل المنشار في الشق المقطوع ، ومن ثم فإنه يجب أن يكون الشق المقطوع بالأسنان أعرض من سمك نصل المنشار حتى يمكن للمنشار أن يقطع قطعاً حرّاً داخل مجرى قطع بخلوص مناسب . يتم ذلك عن طريق تفليج أو تمويج نصل المنشار أو بتجليخه تجليخاً مسلوياً في إتجاه ظهر النصل.

التفليج :

أساسيات هندسة الإنتاج

يستخدم سلاح المنشار المفلج الموضح بشكل ٦ - ٢٨ في قطع المواد اللينة ، والتفليجة عبارة عن أسنان مفردة أو مزدوجة متجهة إلى اليمين وإلى اليسار بالتعاقب بطريقة منتظمة.



شكل ٦ - ٢٨

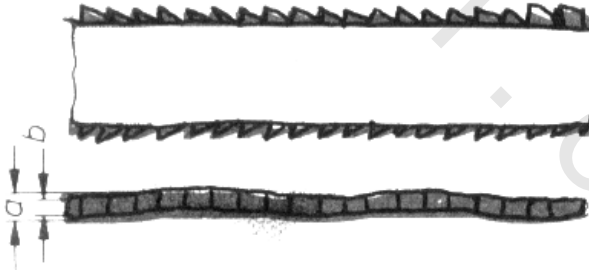
سلاح المنشار المفلج

عرض الشق a

سمك نصل المنشار b

التمويج :

يستخدم سلاح المنشار المموج الموضح بشكل ٦ - ٢٩ في قطع المواد الصلدة ، وتموج الأسنان عبارة عن حنى مجموعات من الأسنان (نحو ستة أو سبعة أسنان) إلى جهة اليمين وإلى جهة اليسار بالتعاقب ، ويصلح التمويج بصفة خاصة للأسنان الدقيقة.



شكل ٦ - ٢٩

سلاح منشار مموج

عرض الشق a

سمك نصل المنشار = b

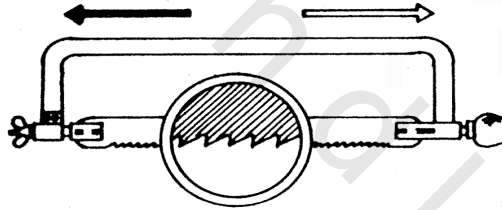
تجليخ نصل أسلحة المناشير الكبيرة :

يجلج نصل أسلحة المناشير الكبيرة ، بحيث تكون مسلوية فى اتجاه ظهر السلاح .. أي تكون حدود قطع الأسنان أعرض من بقية النصل ، مما يسمح بالقطع الحر .

النشر اليدوي : Hand sawing

تعتمد عملية النشر اليدوي (Sawing Operations) في هذه الحالة على القوة العضلية للصانع أو الفني مع مراعاة قيادة سلاح المنشار (Saw Blade) في الوضع الصحيح وفى مستوى أفقي ثابت كما هو موضح بشكل ٦ - ٣٠ ، مع الضغط على المنشار أثناء الحركة الأمامية له (حركة القطع أو المشوار الفعال) ، ويزال الضغط في مشوار الرجوع بدون رفع سلاح المنشار من المشغولة .

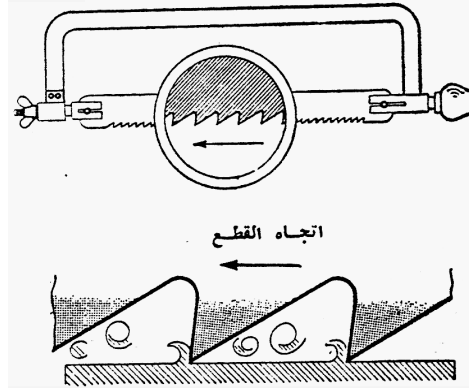
تصدر حركة المنشار من الذراعين ويساعدهما حركة مناسبة من الجسم ، وهذا يتطلب وضعاً صحيحاً للجسم والمشغولة أثناء حركة المنشار الترددية.



شكل ٦ - ٣٠

قيادة سلاح المنشار في الوضع الصحيح

تقوم أسنان سلاح المنشار بإزالة جزء صغير من المشغولة على هيئة رايش كما هو موضح بشكل ٦ - ٣١ ، وينتج عن هذه الحركات الترددية للمنشار فصل جزء من معدن المشغولة.



شكل ٦ - ٣١

قيام أسنان المنشار بإزالة أجزاء صغيرة من معدن المشغولة على هيئة رايش

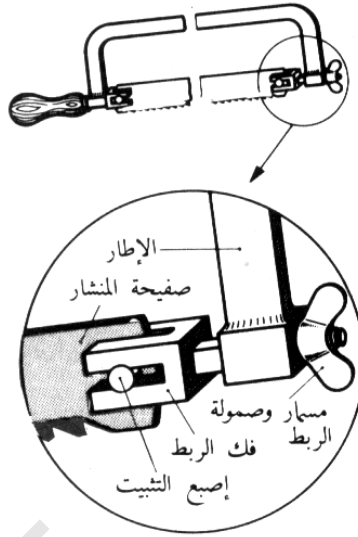
المناشير اليدوية للمعادن:

يمكن تقسيم المناشير اليدوية الى مناشير القوس Hack Saws ، ومناشير المنحنيات Compass Saws ومناشير إطارية Frame Saws .

يستخدم منشار المعادن الإطاري الموضح بشكل ٦ - ٣٢ فى كل الحالات التى لا يمكن استخدام الماكينات ، ويعمل هذا المنشار بالدفع ، وغالبا يستخدم معه نصل مموج يتم شده بصمولة ذات جناحين.

عند بدء القطع يسند سلاح المنشار على حافة قطعة التشغيل بزاوية صغيرة بقدر الامكان حتى لا تنكسر أسنان النصل ، ويفضل حز حافة قطعة التشغيل بمبرد مثلث أو بدء النشر بالأسنان دقيقة الخطوة ، عندئذ يبدأ المنشار .. وبذلك تكون حواف الأسنان حادة ونظيفة.

يراعى شد نصل المنشار بحيث يكون جسيماً وبوضع تثبيت مستوى ، كما لا يجوز التحميل على سلاح المنشار إلا فى شوط العمل ، وعند النشر لاعماق كبيرة يثبت ويربط نصل المنشار اليدوى فى اطارها فى الوضع المستعرض .



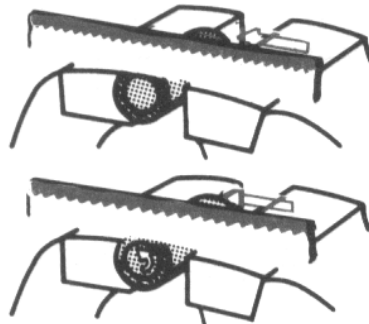
شكل ٦ - ٣٢

المنشار الإطاري

نشر الأنابيب :

يبدأ النشر كما هو موضح بشكل ٦ - ٣٣ حتى تخترق الأسنان الأنبوية فقط ، ثم تدار الأنبوية في اتجاه القطع حتى لا تشتبك الأسنان وتتكسر ، ويستمر النشر حتى تخترق الأسنان الأنبوية ، ثم تدار الأنبوية مرة أخرى في اتجاه القطع .. حتى تنفصل تماماً.

في حالة كسر سنة مفردة من المنشار يتعين إخلاء مكانها بالتجليخ.



شكل ٦ - ٣٣

نشر الأنابيب .. (المواسير)

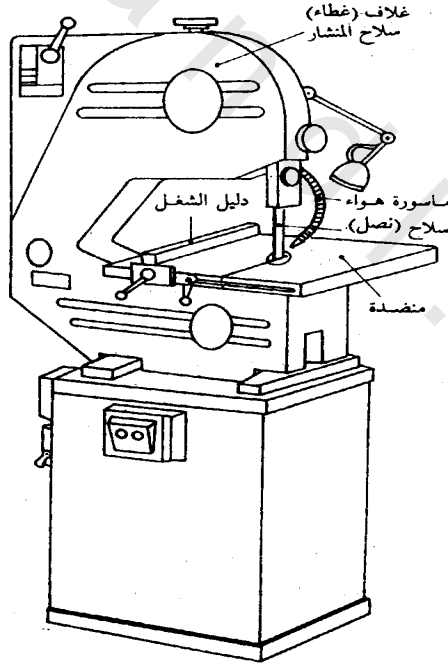
المناشير الآلية للمعادن :

يمكن تقسيم المناشير الآلية الى المناشير الشريطية والدائرية والترددية ومناشير الفصل السريع.

يربط نصل المنشار فى ماكينة النشر ، حيث يتحرك سلاح المنشار الحركة الترددية أو الحركة الدائرية . يستخدم مستحلب تبريد عند نشر المعادن المصنوعة وهو عبارة عن خليط من زيت الصابون والماء.

المنشار الشريطى :

المنشار الشوئطي الموضح بشكل ٦ - ٣٤ هو منشار آلى لتشغيل الخشب والمعادن ، وفيه يدور شريط منشار حركة دائرية متواصل حول عجلتين كبيرتين ، حيث تكون الإدارة فى غالب الأحيان من جانب العجلة السفلى ، وتقوم دلافين توجيه مرتبة بأعلى مستوى طاولة المنشار بمنع الشريط من الانحراف عند تحميله.



شكل ٦ - ٣٤

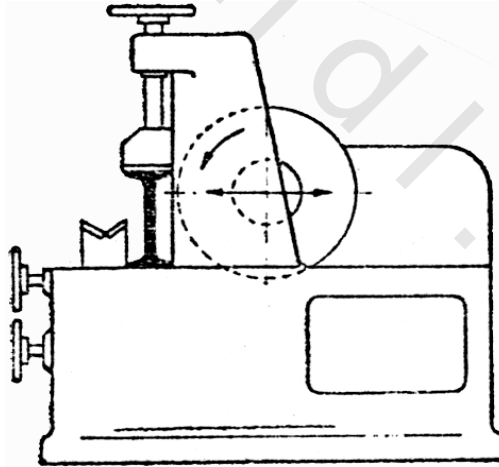
المنشار الشريطي

المنشار الدائري (منشار الصينية) :

يستخدم منشار الصينية الموضح بشكل ٦ - ٣٥ في نشر المشغولات السمكية أو العريضة . يصنع قرص المنشار من صلب العدة أو من صلب الانشاءات ، بحيث تكون الأسنان مفلجة أو مجلحة بزاوية خلوص .

تزود أقراص المنشار بلقم مسننة مصنوعة من صلب سريع القطع أو من الكريد ، وتكون زوايا الأسفين (العدة) والخلوص أصغر من مثيلاتها في نصل المنشار اليدوي ، مما يجعل حدود القطع تتغلغل في المادة بسهولة . يؤدي ذلك إلى معدل قطع أكبر .

وغالبا يتم تنظيم تغذية منزلقة المنشار بطريقة ميكانيكية ، حيث التغذية التلقائية مما يؤدي الى زمن صمود مناسب لقرص المنشار عند نشر المقاطع ذات المساحات الكبيرة.



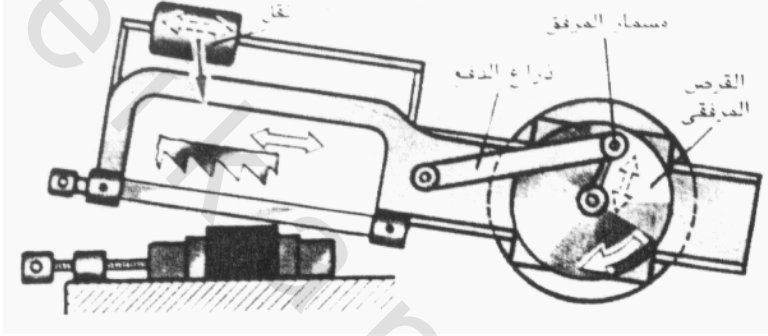
شكل ٦ - ٣٥

منشار الصينية

المنشار الترددى :

يعتبر المنشار الترددى الموضح بشكل ٦ - ٣٦ من أكثر المناشير الآلية استخداماً . يتحرك إطار المنشار فى أدلة إنزلاقية بواسطة قرص مرفقى يؤدي نحو 30 الى 150 شوطاً مزدوجاً فى الدقيقة ، وذلك فى حالة نصل المنشار الذى يصل طوله حتى 650 ملليمترز

يقطع المنشار الترددى فى مشوار السحب ، أما اثناء شوط الرجوع فان النصل يرتفع بواسطة حذبة غير مركزية ، مما يؤدي الى زيادة زمن صمود سلاح المنشار.



شكل ٦ - ٣٦

المنشار الترددى

تلافي الحوادث :

تتزايد احتمالات وقوع الحوادث عند استخدام المناشير الآلية . لذلك يجب مراعاة

الآتي :-

١. أن تكون أشرطة المناشير مسورة واقراص المناشير الدائرية مغطاة.
٢. يكون خطر الأصابات الخفيفة قائماً عند النشر المتغلغل حتى الفصل.
٣. يؤدي شد الأنصال شداً أكثر من اللازم إلى كسرها.
٤. عدم مسك المشغولات باليد اثناء عملية النشر.
٥. عدم رفع ضغط القطع أكثر من اللازم.

البرادة

على الرغم من الامكانيات المتنوعة لتشغيل المعادن على ماكينات العدة ، فإنه لا يمكن الاستغناء عن عملية البرادة . ونتيجة للتطور التكنولوجي للمبادر الآلية . فإن عمليات البرادة اليدوية تقتصر فى الوقت الحالى غالباً على البرادة الانجازية ، وأعمال تشطيب وتجميل المشغولات ، وتشكيل التوافقات السطحية فى حالات الإنتاج الفردى .

عمليات البرادة : Filing Operations

هى عملية الغرض منها إزالة طبقات رقيقة من أسطح المشغولات المعدنية المراد تشغيلها على هيئة جزيئات صغيرة تسمى بالرايش أو النحاتة ، وذلك عن طريق استعمال المبادر Files المختلفة ، لغرض تسوية الأسطح بالشكل والقياس المطلوب .

المبرد : File

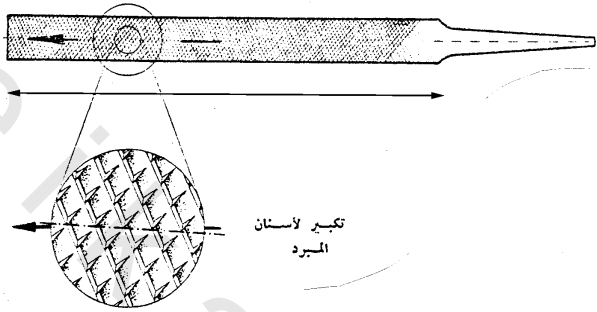
المبرد هو عبارة عن أداة قطع متعددة الأسنان .. أى ذات حدود خاصة . كل سنة من أسنان المبرد عبارة عن حد قاطع يحتوى على زاوية جرف وزاوية خلوص ، شأنها شأن الأدوات والعدد القاطعة الأخرى ، الغرض من هذه الأسنان هو تسوية الأسطح المعدنية المختلفة .

تصنع المبادر من الصلب العالى الكربونى المقسى والطبع بأنواع وأشكال وأبعاد مختلفة ، لتتناسب مع المواد المراد تشغيلها وطبيعة عملية البرادة .

تركيب وتصنيف المبرد :

المبرد الموضح بشكل ٦ - ٣٧ هو عدة تشغيل بالقطع . يتكون من الجسم (وجه المبرد) والأسنان المشكلة بالتفريز أو بالطرق.

تصنع المبرد من قطعة مناسبة من الصلب الخام بتشكيلها بالطرق وتلدينها ، ثم يتم فى النهاية تجليخها وتسويتها . وبعد تشكيل أو تفريز حدود القطع السفلى والعليا تصلد المبرد ثم تطبع سياليتها (أطراف مسكها) حراريا.



شكل ٦ - ٣٧

تفصيل حدود القطع المشكلة فى المبرد

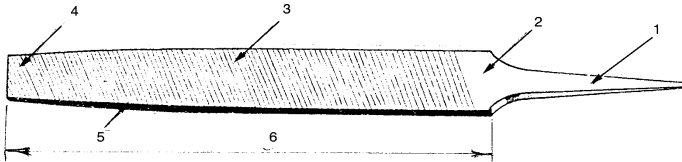
مواصفات المبرد :

تحدد مواصفات المبرد المختلفة بالسلمات الآتية :-

١- طول المبرد : File length

يعرف طول المبرد بطول الجزء القاطع ، أى من طرف المبرد إلى كتفه (بعد استبعاد المقبض) كما هو موضح بشكل ٦ - ٣٨.

يتراوح طوله عادة ما بين ٤ - ١٢ بوصة ، ويصل إلى ١٤ بوصة ، وفى النظام المتري ما بين ١٠٠ . ٣٥٥ ملليمتر.



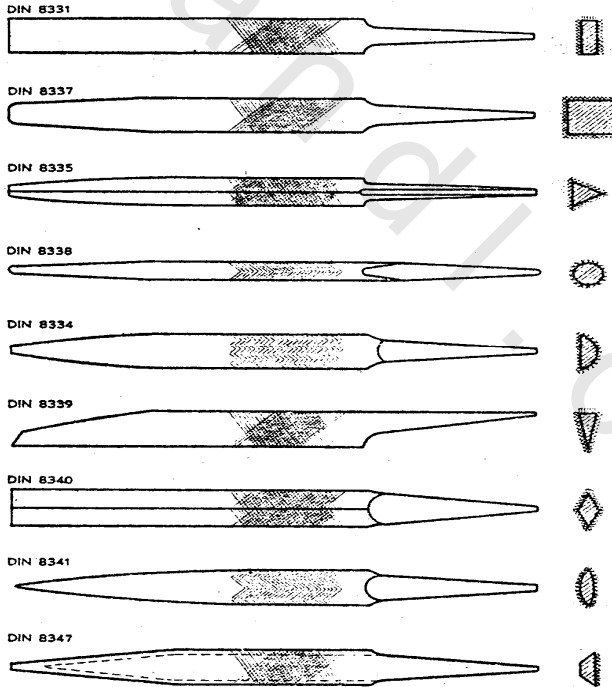
شكل ٦ - ٣٨

طول وأجزاء المبرد

- ١ - النصاب .
- ٢ - كعب المبرد .
- ٣ - وجه المبرد .
- ٤ - طرف المبرد .
- ٥ - جانب المبرد .
- ٦ - طول المبرد .

٢- شكل المقطع : Shape of section :

تصنع المبادر بمقاطع متعددة الأشكال شكل ٦ - ٣٩ لكي تفي بالأغراض المختلفة التي تستخدم من أجلها ، ويسمى المبرد بشكل مقطعه ، فمثلا يسمى المبرد ذو القطع المستطيل بالمبرد المبطط ، وذو المقطع المربع بالمبرد المربع ، وذو المقطع المثلث بالمبرد المثلث .. إلى غير ذلك من الأشكال.



شكل ٦ - ٣٩

أنواع المبرد الشائعة الاستعمال وأشكال مقاطعها

أنواع أسنان المبرد :

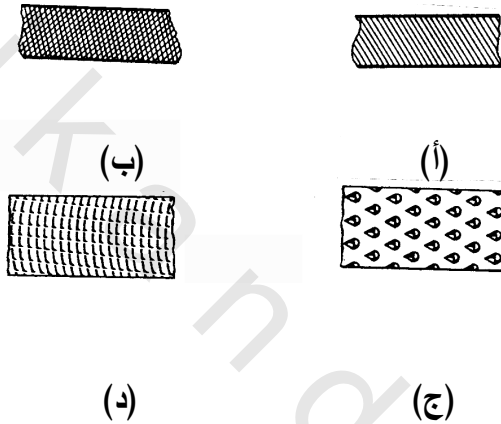
يمكن تقسيم أسنان المبرد الموضحة بشكل ٦ - ٤٠ إلى الأنواع التالية :-

(أ) أسنان مفردة القطع.

(ب) أسنان مزدوجة القطع.

(ج) أسنان محببة.

(د) أسنان منحنية.



شكل ٦ - ٤٠

أنواع أسنان المبرد

١. عدد الأسنان في وحدة الطول : Number of teeth at length unit

عدد الأسنان في وحدة الطول هو الذي يحدد درجة نعومة أو خشونة المبرد ، حيث

يتوقف على عدد الأسنان لكل سنتيمتر طولي (للطول الكلي للمبرد) .

توجد مبرد خشنة .. أي أسنانها متباعدة .. (ذات خطوة كبيرة) ، تسمح بإزالة

كمية كبيرة من المعدن بسرعة ، تستخدم مثل هذه المبرد في التخشين ، علماً بأنها لا

تعطى أسطحاً ناعمة ، أما المبرد الناعمة فأسنانها متقاربة وصغيرة .. (ذات خطوة

صغيرة) ، وهي تسمح بإزالة كمية صغيرة أو ضئيلة من المعدن ، تستخدم مثل هذه

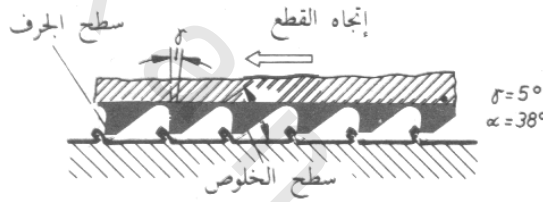
أساسيات هندسة الإنتاج

المبارد للحصول على أسطح ناعمة.

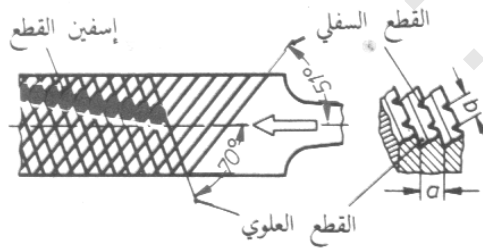
المبارد المشكلة بالطرق والتفريز :

يمكن عند فحص أسنان المبرد من خلال عدسة مكبرة ملاحظة الأسنان المشكلة بالطرق الموضحة بشكل ٦ - ٤١ (أ) ، يكون لها زاوية جرف سالبة (١٥°) ، مما يعنى ان المبرد المشكل بالطرق يعمل بطريقة كاشطة ، وذلك بعكس المبارد المفزة التى تكون لأسنانها زاوية جرف موجبة وتعمل بالقطع .

وتساعد فراغات الأسنان الأكثر كبراً والمستديرة الشكل الموجودة فى المبارد المفزة الموضحة بشكل ٦ - ٤١ (ب) على التخلص من البرادة ، ومن ثم يفضل تشغيل المواد غزيرة البرادة مثل المعادن الخفيفة والنحاس واللدائن بالمبارد المفزة ، كما تصلح هذه المبارد كذلك لتشغيل حديد الزهر الرمادى والصلب .



مبارد مفزة
ذات زاوية جرف موجبة وأداء قاطع (جرف)



القطع السفلي 70°
القطع العلوي 51°

شكل ٦ - ٤١

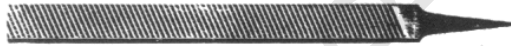
مبارد مشكلة بالطرق والتفريز

الأسنان القاطعة السفلى والعليا للمبرد :

تستخدم المبارد ذات الأسنان مفردة القطع أو الأسنان المقوسة أو المائلة لتشغيل المواد الطرية ، إذ أنه لا يسهل على الرايش الناتج (البرادة) أن يلتصق بهذه المبارد .

وبتجهيز المبرد من الجهة العلوية بحدود قطع (أسنان) أقل عمقاً من حدود القطع (الأسنان) السفلى ، بحيث يميل عليها بزاوية محددة ، حيث تنشأ أسنان صغيرة عديدة تعمل على تقطيع الرايش (البرادة) ، وبالتالي يسهل التخلص منها.

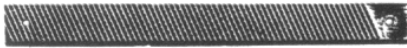
ولكى لا تقع الأسنان والفراغات خلف بعضها البعض ، مما يؤدي الى ظهور حروز بالمشغولات التي يجرى تشغيلها بهذه المبارد ، فان حدود القطع (الأسنان) السفلى والعلوى يميلان بزاويتين مختلفتين (51° ، 70°) بالنسبة لمحور المبرد شكل ٦ - ٤٢ ، كما يجب ان تكون الحدود القطعة العلوية أدق أو أوسع من الحدود القطعة السفلى . هذا وتندرج خشونة أو نعومة المبارد (٠٠ ٨) تبعاً لصغر أو كبر خطوة أسنانها المفردة وعمقها.



أسنان مفردة القطع مائلة



أسنان مقوسة القطع



أسنان مزدوجة القطع

شكل ٦ - ٤٢

الأسنان القاطعة السفلى والعليا

تصنيف المبارد حسب نوع القطع للأسنان :

تصنف المبارد وفقاً للمقاس ونوع القطعية المفردة والمزدوجة (القطعية

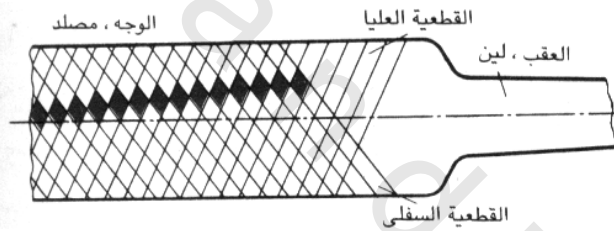
أساسيات هندسة الإنتاج

التصالبية) وتقسيم القطعية وطريقة تشكيل الأسنان وشكل المقطع.

تستخدم القطعية المفردة بالدرجة الأولى في المبرد المخصصة لمعالجة مواد التصنيع اللينة كالقصدير والزنك والرصاص والألومنيوم ، وتستخدم القطعية المزدوجة أو التصالبية في المبرد العامة المخصصة للمعادن الأكثر صلادة والدائن ، علماً بأن هذه البارد تحتوي على قطعية سفلى بزوايا مختلفة وتقسيم متفاوت لكل منها كما هو موضح بشكل ٦ - ٤٣ ، وتنشأ عن تصالب القطعتين أسنان مزاحة تعمل على قطع رايش قصير متكسر ، كما تمنع ظهور التموجات على سطح المشغولة.

أما القطعية الجدرية أو المحببة فإن الأسنان المشكلة بالطرق تكون مفردة ومتباعدة نسبياً.

تستخدم المبرد ذات القطعية الجدرية أو المحببة في معالجة الخشب والأنسجة الصلدة والجلد وما يماثلها.



شكل ٦ - ٤٣

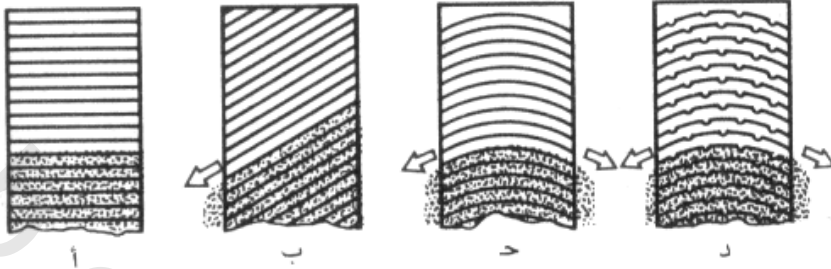
القطعية المزدوجة التصالبية

ترتيب القطعية في المبرد :

تتغلغل الأسنان في المشغولة نتيجة لضغط المبرد لإزالة رايش صغير ، وقد يؤدي ترتيب القطعية عمودياً على محور المبرد كما هو موضح بشكل ٦ - ٤٤ (أ) إلى تراكم الرايش بين الأسنان ، لذلك ترتب القطعية مائلة بالنسبة إلى محور المبرد شكل ٦ - ٤٤ (ب) وذلك لتسهيل تدفق الرايش إلى الخارج.

تسمح الأسنان المقوسة المشكلة بالتفريز بتدفق الرايش إلى جانب المبرد شكل ٦ - ٤٤ (ج) . وتلزم قوة قطع أكبر إذا كانت الأسنان تغطي تماماً كامل عرض المبرد

. وتفضل البارد ذات الأسنان المتقطعة المشكلة بالتفريز شكل ٦ - ٤٤ (د) لأنها تهشم الرايش الناتج لتسهيل إخراجها وسقوطها على جانب المبرد.



شكل ٦ - ٤٤

ترتيب القطعية بالمبارد

جودة وزمن التشغيل :

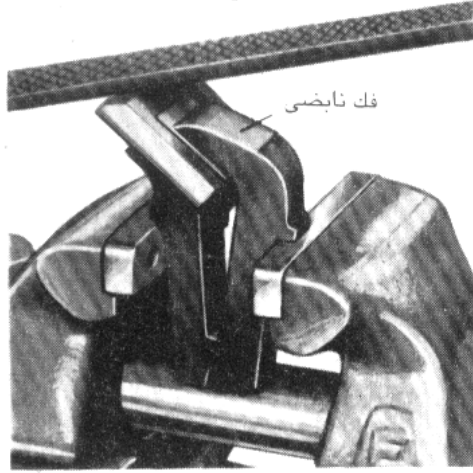
تعتمد جودة ودقة التشغيل بالمبرد وكذلك زمن التشغيل اللازم إلى حد كبير على اختيار المبرد المناسب في كل حالة ، ويتوقف ذلك بدوره على الجودة المطلوبة لسطح المشغولة وعلى نوع مادة تصنيعها . وتطبق القاعدة التالية في إنتقاء المبرد وفقاً للقطعية.

للمواد اللينة .. تعني قطعية خشنة مع تقسيم كبير .

للمواد الصلدة .. تعني قطعية دقيقة مع تقسيم صغير .

برادة السطوح المائلة:

تقمت المشغولة عند تشغيل حوافها في قامطة نابضة ذات فكين مائلين كما هو موضح يشكل ٦ - ٤٥ وتثبت على الملزمة ليصبح السطح الملراد برده في وضع أفقي.



شكل ٦ - ٤٥

القمط باستخدام قامطة نابضة

تركيب المبراد فى مقابضها :

يجب أن يكون المقبض مناسباً لحجم المبرد ، كما يجب ثقب المقبض ثقباً أولياً متدرجاً لتركيب السيلان.

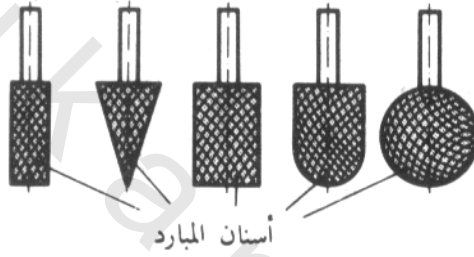
تستخدم للمبارد الابرية ذات الأطراف المستديرة مقابض قابلة للتبديل تثبت بمسامير ملولبة.

تنظيف المبراد :

يزال الرايش المتجمع بين أسنان المبراد ذات القطعية الخشنة بفرشاة مبراد . وفى المبراد ذات القطعية الدقيقة ، تعجز فرشاة الصلب عن التغلغل فى فراغات الاسنان ، لذلك تمشط هذه المبراد بألواح من النحاس أو النحاس الاصفر . ويمكن منع حشر البرادة والتصاقها بالمبراد بحكمها بالطباشير أو بالتلك ، وتستخدم فرشاة مبراد خاصة لتنظيفها ، كما تستخدم صفيحة من النحاس الاصفر بمقياس ١٠٠ × ٢٠ × ٢ مم لأزالة البرادة الملتصقة بها.

المبارد الخاصة :

المبارد الخاصة هي المبارد الجذعية الدوارة شكل ٦ - ٤٦ وتعرف أيضا بالمبارد التوربينية ، وتدار بواسطة محرك كهربائي أو عن طريق عمود ادارة مرن قابل للحنى . تستخدم المبارد الدوارة فى تشغيل القوالب (الاسطوانات) ومجارى التزليق ، وتكون خطوة اسنان المبارد الدوارة دقيقة أو خشنة . يراعى عند إستخدام البار الدوارة أن تكون سرعة دوران منخفضة لخطوة الاسنان وللمواد الصلدة . وسرعة دوران عالية لخطوة الاسنان الكبيرة وللمواد الطرية .



شكل ٦ - ٤٦

بعض أشكال للمبارد الدوارة

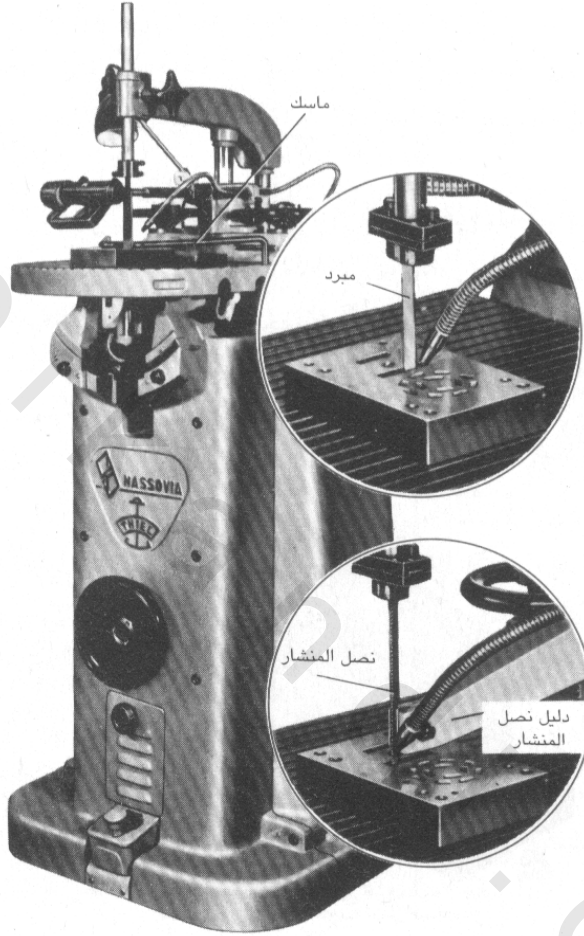
مكونات البرادة

تستخدم المبارد الآلية فى الصناعات الميكانيكية ، وبخاصة صناعة العدد ، ويمكن بهذه الماكينات إنجاز أسطح متناهية الدقة وذلك نتيجة إستقامة عدة البرادة ، هذا بالإضافة إلى إختصار هائل لزمان التشغيل بنسبة كبيرة ، فضلا عن ضآلة الجهد الجسمانى المبذول .

ماكينة البرادة الترددية :

تستخدم ماكينات البرادة الترددية الموضحة بشكل ٦ - ٤٧ أشرطة عبارة عن مبارد آلية . يتراوح طول الشوط ما بين ٢٥ . ١٢٥ مم ، وعدد أشواط الشغل ما بين ٤٠ . ٤٠٠ فى الدقيقة . يتحرك المبرد الآلي بصورة ترددية فى مستوى رأسى . يطرد

الرايش الناتج عن عملية البرادة الآلية عن طريق تيار من الهواء المضغوط.
تستخدم مكثات البرادة الترددية عادة في برادة السطوح الداخلية للمشغولات.



شكل ٦ - ٤٧

ماكينة برادة ترددية

ملاحظات :

يبلغ قدرة المبرد الشريطي الدوار أضعاف قدرة المبرد الترددية ، كما أن
إستهلاك العدة ضئيل جداً.

لا تستخدم المبراد الشريطية فى برادة الأسطح الداخلية إلا إذا كان قطر فتحة الدخول ١٠ مم او اتساعها ٨ × ٨ مم على الأقل.

الكشط والتطبيع

الكشط والتطبيع هما تسميتان لعملية تشغيل يدوى على الدقة لتحسين درجة جودة السطح وزيادة دقة المقاسات

تمثل عمليتا الكشط والتطبيع إلى جانب طرق آلية أخرى (الصقل بالضغط والدلفنة) طريقة متممة لطرق إنتاجية عديدة ، حيث يتم بها تسوية قمم الخشونة المتخلفة.

والخشونة هى إنحراف السطح الفعلي عن السطح المطلوب ، ويتم قياس الخشونة بالميكرون أو الميكرومتر (الميكرومتر = $\frac{1}{1000}$ من المليمتر) ، ويمكن بعمليات التشغيل العالية الدقة زيادة المساحات الحاملة لأسطح التحميل والأزواج ومنع التسرب إلى ما يصل الى ٨٠ % ، كما يمكن إحكام منع التسرب فى الوصلات ذات الأسطح المشغلة بالكشط.

تصنع الكاشط من الصلب السبائكي المنخفض الخلط ، كما توجد تصنع مكاشك تحتوي على لقم كربيدية قابلة للإستبدال.

تستعمل المكاشط القوية فى عملية الكشط الأولي للأسطح المستوية ، بينما يستخدم للكشط النهائي مكشطة ذات حافة قطع مستديرة ، حيث تسهل الحافة المستديرة من إستئصال الأجزاء الدقيقة.

الغرض من الكشط :

عن التشغيل بالقطع تنشأ على سطح المشغولات نتوءات وأخاديد . وحتى على الأسطح المنجزة بدقة يمكن بعدسة مكبرة رؤية تعرجات التشغيل . كذلك تنشأ عن المشغولات التي يتم إنجازها على ماكينات التشغيل تغييرات بسيطة فى الشكل بسبب الربط والقطع ، وغالبا يتم بالكشط الحصول على الجودة المطلوبة للسطح فى

المشغولات التي تتطلب أسطح ملساء متجانسة خالية من التموجات أو التعرجات كأسطح الدلائل والأسطح الانزلاقية وأسطح موانع التسرب وما شابه ذلك.

المكاشط :

المكاشط الموضحة بشكل ٦ - ٤٨ هي عدد قاطعة ، تزيل رايش متناهي الدقة . تستخدم المكاشط في إزالة قمم الخشونة الموجودة من خلال حركات كشط طويلة ، حيث ينخفض عمق الخشونة.

يراعى أن يكون إتجاه حركة المكشطة أثناء دفعها إلى الأمام بضغط ضعيف يخفف بالتدرج قبيل نهاية حركة الكشط ، وذلك حتى لا ينشأ بروز عند هذا الوضع من السطح.



شكل ٦ - ٤٨

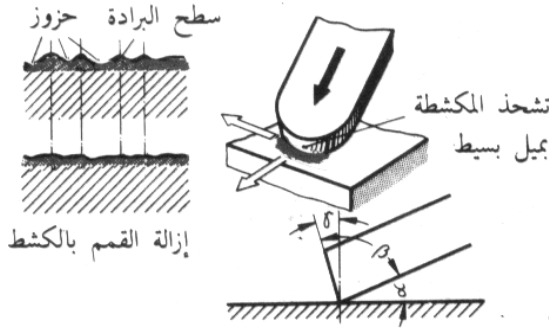
أنواع المكاشط

المكشطة المسطحة :

تستخدم المكاشط المسطحة (المكشطة الدافعة) الموضحة بشكل ٦ - ٤٩ في تهذيب الأسطح المستوية.

تحتوي المكشطة المسطحة على زاوية جرف سالبة γ ، حيث يزال الرائش بطريقة

الكشط ، ولا ينتج عن ذلك سوى ريش دقيق جداً.



شكل ٦ - ٤٩

كشط سطح مستوي

زوايا المكشطة المسطحة

زوايا الخلوص α .. ما بين 30° - 40°

زاوية الأسفين (العدة) β

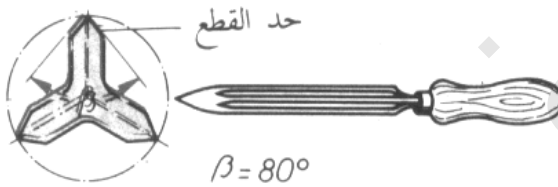
زاوية الجرف δ (سالبة)

المكشطة المثثة:

تحتوي المكاشط المثثة الموضحة بشكل ٦ - ٥٠ على زاوية إسفين (العدة) β

ما بين 80° - 90° ، أما زاوية الجرف فهي عادة تكون سالبة.

تستخدم المكاشط المثثة في تهذيب الحواف الداخلية والثقوب.



شكل ٦ - ٥٠

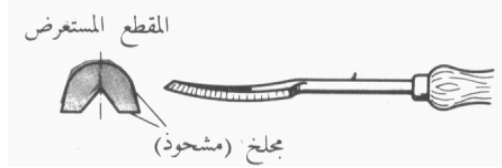
المكشطة المثثة

مكشطة المعلقة:

تحتوي مكاشط المعلقة الموضحة بشكل ٦ - ٥١ على زاوية إسفين (العدة) β

أساسيات هندسة الإنتاج

تتراوح ما بين ٨٥ - ٩٥ ° ، أما زاوية الجرف فهي عادة تكون سالبة .
تستخدم مكاشط الملعة في تهذيب الأسطح المقببة والأسطح المقعرة كما
تستخدم في تهذيب جلب المحاور.



شكل ٦ - ٥١

مقشطة ملعة

شحن المكاشط :

للحصول على أسطح نظيفة ، فإنه يجب شحن قواطع المكشطة (الحدود
القاطعة) بعناية باستخدام بقرص تجليخ من الكورندم أو من كربيد السليكون ، ثم يسن
بواسطة مسن زيت (حجر شحن زيتي).

التطبيع :

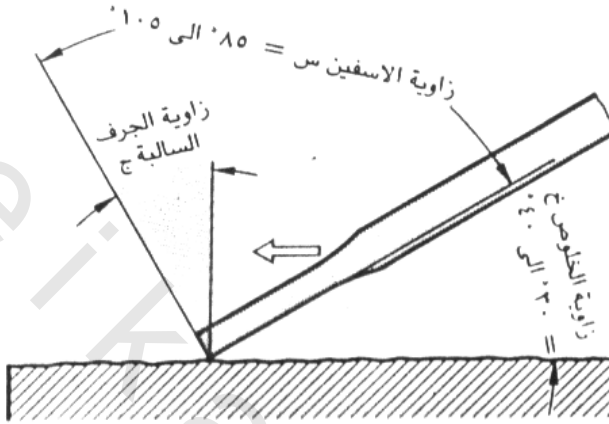
يمكن تحديد أقل درجات عدم استواء الأسطح بواسطة عملية التطبيع (التحبير)
، ويتم ذلك بطلاء لوحة التطبيع (التحبير) بطبقة رقيقة جدا من الحبر (مادة العلام) ،
ثم حك قطعة الشغل عليها أو حكها على قطعة الشغل بتحريكها إلى جهة الأمام وإلى
الخلف.

أما بالنسبة إلى المشغولات الكبيرة فإن سطح قطعة الشغل يطلى بالحبر ثم تحرك
لوحة أو مسطرة التطبيع النظيفة على السطح ، لتظهر النقاط المرتفعة لامعة ، حيث
يجرى كشط هذه الأماكن المحددة بتحريك المكشطة حركات قصيرة مع إحناء ضئيل ،
وتكرر هذه العملية حتى يتم التوصل الى أكبر عدد ممكن من النقاط متجانسة التوزيع
على المساحة بأكملها . هذا ويجب تغيير إتجاه الكشط مع كل تكرار لهذه العملية .
يتم التوصل الى مقدرة تحميل كافية عندما تظهر على السطح المكشوط نحو

خمسة إلى عشرة نقط في السنتيمتر المربع الواحد.

الشكل الأساسي لقاطع المكشطة :

يجب أن يكون مجموع زاويتي الخلوص والأسفين أكبر من 90° حتى لا تتوغل إلى عمق كبير في الخامة ، ويتحقق ذلك بإمالة المكشطة على المشغولة كما هو موضح بشكل ٦ - ٥٢ .



شكل ٦ - ٥٢

الزاوية على المكشطة المسطحة

كشط سطح مستو :

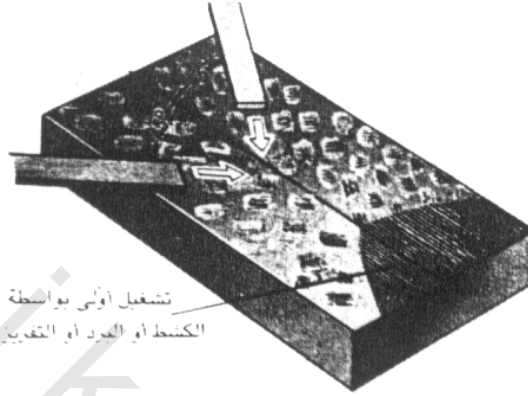
عند كشط سطح مستو .. تتبع الخطوات التالية :

الكشط الأولي :

التلقيط (التصحيح) والكشط الانجازي ، ثم النقش إذا إحتاج الأمر، ففي الكشط الأولي يكشط السطح الخشن الناتج عن التشغيل الأولي بمكشطة مسطحة بالقيام بسحجات طويلة ، حيث تسليط قوة متصاعدة دون استخدام لون تلقيط . بذلك يزال مايبقي من النتوءات الحادة مما يقي زهرة الاستواء من التلف.

يجب أن يميل اتجاه الكشط على اتجاه النتوءات بزاوية مقدارها 45° كما هو موضح بشكل ٦ - ٥٣ ، وأن يتغير بمقدار 90° عند إعادة الكشط منعا لتموج سطح المشغولة.

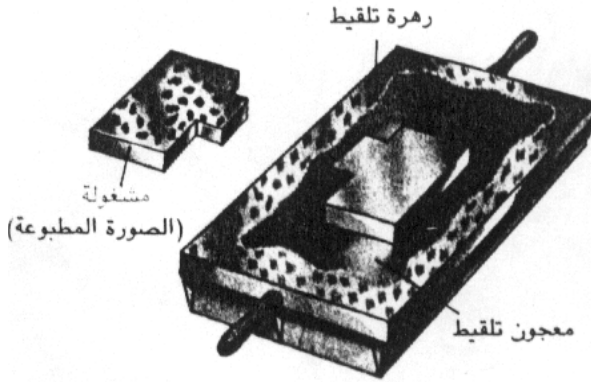
عند التلقيط (التصحيح) تحدد جودة الكشط الأولي للسطح باستخدام زهرة تلقيط المصنوعة من حديد الزهر أو قد تلقيط المصنوع من المواد الصلدة بالإضافة إلى لون تلقيط.



شكل ٦ - ٥٣

إتجاه القشط

يستخدم اللون المسمى أزرق أو اللون الأحمر كلون تلقيط للكشط الساحب ، حيث يحولان إلى معجون بمزجهما بالطباشير والزيت ، وتدهن عدة التلقيط بغشاء رقيق جداً من معجون التلقيط بانتظام باستخدام قطعة جلدية ، ثم تحرك المشغولة المراد تصحيحها ذهاباً وإياباً على زهرة التلقيط مع عكس إتجاهها بصورة مستمرة ويرفق إلى أن تظهر صورة تضاريس سطح المشغولة كما هو موضح بشك ٦ - ٥٤ .



شكل ٦ - ٥٤

تلقيط المشغولات الصغيرة

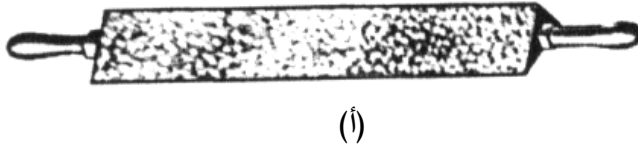
في المشغولات المتوسطة الحجم يوضع قد التلقيط اليدوي الصغير الموضح بشكل ٦ - \$\$\$ على المشغولة لا العكس ، كما يوضع على المشغولات الكبيرة قد التلقيط الكبير المزود بدعامات .

يميز اللون في بدء التلقيط المرتفعات ، حيث يستقر بعد تكرار التلقيط والكشط على حواف الأماكن المرتفعة كما هو موضح بشكل ٦ - ٥٥ . في هذه الحالة تظهر الأماكن المنخفضة بلمعان معدني ساطع وذلك لعدم ملاستها للون ، وتظهر الحواف المرتفعة بلون أزرق ، بينما تظهر مواضع الطبع بلون أزرق خفيف فاتح ، بسبب انفراك اللون في المواضع العليا نتيجة الحركة الترددية .

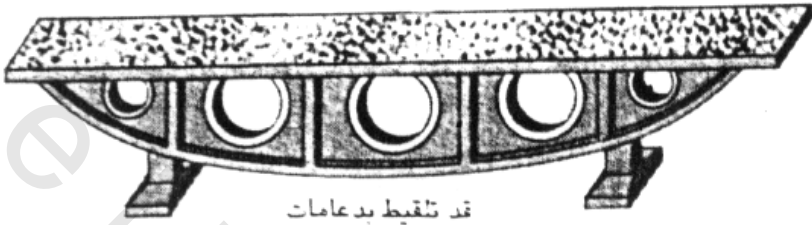
في الكشط الانجازى تستخدم المكشطة الساحبة على سطح تحميل منتظم بقدر الامكان ، وفي هذه الحالة يمكن الحفاظ على تجاوزات في حدود ٠.٠٠٠١ مم (١ ميكرون) ، ويجب مداومة التلقيط والكشط لمواضع الطبع (الكشط النقطي) إلى أن تتراوح نسبة أجزاء السطح الحاملة من ٤٠ إلى ٧٥ % من المساحة الكلية .

وفي أعمال الكشط بالغة الدقة .. يصل عدد مواضع الطبع (البقع) إلى ٥ مواضع في كل ١ سم^٢ ، ويراعى توزيع البقع في الأسطح الانزلاقية والدليلية بانتظام على قدر الامكان بينما تكون في الأسطح مانعة التسرب متكاثفة عند الحدود

الخارجية.



(أ)



قد تلقيط بدعامات

(ب)

شكل ٦ - ٥٥

قد تلقيط

(أ) قد تلقيط يدوي صغير.

(ب) قد تلقيط يدوي كبير.

ينشأ عن النقش بالكشط الساحة نتيجة التغير المنتظم والمتقاطع لاتجاه الكشط ما يسمى بنقوش الكشط التي تسحج على مسارات دلائل مكناات التشغيل ، وعلى أسطح أدوات القياس بالزوايا وغيرها من آلات وعدد الورش الهامة ، ولهذه النقوش فائدة أخرى علاوة على التجميل وهي إمكانية اكتشاف تآكل مواضع التحميل عند زوال معالم النقش ، علماً بأن عملية النقش لا تحقق نوعية أفضل للسطح ، ويسهل الكشط المكثف عملية الكشط التي تدار كهربائياً أو رئوياً أي بالهواء المضغوط بمعدل ١٢٠٠ شوطاً في الدقيقة.

الكشط الداخلي للمحامل الانزلاقية :

تنجز خراطة المحامل الكبيرة (محركات الديزل وصناديق التروس الكبيرة) على المخارط أولاً ثم تكشط بعد ذلك ، مما يؤدي إلى وجود السطح محملاً بالتجانس على

أكبر مساحة ممكنة منه ، وتكشط المحامل المجزأة بالمكشطة المثلثة أو الملعة ويتطلب ذلك مهارة فائقة ، وبدلاً من استخدام زهرة أو قد التلقيط .. يستخدم العمود المتوافق مع المحمل بمثابة سطح اختبار ، حيث يطلي بطبقة رقيقة جداً من لون التلقيط ثم يحرك حركة ترددية في الثقب. وبعد إخراج العمود تكشط النقط المرتفعة (الحاملة) في المحمل.

وفي الأعمدة المعرضة للثني تحت وطأة حمل التشغيل الواقع عليها ، تطلى المحامل بلون التلقيط أثناء وقوعها تحت التحميل ، أو تكشط منذ البداية بتحميل جيد في اتجاه طرفها الخارجي ، وبتحميل خفيف في اتجاه الداخل ، مما يحقق لطرف العمود ارتكازاً كاملاً عند التحميل.

التقيب

تعتبر عملية الثقب من أقدم أساليب تشغيل المعادن ، فكثير من المواد مثل الخشب . اللدائن (البلاستيك) . المعادن المختلفة الصلادة . الرخام . الزجاج الخ ، يتم ثقبها بواسطة عدد قطع خاصة تسمى بالثقابات (البنط).

عملية الثقب :

التقيب أسلوب للتشغيل بالقطع يستخدم لإنجاز ثقب مستديرة بعدد تشغيل قاطعة أى باستخدام ثقابات (بنط) بمقاسات مختلفة ، حيث تتغلغل حدود القطع الرئيسية للثاقب في المادة تحت تأثير الضغط المسلط عليها في اتجاه محوره لتنزع أجزاء من معدن المشغولة المراد ثقبها على هيئة رايش.

تتحرك العدة (البنطة) حركة دائرية كما تتحرك بحركة خطية إلى الأمام ، حيث تدفع في اتجاه محورها بإتجاه المشغولة الثابتة ، مما يعني أن العدة تتولي حركتي التغذية والقطع معاً.

وفي حالات خاصة تتم حركة القطع بواسطة المشغولة الدوارة ، كما هو الحال عند الثقب على المخارط ، حيث يكون الثاقب (البنطة) في وضع ساكن مع تحركه

حركة خطية إلى الأمام (حركة تغذية) في إتجاه المشغولة التي تتحرك الحركة الدائرية بسرعة مناسبة ، وفي بعض مكانات الثقب تتم التغذية بحركة المنضدة الحاملة للمشغولة إلى أعلى باتجاه الثاقب ، وفي ماكينات الثقب العميق .. تدور العدة والمشغولة في اتجاهين متضادين ، مع قيام العدة بحركة التغذية أثناء الثقب.

يحدد مقدار التغذية بالمليمتر لكل دورة ، وتؤدي التغذية الكبيرة إلى خشونة جدار الثقب ، كما تؤدي إلى إنحناء الثقافات (البنط) ذات الأقطار الصغيرة تحت تأثير قوة الضغط الكبيرة ، حيث ينحرف اتجاه الثقب أو ينكسر الثاقب ، لذلك يجب إجراء التغذية اليدوية حسب التقدير (الإحساس) ، أما في مكانات التشغيل فإن التغذية تتم تلقائية بواسطة آلية التغذية.

عدد الثقب (الثقافات) :

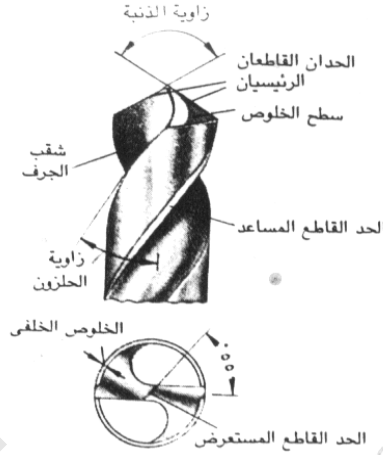
تختلف أشكال وأنماط عدد الثقيب حسب الغرض من استخدامها ، إلا أن الاسفين (الحد القاطع للعدة) يمثل الشكل الأساسي فيها جميعا ، وأهم عدد الثقب هي المثاقب الالتوائية والمثاقب الدقيقة ولقم الثقب البسيطة والمثاقب العميقة وقضبان التجويف

المثقب الالتوائي :

المثقب الالتوائي الموضح بشكل ٦ - ٥٦ من أكثر المثاقب استخداماً .. أهم

مزاياه الآتي :-

١. الزوايا المناسبة على القواطع ، الذي يؤدي إلى عدم تغير القطر عند الشدح (التجليخ) اللاحق.
٢. إمكانية القمط الجيد.
٣. الطرد التلقائي للرايش (الجزاذا أو النحاتة) من الثقب.



شكل ٦ - ٥٦

مسميات الثاقب الالتوائي

تصنع المثاقب الالتوائية من صلب العدة السبائكي واللاسبائكي . تستخدم الثقابات (البنت) ذات اللقم الكربيدية أو الثقابات الكربيدية الكاملة في ثقب المشغولات المصنوعة من المواد الفائقة الصلادة كالزهر المصلد . الصلب النجيزي الصلب . اللدائن . المطاط الصلب .

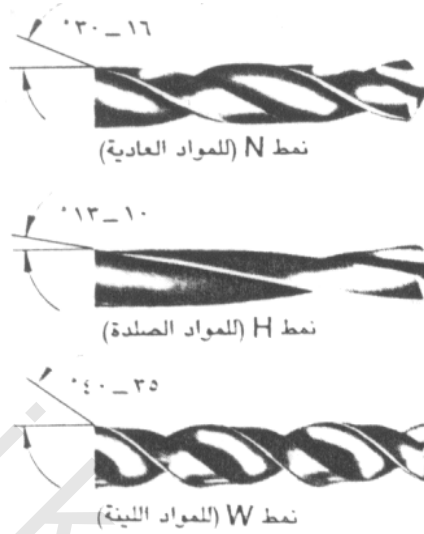
يوجد على الثاقب الالتوائي مجرتان حلزونيتان يمتدان إلى قبالة بعضهما البعض ، يتم تفريزهما بمقاطع تفريز تشكيل أو تشكيلها بالدلفنة.

تجلخ الثقابات (البنت) بأقراص تجليخ تشكيل مناسبة ، كما يجري تجليخ إضافي للثقابات الثمينة بعد تفريز مجاريها الحلزونية.

تنشأ زاوية الحلزون بالثقابات الموضحة بشكل ٦ - ٥٧ عند تقابل المسار الحلزوني لقاطع جانبي مع محور الثاقب ، حيث تحدد مقدار زاوية الجرف على القاطع الرئيسي.

ويجب موازنة زاوية الجرف في الثقابات الالتوائية مع المواد المراد ثقبها. وتتحدد الزاوية بالمسار الحلزوني للثاقب ، ولا يجوز تغييرها بالشد (التجليخ) اللاحق

إلا في حالات استثنائية .. مثل ثقب النحاس الأصفر مثلاً.



شكل ٦ - ٥٧

زاوية الحلزون

فيما يلي جدول ٦ - ٢ الذي يوضح نمط وزاوية الذنب للثقابات الالتوائية حسب المواصفات القياسية ISO.

جدول ٦ - ٢ ١٥٥ - ٣٣٩

نمط وزاوية الذنب للثقابات الالتوائية حسب المواصفات القياسية ISO

زاوية الذنب	نمط المثقب	المادة المراد ثقبها
٨٠	H	مواد القولبة بالكبس
118	N	صلب الصب وحديد الزهر وحديد الطروق والنيكل
	H	النحاس الأصفر
	W	سبائك الزنك والمعدن الأبيض
١٣٠	N	صلب الصب بمئاته شد تفوق ٧٠ كيلوبوند/مم ^٢
١٤٠	N	أنواع الصلب الذي لا يصدأ وسبائك الألمونيوم قصير الرايش
	H	أنواع الصلب الأوستنيتي وسبائك المغنسيوم

	W	النحاس بثقب ٣٠ مم وسبائك الألومنيوم طويل الرايش
--	---	---

ولقد أستخدمت لمختلف مواد التصنيع أنماط مختلفة من الثقابات ، حيث تعمل زوايا الحزون على تحديد زاوية الجرف المثلى لثقب المواد المختلفة الصلادة .. وذلك طبقاً للمواصفات القياسية ISO ، حيث تقع زاوية الحزون في المثاقب الالتوائية حسب أقطارها داخل الحدود التالية:-

أنظر الجدول السابق ٦ - ٢

في النمط N (للمواد العادية) من ١٦ إلى ٣٠ °

في النمط H (للمواد الصلدة) من ١٠ إلى ١٣ °

في النمط W (للمواد اللينة) من ٣٥ إلى ٤٠ °

يتم اختيار نمط المثقب الالتوائي حسب المادة المراد تثقيبها ، ومن ثم فإنه يجب شحذ (تجليخ) زاوية الرأس (زاوية الذنب) بما يتلاءم مع ذلك.

وفي حالات إستثنائية مثل ثقب الصلب والزهر الصلب وغيرها من مواد التصنيع الصلدة ، تشحذ الثقابات الالتوائية شحذاً خاصاً ، كما يجب أن يكون كلا الحدين القاطعين الرئيسيين في الثاقب الالتوائي مستقيماً . وهذا يتحقق بشحذ (تجليخ) الذنب (زاوية الرأس) بالزاوية الصحيحة . ويشكل مقدار زاوية الذنب إلي جانب اختيار نمط الثاقب المناسب ، عاملاً حاسماً في تشغيل مواد التصنيع المختلفة . وقد استنبطت تجريبياً أنسب القيم لزاوية الذنب.

تنجز الثقابات الالتوائية وفقاً للمجال H8 في تجاوزات ISO ، علماً بأن قطرها يتضاءل في اتجاه النصاب بمقدار يتراوح ما بين ٠.٠٠٢ - ٠.٠٠٨ مم في كل ١٠٠ مم من طول الجزء القاطع ، مما يخفض من الاحتكاك داخل الثقب الجاري تشغيله.

والحد القاطع المستعرض هو حافة رأس الثاقب ، الذي يصل بين الحدين الرئيسيين ، وينبغي أن تصنع معهما زاوية ٥٥ ° . ينتج ذلك من خلال شحذ (تجليخ) مناسب لسطح الخلوص الخلفي ، فإذا إتخذت الزاوية التي يضعها الحد القاطع

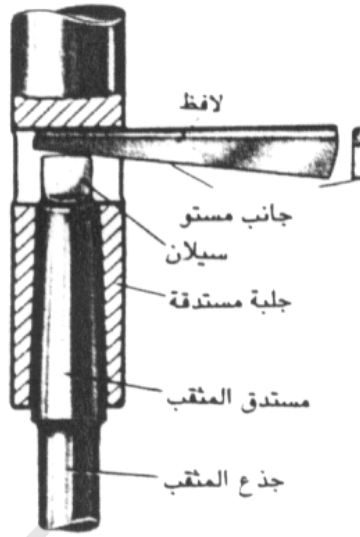
المستعرض مع الحدين القاطعين الرئيسيين قيمة أخرى ، لتغيرت زاوية الجرف ودعت الحاجة إلى زيادة قوة التغذية. ويتحدد طول القاطع المستعرض بعمق الثقب.

يبلغ طول القاطع بالمثاقب التي يصل قطرها إلى ١٠ مم نحو $\frac{1}{7}$ قطر الثاقب ، وفي المثاقب الأكبر حجماً يعادل $\frac{1}{4}$ القطر.

تحتوي المثاقب التي يصل قطرها حتى ١٠ مم على نصاب قمت أسطوانية ، كما تحتوي المثاقب الأكبر حجماً على نصاباً مستديراً (نصاب مخروطي) يتيح إيلاجها في الجلب المختلفة الحجم ، مع مراعاة استقرار المثقب جيداً داخل الظرف أو داخل الجلبة جيداً ودورانها بصورة سليمة ، ومن ثم فإنه يجب أن يتركز الثاقب بالجلبة جيداً ومع قاع الجلبة حتى لا ينزلق داخله أثناء عملية الثقب ، مما يحقق الدقة في أعماق الثقوب مع عدم إتلاف نصاب الثاقب . وكثيراً ما تستخدم أطراف الاستبدال السريع في حالة الإنتاج المتتابع لمشغولات متباينة الثقوب لكي يتسنى استبدال المثاقب أثناء دوران المكنة ، مما يؤدي إلى وفر كبير في زمن التشغيل.

للمثاقب الكبيرة عادة نصاب مستدق (مستدق مورس) وتختص مستدقات مورس من صفر إلى ٦ بعدد التشغيل . ويمكن مواءمة المستدقات الصغيرة مع الاستدقاق الداخلي لعمود محور الثاقب بإيلاج جلب مناسبة (جلب تصغير). ويفاد من السيلان في مؤخرة الثاقب في وقاية المستدق من التلف بواسطة مسلوب طرد البنطة. وأيضاً على نقل القدرة التي تنتقل في معظمها نتيجة الاحتكاك بين مستدق العدة ومستدق الجلبة.

تزود كل من الجلبة وعمود محور الثاقب بفتحة نافذة يخترقها مسلوب طرد البنطة . يستخدم مسلوب طرد مناسب لفصل الثاقب عن عمود محور الآلة أو عن الجلبة كما هو موضح بشكل ٦ - ٥٨.



شكل ٦ - ٥٨

مستدق الثاقب وجلبة الطرد

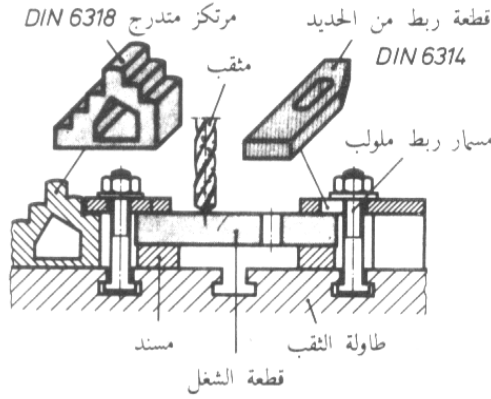
يعلم (يشنكر) موضع مركز الثقب ثم يذنب، وبالنسبة للثقوب الكبيرة يشغل ثقب

أولى.

تثبيت (ربط) المشغولات :

يجب تأمين المشغولات ضد الدوران والتطاير بالطرد المركزي ، هذا ويشترك الثاقب بواسطة حدود قطعه الرئيسية مع الجزء المتبقي من المادة قبيل الانتهاء من عمل الثقوب النافذة ، حيث ينشأ بذلك قوى دوران مرتفعة على قطعة الشغل.

توضع المشغولات الطويلة بأعلى مسند من الخشب أو من الصلب وتمسك باليد أو بامسامير الملولة والصواميل كما هو موضح بشكل ٦ - ٥٩ ، أما المشغولات القصيرة فتربط ربطاً محكماً في ملزمة مكنية المثبتة على طاولة لآلة الثقب باستخدام قطعة ربط حديدية أو مرتكز متدرج أو استخدام ملزمة (منجلة) يدوية أو تجهيزة ثقب للتثبيت . ويتم سند المشغولات الأسطوانية باستخدام زهرة حرف V.



شكل ٦ - ٥٩

تثبيت المشغولات المراد ثقبها على طاولة آلة الثقب

أخطاء الثقب وأسباب كسر الثاقب :

عند ثقب المشغولات بطريقة خاطئة ، قد يؤدي ذلك إلى كسر الثاقب ..

والأخطاء الشائعة هي كالاتي :-

١. تذنيب قطعة التشغيل بطريقة خاطئة شكل ٦ - ٦٠ ، حيث يجب تذنيب قطعة التشغيل بعمق كاف.

٢. عدم وجود دليل توجيه برأس الثاقب



شكل ٦ - ٦٠

التذنيب الخاطئ وعدم وجود دليل توجيه جيد

٣. ربط قطعة التشغيل ربط غير محكم.

٤. الحدود القاطعة للثاقب غير حادة ، ويعرف ذلك عند سماع صرير.

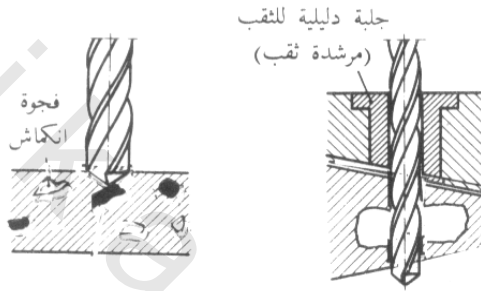
٥. وجود خلوص بحوري كبير بعمود الثقب ، أو يكون اختيار نمط المثقب غير مناسب.

٦. شحذ (تجليخ) الثاقب بطريقة خاطئة.

٧. إرتفاع درجة حرارة الثاقب نتيجة لاختيار تغذية وسرعة قطع كبيرتين.

٨. عمل ثقب أكبر من عمق مجاري الثاقب الحلزوني.

٩. عدم استخدام جلب ثقب دليلية وخاصة عند ثقب المشغولات المائلة شكل ٦ - ٦١.



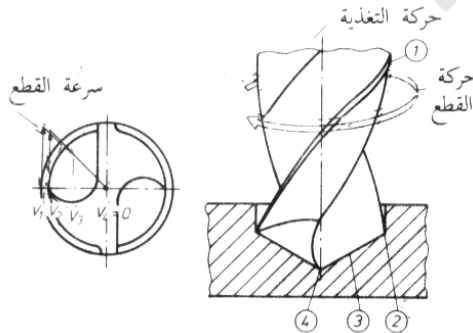
شكل ٦ - ٦١

عدم استخدام جلب ثقب دليلية (مرشدة ثقب)

١٠. وجود مواد صلبة غريبة بقطعة التشغيل ، أو وجود فجوات نتيجة السبائك الرديئة

شكل ٦ - ٦٢.

١١. التبريد غير كاف.



شكل ٦ - ٦٢

وجود مواد صلبة غريبة أو وجود فجوات إنكماش بقطعة التشغيل

ملاحظة :

ويستخدم الماء الصابوني أو مستحلب الثقب كوسيط تبريد مع الصلب والبرونز والألومونيوم وسبائك النحاس ، أما حديد الزهر الرمادي ومجموعة السبائك التي أساسها المغنسيوم والمطاط الصلب واللدائن فإنه يجري ثقبها جافة.

الثقب بطريقة اقتصادية :

تحدد سرعة القطع والتغذية معدل إزالة الرايش ، وتسمى كمية الرايش المزالة في الدقيقة الواحدة بمعدل إزالة الرايش .. ويمكن إيجاد معدل إزالة الرايش من العلاقة التالية:-

$$\text{معدل إزالة الرايش} = \frac{\text{عدد أسنان التروس القائدة}}{\text{عدد أسنان التروس القائدة}}$$

تقتضي الاعتبارات الاقتصادية معدلاً كبيراً لإزالة الرايش ، ويعتمد ذلك على سرعة القطع ومقدار التغذية.

سرعة القطع : $V_C \text{ (m/min)}$

هي المسافة التي تقطعها حافة المثقب مقدرة بالمتر في فترة زمنية تبلغ دقيقة واحدة.

التغذية f :

تقدر بالمليمتر لكل دورة ، حيث تشكل مقياساً لتغلغل الثاقب في المادة المراد ثقبها لكل دورة.

تتناقص سرعة القطع في اتجاه منتصف حد القطع العرضي حتى تصل إلى الصفر، وتسري القيم الموصى بها .. القيم الإرشادية المحددة لسرعة القطع على

السرعة المحيطية عند حافة الثاقب.

تعني زيادة سرعة القطع بثاقب معين .. زيادة سرعة الدوران n (r.p.m) (دورة في الدقيقة) ، وبالتالي زيادة عمق التغلغل في وحدة الزمن وزيادة معدل إزالة الرايش ، وتؤدي زيادة معدل التغذية إلي زيادة عمق التغلغل ومعدل إزالة الرايش، إلا أن سرعة القطع العالية وزيادة معدل التغذية يؤديان إلي ارتفاع درجة حرارة قطعة التشغيل وبالتالي سرعة بلي حدود القطع.

وتتوقف سرعة القطع الاقتصادية على كل من مادة قطعة التشغيل واستخدام سائل التبريد ومقاومة الثاقب للإجهادات عند درجات الحرارة المرتفعة (أي عدم فقده الصلادة مع ارتفاع درجة الحرارة).

جدول ٦ - ٢ يوضح القيم الموصى بها (القيم الإرشادية) لسرعة القطع V_C والتغذية f للثقابات (البنت) المصنوعة من صلب السريع العالية HSS.

جدول ٦ - ٣

القيم الإرشادية لسرعة القطع V_C والتغذية f للثقابات

المصنوعة من صلب السرعات العالية HSS

المادة	فولاذ حتى St 60	حديد زهر رمادي	نحاس	المعادن الخفيفة
سرعة القطع V_C بوحدّة (m/min)	30 ... 40	12 ... 30	30 ... 60	100 ... 150
التغذية f بوحدّة (mm/rev.)	0,1 ... 0,4	0,1 ... 0,6	0,1 ... 0,6	0,1 ... 0,6

تبلغ السرعة V_C نصف هذه القيم بالنسبة للعدد المصنوعة من صلب العدة ، وأربعة إلي خمسة أمثال هذه القيم للعدد ذات حدود القطع الكربيدية ، أما معدل التغذية

فإنها تظل دون تغيير.

التشغيل بواسطة ماكينات التشغيل

تعتبر مهمة ماكينات التشغيل هي تخفيض للمجهود البشري ورفع جودة التشغيل وخفض نفقاته كما تحقق المزيد من الدقة ، وينبغي أن تحصل المشغولات المراد تصنيعها على أسطح مستوية أو أسطوانية أو مستدقة أو مقوسة ، لذلك يشترط في ماكينات التشغيل أن تتيح إجراء حركات التشغيل المطلوبة بسرعات معينة ، وأن تكون وحدات التشغيل والتحكم سهلة الاستخدام ومنسقة بصورة واضحة ، وأن تضم كل ماكينة تشغيل تجهيزات لقمط عدة القطع والمشغولة بسرعة وأمان ، كما يجب أن تكون ماكينة التشغيل متينة وراسخة البنيان مقبولة الشكل.

ماكينات الثقب

Drilling Machines

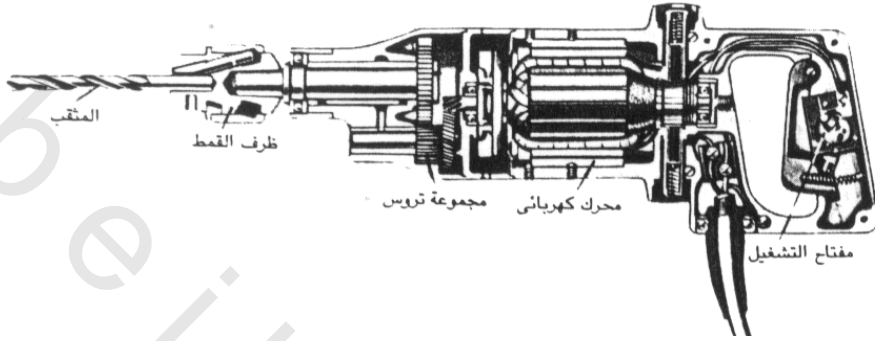
تعتبر ماكينات الثقب من أكثر الآلات الميكانيكية انتشاراً ، حيث توجد في جميع المصانع ذات المجالات الصناعية المختلفة ، وجميع ورش التصنيع والصيانة مثل الورش الميكانيكا والسيارات والحدادة والكهرباء والنجارة الخ.

توجد أنواع مختلفة من ماكينات الثقب ، فهناك المثاقب اليدوية البسيطة التي تدار يدوياً أو التي تدار بالهواء المضغوط أو بالتيار الكهربائي . كما توجد آلات ثقب أخرى كمثاقب التزجة ، والمثاقب القائم (الشجرة) ، بالإضافة إلى مثاقب الدف التي تستخدم لثقب المشغولات الكبيرة ، والمثاقب المتعددة الأعمدة ، والمثاقب الأفقية ، وماكينات تشغيل المرشحات التي تستخدم في عمل الثقوب التي تتطلب الدقة العالية ، والتي تحقق أقصى دقة عند تشغيلها والتي يوصي أن توضع مثل هذه الماكينات (ماكينات تشغيل المرشحات) في غرف مكيفة الهواء في درجة حرارة ٢٠ °م.

المثاقب اليدوي :

يعتبر المثاقب اليدوي من أبسط أنواع المثاقب ، يمكن تشغيله إما يدوياً أو

كهربائياً شكل ٦ - ٦٣ أو رئوياً (بالهواء المضغوط) ، أما المثاقب النضدية فإنها تثبت عادة على مناضد الشغل (الترجات) وتستخدم لإنجاز الثقوب الصغيرة التي تصل أقطارها إلى ١٥ مم تقريباً.



شكل ٦ - ٦٣

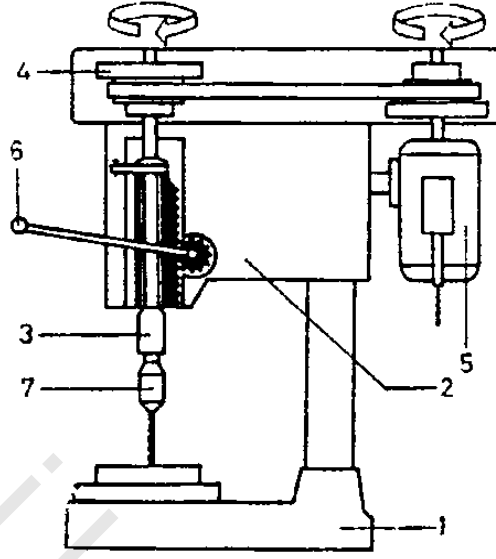
مثقاب يدوي كهربائي

مثقاب التزجة : Bench drilling machine

يتكون مثقاب التزجة الموضح بالشكل ٦ - ٦٤ من الرأس المثبت على قائم المصنوع من حديد الزهر ، يمكن تحريك الرأس حول القائم حركة دائرية في بعض التصميمات.

يتحرك عمود الدوران حركة دائرية داخل الرأس بواسطة بكرة مدرجة ، بحيث يمكن تحريكه رأسياً (لأعلى ولأسفل) بواسطة ذراع مثبت على ترس يتحرك على جريدة مسننة موجودة على عمود الدوران.

تتصل البكرة المدرجة المثبتة على عمود الدوران بالبكرة المثبتة على المحرك الكهربائي عن طريق سير إسفيني ، وفي الغالب يستعمل لهذا الغرض بكرتين ذات ثلاثة مدرجات ، مما يتيح الحصول على ثلاثة سرعات مختلفة ، يتم تغييرها بنقل السير على مختلف درجات البكرتين ، كما يثبت ظرف المثقاب في المخروط الداخلي الموجود بالجزء الأسفل لعمود الدوران.



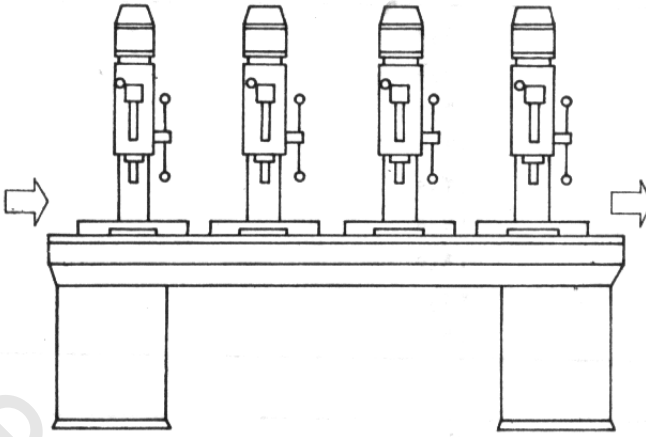
شكل ٦ - ٦٤

مثقاب التزجة

- ١- قاعدة الآلة من حديد الزهر.
- ٢- رأس الآلة.
- ٣- عمود الدوران .. (عمود الثقب).
- ٤- بكره مدرجة منقادة.
- ٥- محرك كهربائي مثبت به بكره (طارة) مدرجة قائدة.
- ٦- ذراع لرفع أو خفض عمود الدوران.
- ٧- ظرف المثقاب .. مريط لربط الثاقب (البنتة).

ماكينات الثقب المتتابع :

ماكينات الثقب المتتابع الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٦ - ٦٥ هي عبارة عن مجموعة مثاقب نضدية مثبتة متجاورة لبعضها البعض ، وبالتالي يمكن إنجاز ثقوب مختلفة الأقطار أو عمليات تشغيل مختلفة (ثقب . تخویش . قطع لولاب) بشكل متتابع بالإنتاج كمي.

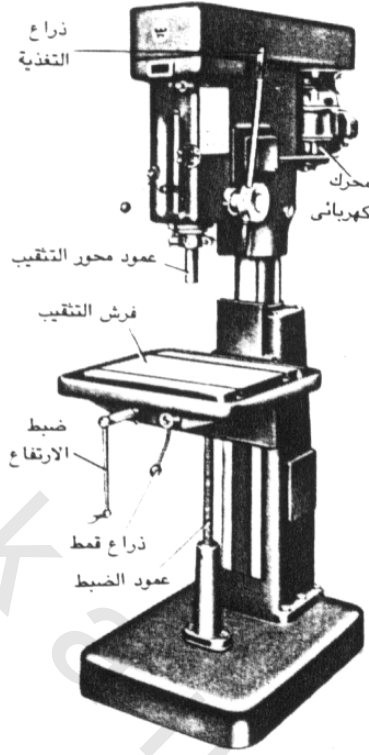


شكل ٦ - ٦٥

ماكينات الثقب المتتابع

المثقاب القائم :

يستخدم المثقاب القائم أو العمودي الموضح بشكل ٦ - ٦٧ في إنجاز الثقوب الكبيرة ، ويمكن ضبط ارتفاع الفرش أو إمالاته في أغلب التصميمات. يتميز المثقاب القائم بجساعته ، حيث أنه لا ينحرف أو يحدث منه أى إهتزاز عند استخدام معدل تغذية كبير.



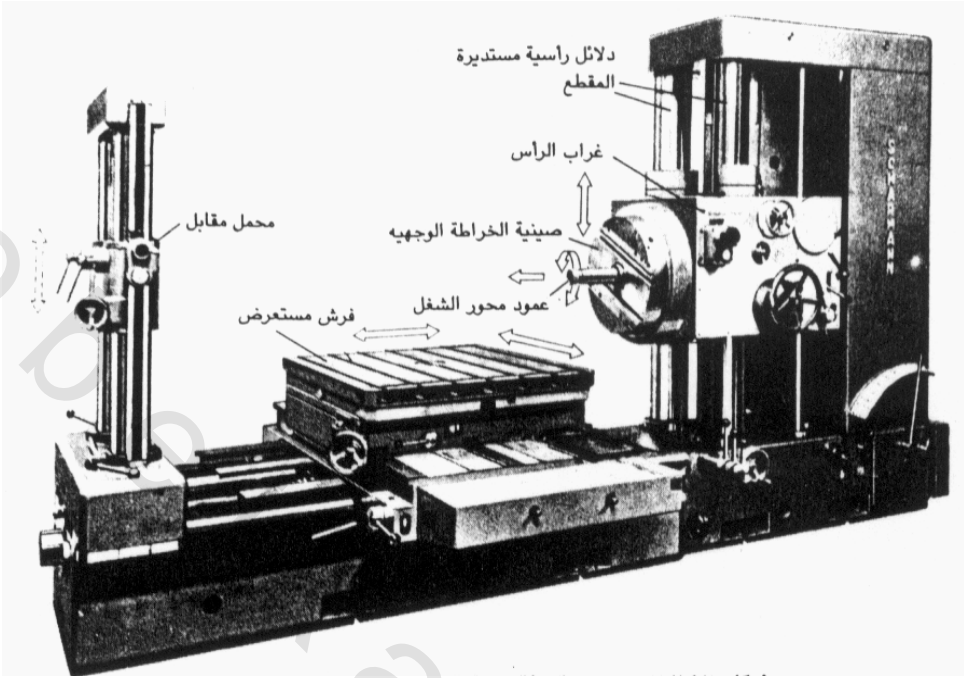
شكل ٦ - ٦٧

مثقاب قائم

تجهيزه الثقب الأفقية :

يمكن باستعمال تجهيزه الثقب الأفقية الموضحة بشكل ٦ - ٦٨ إنجاز مشغولات عديدة، حيث يتسنى في قمطة واحدة ثقب المشغولة وخرائطها وتفريزها. يتم ضبط إرتفاع عربة الثقب بدقة ، كما يمكن إدارة الفرش المزود بعمودي جر للتغذيتين الطولية والعرضية، بزاوية 90° ، مما يتيح تشغيل عدة جوانب في المشغولة ، وتكون تجهيزة الثقب الأفقية بعد تزويدها بتجهيزات لقطع اللوالب والخرائط الوجهية من أفضل الآلات المتعددة الأغراض .

يستخدم المحمل المقابل في دعم قضيب التجويف عند توسيع الثقوب النافذة.

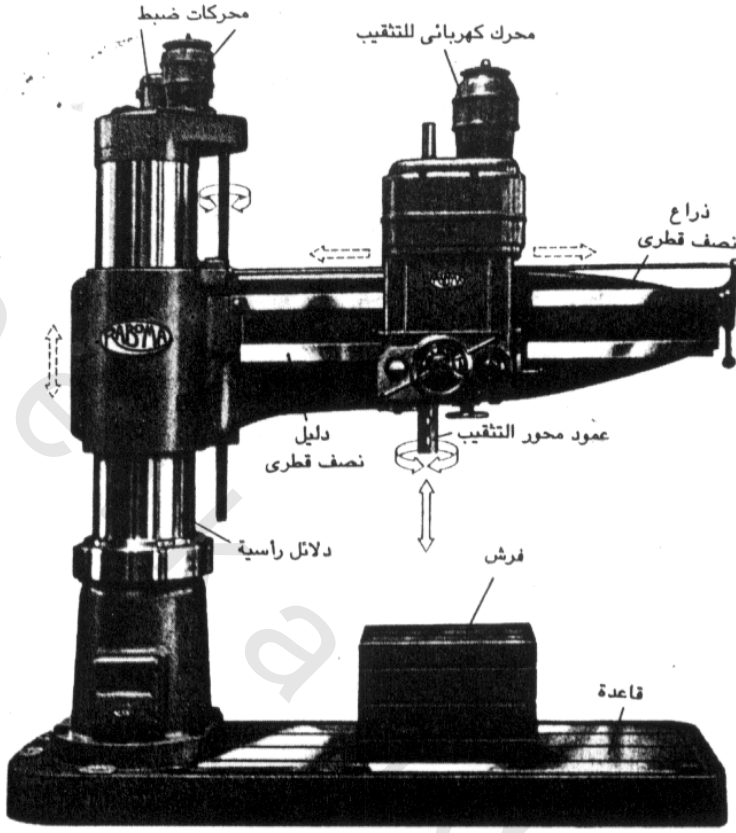


شكل ٦ - ٦٨

تجهيزة ثقب أفقية

المثقاب النصف قطري (مثاقب الدف) :

المثقاب النصف قطري أو مثاقب الدف الموضح بشكل ٦ - ٦٩ يعتبر من المثاقب المتعدد الاستخدام ، حيث يتميز بعربة الثقب القابلة للضبط قطريا على الذراع نصف القطري (الدف) ، الذي يستطيع الدوران حول قائم مجوف . وتتيح إمكانات الضبط المتعددة في هذه الماكينة، إنجاز عدة ثقوب على المشغولة دفعة واحدة . ولمثاقب الدف مجال كبير لسرعة الدوران ، ومن ثم فإنها تصلح لإنتاج الثقوب بأقطار صغيرة أو كبيرة.



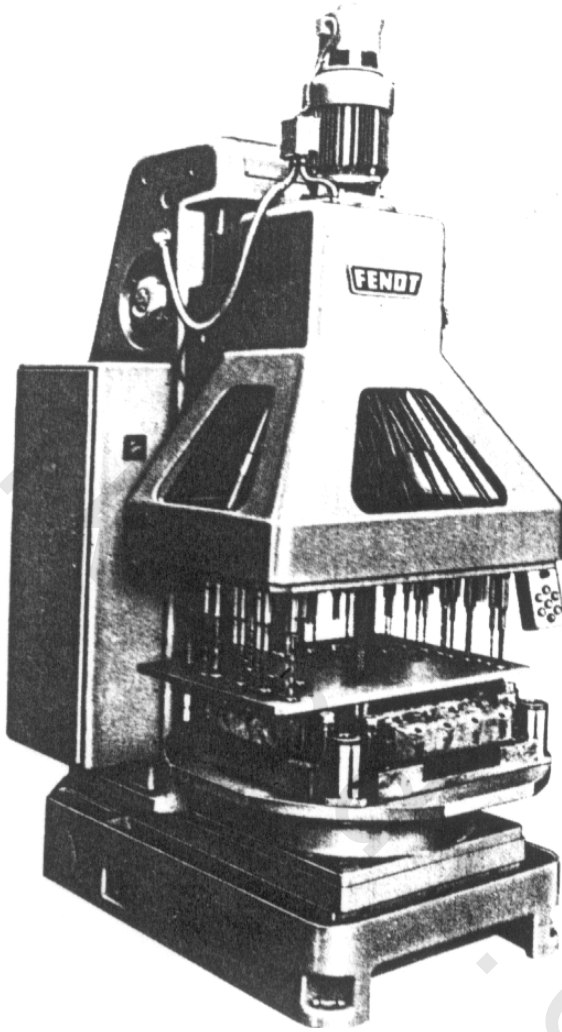
شكل ٦ - ٦٩

مثقاب نصف قطري أو مثقاب الدف

المثقاب المتعدد أعمدة محاور :

يحتوي المثقاب المتعدد أعمدة محاور الموضح بشكل ٦ - ٧٠ على عدة أعمدة محاور ، حيث يبلغ عددها ٥٠ عموداً أو أكثر ، يمكن ضبط المسافات بينها. تدار أعمدة محاور الثقب بأعمدة مفصلية تسمح بثقب العديد من الثقوب بتباعدات مختلفة على مشغولة واحدة ، مما يحقق إقتصاداً كبيراً في زمن التشغيل ، ويمكن باستخدام مرشحات (ألواح) الثقب رفع دقة التشغيل وتسهيل ضبط أعمدة محاور

الثقب .

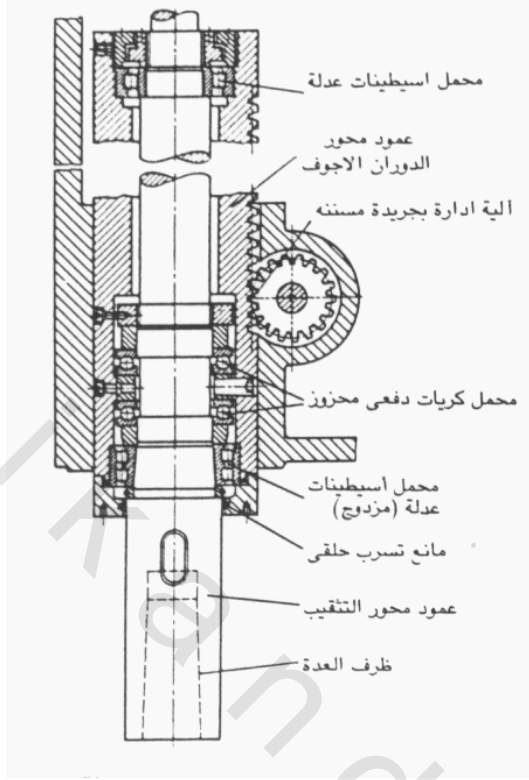


شكل ٦ - ٧٠

المثقاب المتعدد أعمدة محاور

يدور عمود محور الثقب داخل عمود دوران أجوف شكل ٦ - ٧١ ، مستنداً على محامل تدرجية في العادة . ويمتص محمل دفعي قوة التغذية ، كما يتم حركة

عمود الدوران الأجوف محورياً (حركة التغذية) بواسطة ترس وجريدة مسننة.



شكل ٦ - ٧١

عمود محور الثقب داخل عمود دوران أجوف

المثاقب الخاصة :

تستخدم المثاقب الخاصة في العادة عند إنجاز عدة ثقوب مختلفة الاتجاه على مشغولة واحدة.

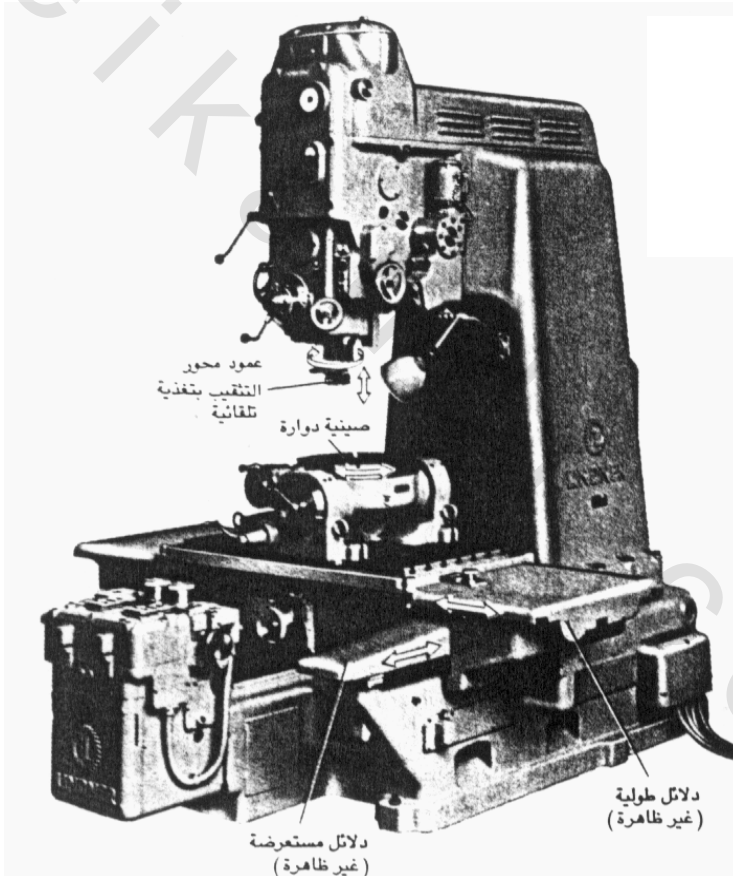
تتكون المثاقب الخاصة من وحدات ثقب متشابهة ، ترتب وتنسق حسب نوع التشغيل وقد تكون هذه الوحدات متعددة أعمدة محاور ثقب.

تجهيز ثقب المرشدات :

تستخدم تجهيز ثقب المرشدات الموضحة بشكل ٦ - ٧٢ في إنجاز الثقوب

ذات التباعدات الفائقة الدقة .. أى ذات التجاوزات المنخفضة.

يحتوي فرش الثقب المصمم بصورة فرش مستعرض على صينية دوارة يمكن إستغلالها في إنجاز الثقوب ذات التقسيم الدائري . وتبين تجهيزات القياس الدقيقة (تدرجات قياس كبيرة وأجهزة قراءة بصرية) وضع ضبط الفرش ، بحيث يمكن التحكم في تباعدات الثقوب بدقة تصل إلى ٠.٠٠٣ مم . ويتطلب تحقيق ذلك تنسيق محامل عمود محور الثقب بشكل سليم ، وإتاحة دلالة جيدة لجميع حركات الماكينة. ولا تستخدم مثاقب المرشدات في إنجاز ثقوب المرشدات والمحددات فحسب ، بل يمكن الاستفادة منها أيضا في عمليات الإنجاز العادية للمشغولات الدقيقة.



شكل ٦ - ٧٢

تجهيز ثقب المرشحات

أساليب الثقب الخاصة :

أساليب الثقب الخاصة هي الحث بالشرر والثقب بالموجات فوق السمعية ، ويمكن بهذين الأسلوبين إنجاز الثقوب المستديرة المقطع ، وإنجاز ثقب بمقاطع مختلفة الأشكال.

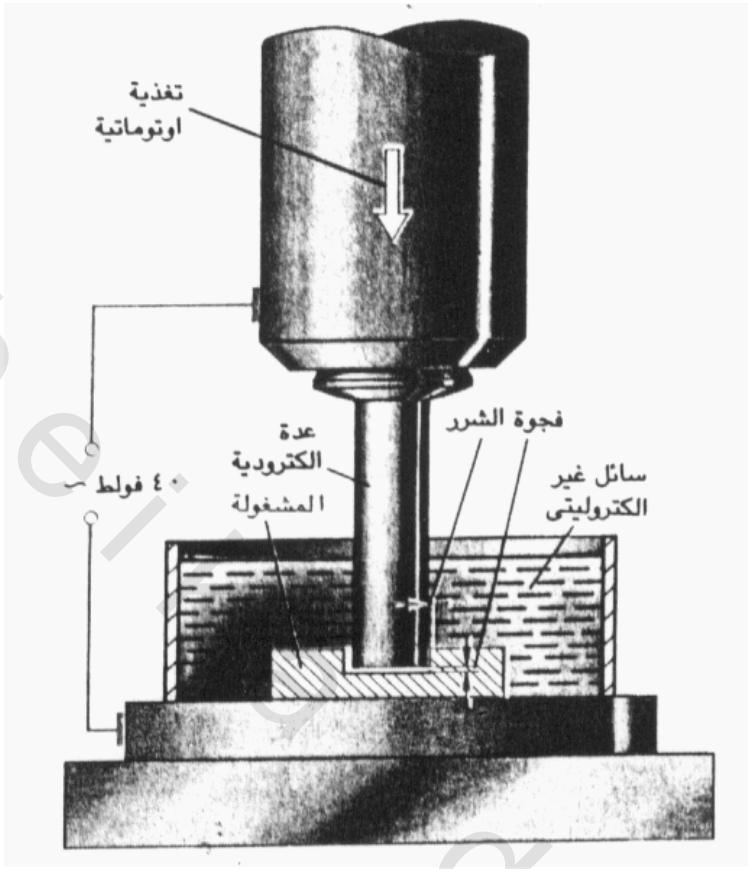
أسلوب الحث بالشرر :

ففي أسلوب الحث بالشرر الموضح بشكل ٦ - ٧٣ تثبت المشغولة (لوح كربيدي مثلاً)، داخل وعاء مملوء بسائل كالبنترول مثلاً (زيت المحولات أو زيت الديزل) ، ويمرر قبالتها الكترود يعادل مقطعه الثقب أو الفجوة المطلوبة.

ولا يلامس الالكترود المشغولة أثناء العملية ، إلا أنه يظل قريباً جداً منها بمسافة تضبط أنسب قيمة لها بتجهيزه أوتوماتية في كل حالة . ويتوقف ذلك على طاقة التفريغ ، وهي عند التخشين أكبر منها عند التسوية.

تتكون الالكترودات من نحاس الكتروليتي أو جرافيت أو نحاس أصفر ، ويجوز أيضاً أن تكون من التنجستن أو الصلب أو سبائك الزنك أو سبائك القصدير . ويمكن إنتاجها بالخرطة أو التفريز ، أو بدون قطع بالكبس أو الصب.

تحتوي دائرة التيار الكهربائي في أبسط أنماطها على مكثف تقفز شرارة التفريغ الصادرة عنه إلى المشغولة ، وتنزع عنها أدق الجسيمات لينتج التجويف ، الذي ينتج ثقباً بمتابعة تحريك الالكترود داخله . ويمكن باستخدام الكترود ملولب يدار أثناء التغذية بسرعة مناسبة ، إنتاج لوالب داخلية في أكثر المشغولات صلادة . يجب في هذا الأسلوب أن تكون مادة تصنيع المشغولة موصلة للكهرباء.



شكل ٦ - ٧٣

أسلوب الحث بالشرر

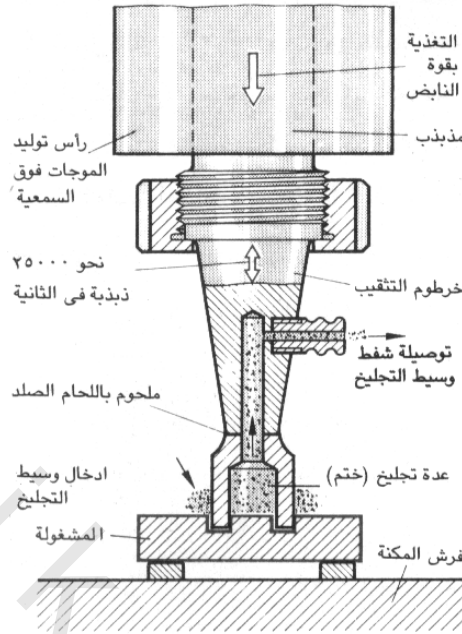
ولهذا الأسلوب أهمية كبرى في صناعة عدد التشغيل والاسطمبات. وتتيح مكناات الحث بالشرر، التي تتميز بإمكان ضبط الالكترود على رأس الحث فيها طولاً وعرضاً، إنجاز ثقوب عديدة في مشغولات مثل لقم القطع الكربيدية. ويمكن التحكم في تباعدات الثقوب في أي اتجاه بدقة كبيرة عن طريق تجهيزة الضبط البصرية للفرش . تتراوح القدرة القصوى للحث حسب مقاس الماكينة ما بين ٤٠٠ . ١٥٠٠ مم^٣ / د ، ويجوز الإبقاء على تجاوزات في المقاسات تبلغ عند التخشين ٠.١ مم وعند التسوية الدقيقة

٠٠٠١ مم.

أسلوب الموجات فوق السمعية :

يتسنى بأسلوب الموجات فوق السمعية شكل ٦ - ٧ إنجاز ثقب متباينة المقطع بدقة عالية وجودة سطحية ممتازة ، حتى في مواد التصنيع رديئة التوصيل كهربائياً . ويصلح هذا الأسلوب بصفة خاصة لتشغيل المواد فائقة الصلادة كالكربيد والزجاج والسيراميك .

ففي ماكينة الثقب بالموجات فوق السمعية (ماكينة التحضين النطاحة) يمكن بتأثير تيارات عالية التردد توليد ذبذبات ميكانيكية يفوق معدلها حد السمع (فوق سمعية) تتسبب فيذبذبة قضيب من مادة لينة سهلة التشغيل ، يعادل مقطعه السفلي مقطع الثقب المراد إنجازه ، بمعدل ٢٥٠٠٠ ذبذبة في الثانية . فإذا وضع القضيب المولج جيداً في الماكينة بأعلى المشغولة وأضيف إليه وسيط تجليخ مثل كربيد البورون أو كربيد السليكون ، تذبذب وسيط التجليخ أيضاً بنفس المعدل ، وأنجز من خلال التغذية الأوتوماتية للقضيب الثقب المطلوب في المشغولة ، بهذا الأسلوب يمكن على سبيل المثال إنتاج لقم القطع الكربيدية التي سمكها ٥ مم المستخدمة لتجهيز التروس الدقيقة في صناعة الساعات في أقل من ساعة ، أو ثقب مواد التصنيع الفائقة الصلادة بثقوب تتراوح ما بين ٠.٠٠٢٥ - ٩٠ مم ، وبعمق أقصاه ١٢٥ مم . وتكون أسطح الثقوب والفجوات المنجزة بهذا الأسلوب صقيلة ، وتنخفض خشونتها عن ١ ميكرون .



شكل ٦ - ٧٤

أسلوب الموجات فوق السمعية

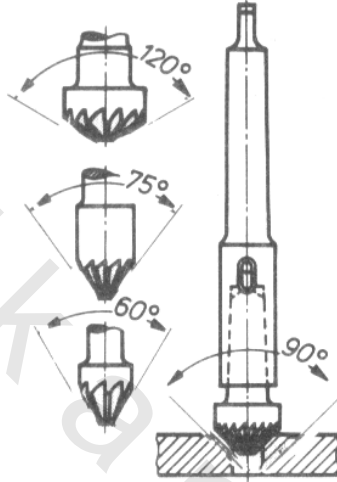
التخویش

تستخدم ثقابات التخویش لتهديب مداخل الثقوب ، أو إنجاز مغاطس رؤوس مسامير البرشام والمسامير الملولة الغاطسة وغيرها ، أو لتوسيع مداخل الثقوب بأقطار أكبر . تحتوي ثقابات تخویش على حدود قطع (أسنان) بأشكال مختلفة (مستدقة . أسطوانية . مسطحة . التوائية).

ثقابات التخویش ذات الحدود القاطعة المستدقة :

تستخدم ثقابات التخویش ذات الحدود القاطعة المستدقة الموضحة بشكل ٦ - ٧٥ في تهديب مداخل الثقوب وإنجاز مغاطس رؤوس مسامير البرشام ، كما تستعمل لإنجاز مغاطس رؤوس المسامير الملولة ثقابات تخویش بنفس أقطار رؤوس المسامير . ولقد تمت معايرة زاوية الذنب لثقابات التخویش المستدقة ، ومقدارها ٦٠ °

للتجهيز ، ٧٥° لرؤوس مسامير البرشام ، ٩٠° للمسامير الملولة ذات الرؤوس الغاطسة أو الرؤوس العدسية الغاطسة ، ١٢٠° لبرشام الألواح . ولتحاشي الشدوخ الناجمة عن اصطكاك العدة ، تزود ثقابات التخویش الكبيرة بتقسيم متفاوت للأسنان أو بخدد تكسير الجذادة.

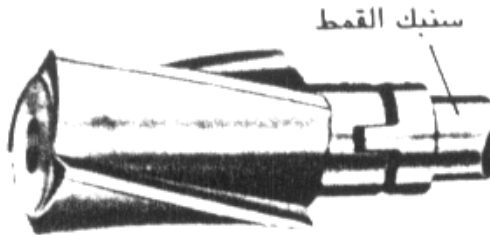


شكل ٦ - ٧٥

ثقابات التخویش المستدقة

مخاقب تخویش أسطوانية مسطحة :

تستخدم ثقابات التخویش الأسطوانية المسطحة الموضحة بشكل ٦ - ٧٦ في تشكيل مغاطس رؤوس المسامير الملولة الأسطوانية الرأس ، وفي إنتاج أسطح الارتكاز المستوية لرؤوس البراغي والصواميل في المصبوبات .



شكل ٦ - ٧٦

ثقابات تخویش أسطوانية مسطحة

ثقابات تخویش أسطوانية مسطحة تحتوي على مرتكز للعدة :

تستخدم ثقابات التخویش الأسطوانية المسطحة والتي تحتوي على مرتكز العدة ذات ثلاثة حدود قاطعة التوائية أو أكثر الموضحة بشكل ٦ - ٧٧ في توفير الدلالة والدقة في الثقوب سابقة الإنجاز، حيث تتيح المرتكزات الانضباطية (المرتكزات التي تحتوي على حدود قاطعة قابلة للضبط بأقطار مختلفة) إعادة شحذ ثاقب التخویش أو استخدامه لثقوب بأقطار مختلفة.



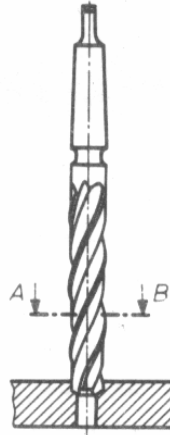
شكل ٦ - ٧٧

ثقابات تخویش أسطوانية مسطحة تحتوي على مرتكز للعدة

ثقابات التخویش الحلزونية :

ثقابات التخویش الحلزونية الموضحة بشكل ٦ - ٧٨ تشبه الثقابات (البنط) الحلزونية في الشكل ، إلا أنها تحتوي على ثلاث أو أربع مجاري للرايش بدلا من إثنين ، بذلك يكون التوجيه داخل الثقب أفضل منه في حالة المثقب الحلزوني ، ومن ثم

فإنها يؤدي إلى إن إنتاج ثقوب مثقولة.



لأداة ذات
قطاع
ثلاث أو أربع مجار للرائش

شكل ٦ - ٧٨

ثقابات تخویش التوائية

البراغل

Reamers

الثقوب الأسطوانية التي يجب أن تكون علي درجة عالية من الدقة من حيث المقاس والنعمة ، تجري برغلتها بعد ثقبها أو تجويفها بإستخدام أقلام الخراطة الداخلية.

والبرغلة هي عملية ضبط للثقوب REAMING .. أي تشغيل دقيق من خلال قشط طبقة رقيقة من معدن السطح الداخلي للثقب بمقدار ما بين ٠.٢ . ٠.٣ ملليمتر حسب قطر الثقب المراد برغلته ، وذلك لغرض نعومة وتوسيع الثقب إلي مقاس الازدواج المطلوب.

يستخدم لهذا الغرض البراغل لإنتاج الثقوب ذات الدقة العالية في المقاسات مع الجودة المرتفعة في إنجاز الأسطح الداخلية ، وتجري هذه العملية عند إنتاج الثقوب الأسطوانية لغرض التوافق الخلوصي (الازدواجات ذات الخلوص الدقيقة) للمحاور والأعمدة والأجزاء المتزاوجة الدقيقة.

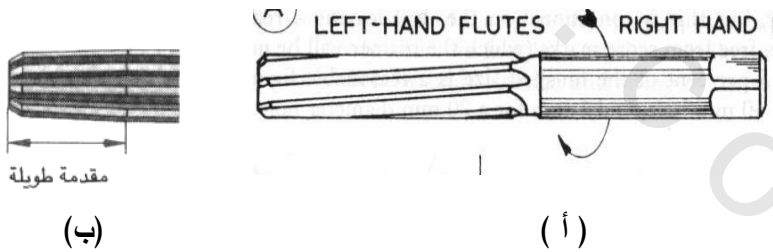
أنواع البراغل : Types Of Reamers

صممت البراغل لفرض إنتاج ذات دقة عالية في القياس مع درجة نعومة مرتفعة للأسطح الداخلية .

تختلف أشكال وأحجام الأجزاء التي تحتوى علي الثقوب المراد برغلتها ، كما تختلف طريقة التشغيل بكل منها .. لذلك فقد صممت البراغل بأنواع وأشكال مختلفة ليناسب كل منها الغرض المخصص من أجله وهي كالآتي :-

أولاً : البرغل اليدوي Manual Reamar

يحتوي البرغل اليدوي الموضح يشكـل ٦ - ٧٩ علي حدود قاطعة (أسنان) بشكل مستقيم أو بشكل حلزوني . الجزء الأمامي للحدود بشكل مستدق (مخروطي) طويل ، وذلك لسهولة إيلاجه في الثقوب مع تحسين عملية التشغيل داخل الثقب المراد برغلته . مقطع نهاية نصاب البرغل اليدوي علي شكل مربع ، لغرض تثبيته في المقبض اليدوي (البوجي) عند التشغيل.



شكل ٦ - ٧٩

البرغل اليدوي

(أ) برغل يدوي .

(ب) مقدمة الحدود القاطعة طويلة ومستدقة.

المواد المستخدمة في صنع البراغل :

MATERIALS USED FOR REAMERS

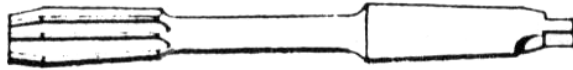
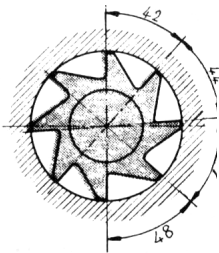
تصنع البراغل من الصلب الكربوني أو صلب السرعات العالية ، كما توجد براغل أخرى مزودة بحدود قاطعة من الكريد التي تتميز بمقاومتها العالية للتآكل بالمقارنة بالبراغل المصنوعة من صلب السرعات العالية.

والبراغل هو عبارة عن أداة قطع تحتوي علي عدد من الحدود القاطعة (الأسنان) تتراوح عددها إلى ما بين ٦ - ١٨ حد قاطع (سنة).

عادة تكون الحدود القاطعة بالبراغل بعدد زوجي . تقسم بشكل غير منتظم كما هو موضح بشكل ٦ - ٨٠ ، بحيث يكون كل إثنين متساويين متقابلين ، والغرض من التوزيع الغير منتظم للحدود القاطعة علي المحيط ، هو منع الاهتزاز .

تقوم الحدود القاطعة (أسنان البرغل) بقشط طبقة رقيقة من السطح الداخلي للثقب علي هيئة رايش (جذاذ أو نحاته) ، ويكسر الرايش نتيجة لتعدد الحدود القاطعة ، تاركاً عمقاً ضعيفاً بالسطح ، ولو كانت خطوة أسنان البرغل متساوية لأصبح فرصة تكسير الرايش في نفس المواقع قائمة ، ولكن تؤدي إلي تشابك الأسنان في التعميقات الناشئة عند تكسير الرايش ، الأمر الذي يؤدي إلي ما يسمى بعلامات الاصطكاك التي تخفض من درجة جودة إنجاز الأسطح.

لهذا السبب تصنع البراغل ذات حدود قاطعة بأعداد زوجية ، والتي تكون مقسمة تقسيماً غير منتظم.



شكل ٦ - ٨٠

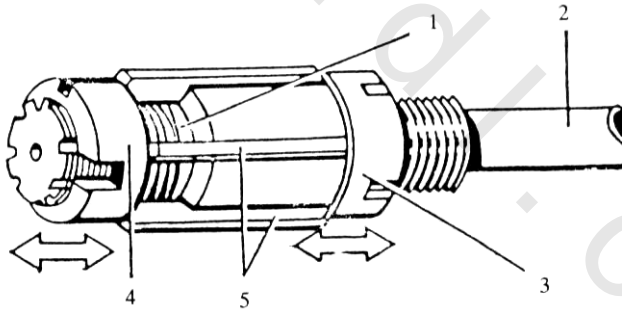
تقسيم الحدود القاطعة بالبرغل بشكل غير منتظم

ثانياً : البرغل اليدوي الانضباطي Control Manual Reamar

تتلم البراغل من كثرة الاستخدام ، ويعاد تجليخ الحدود القاطعة ، حيث ينخفض قطر البرغل الأسمى نتيجة لذلك ، ولهذا الغرض تستخدم البراغل اليدوية الانضباطية الموضحة بشكل ٦ - ٨١ .. أي البراغل القابلة للضبط.

تثبت الحدود القاطعة علي جسم البرغل المستدق بسلسلة صغيرة ، فإذا أريد زيادة قطر الثقب يفك جلبة اللولب الخلفي ، وتربط جلبة اللولب الأمامي ، فتتحرك الحدود القاطعة في إتجاه النصاب ، كما تتحرك هذه الحدود بالتالي إلي الخارج نتيجة لإستدقاق الجسم ، وبذلك يزداد قطر البرغل.

يمكن حركة الحدود القاطعة بهذه الطريقة في مجال محدد للقطر مثلاً من ٦٠ ملليمتر إلي ٦٥ ملليمتر ، وبذلك يمكن ضبط البرغل علي أي مقاس في حدود هذا المجال.



شكل ٦ - ٨١

البرغل اليدوي القابل للضبط

١. الجسم المستدق (المسلوب).

٢. النصاب.

٣. الجلبة الخلفية الملولة.

أساسيات هندسة الإنتاج

٤. الجلبة الأمامية الملولبة.

٥. الحدود القاطعة.

٦. الزيادة في قطر البرغل.

ثالثاً : برغل الماكينة Machine Reamer

يحتوى برغل الماكينة علي حدود قاطعة (أسنان) بشكل مستقيم أو حلزوني كما هو موضح بشكل ٦ - ٨٢ . المقدمة المستدقة (المخروطية) لهذا البرغل قصيرة. يستخدم برغل الماكينة في برغلة الثقوب النافذة والثقوب المسدودة ليصل إلي قاعها تقريباً.

يوجد نصاب البرغل بشكل أسطواني لقمطه بظرف المثقاب الذي يثبت في الرأس المتحرك بالمخرطة ، أو بشكل مستدق (بسلبه مرس) لتقمط مباشرة في التجويف المستدق بعمود الرأس المتحرك مباشرة ، أو عن طريق جلب مستدقة.



شكل ٦ - ٨٢

برغل ماكينة

(أ) برغل ماكينة.

(ب) مقدمة الحدود القاطعة قصيرة ومستدقة.

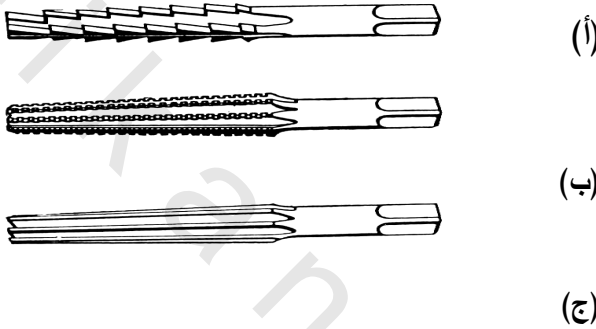
رابعاً : البرغل المستدق Taper Reamer

في كثير من الحالات تستخدم الأصابع المستدقة (المخروطية) للوصلات الميكانيكية لضمان الحصول علي تركيب محكم ، وذلك في الحالات التي يتطلب فيها نزع هذه

الأصابع وإعادة تثبيتها عدة مرات.

وعلي أي حال فإن عمل ثقب لإصبع مستدق أصعب منه للإصبع الأسطواني ، وعادة تكون نسبة الإستفاق بالإصبع المستدق ١ : ٥٠ ، أي أن قطر الإصبع ينخفض بمقدار ملليمتر واحد لكل ٥٠ ملليمتر في الطول . ولعمل الثقوب المستدقة تستخدم البراغل التي تتناسب مع مقاساتها.

يبرغل الثقب المخروطي بعد تشغيله تشغيلاً أولاً علي المخرطة ، ويستخدم لهذا الغرض برغل مستدق بأسنان مستقيمة كما هو موضح بشكل ٦ - ٨٣.



شكل ٦ - ٨٣

تشغيل البرغل المستدق باستخدام برغل ذات أسنان مستقيمة

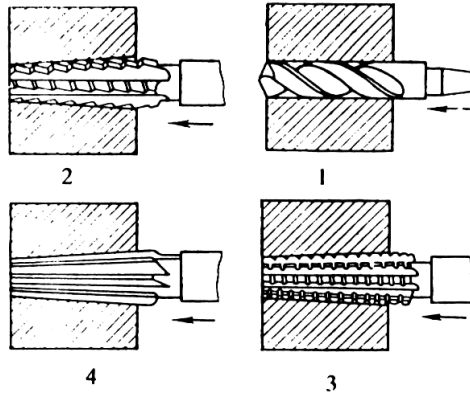
(أ) الثقب بثاقب (بنطة) بأصغر قطر للبرغل.

(ب) البرغلة باستخدام برغل مستدق.

(ج) تركيب الإصبع المستدق بالثقب.

طريقة ثقب وبرغلة الثقوب المستدقة :

يتم تشغيل الثقب تشغيلاً أولاً بعمل ثلاثة ثقوب متدرجة كما هو موضح بشكل ٦ - ٨٤ (أ) ، ويستخدم لعملية البرغلة طقم من البراغل المخروطية شكل ٦ - ٨٤ (ب) الذي يتكون من ثلاثة براغل (برغل تخشين - برغل ذو خشونة متوسطة - برغل تشطيب).



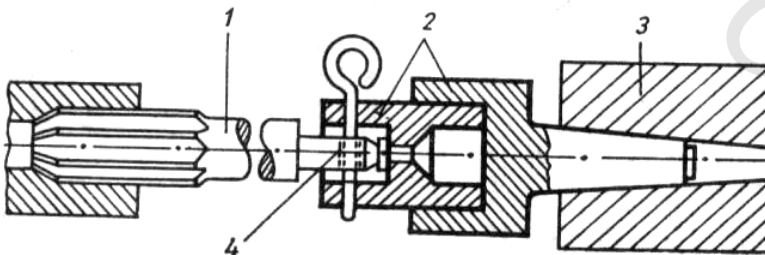
شكل ٦ - ٨٤

طريقة ثقب وبرغلة الثقوب المستدقة

خامساً : البرغل العائم Floating Reamer

قد يزداد قطر الثقب بعد عملية البرغلة زيادة غير مقصودة .. في حالة تثبيت البرغل في الرأس المتحرك (الغراب المتحرك) بالمخرطة ، أو في برج المخرطة البرجية تثبيتاً جسيماً ، ولتلافي ذلك تربط البراغل بشكل عائم ، حيث يثبت نصاب البرغل في جلبه عائمة كما هو موضح بشكل ٦ - ٨٥ ، بحيث يسمح بترواحها ، بينما يمنع الإصبع الأسطواني دورانها مع المشغولة.

بهذا التنسيق يمكن برغلة الثقوب ذات المحاور الغير منطبقة مع محور عمود دوران المخرطة ، مما يتيح إيلاج البرغل في الثقب بصورة مستقيمة بحيث يكون للبرغل حرية الحركة في حدود ضيقة ، مما يؤدي إلي تتابع البرغل بالثقب ، والي تشغيل ثقوب مبرغلة دقيقة.



شكل ٦ - ٨٥

برغلة الثقوب ذات المحاور المنحرفة عن محور عمود الدوران باستخدام البرغل العائم

١. البرغل.

٢. الجلب العائمة.

٣. عمود الرأس المتحرك .. (الغراب المتحرك).

٤. تركيب البرغل في الجلبة العائمة عن طريق إصبع أسطواني.

التشغيل النموذجي للبراغل :

للحصول على ثقوب ذات أسطح ملساء عن طريق إستخدام البراغل .. فإنه يجب تجهيز الثقوب بمقاس أقل من القياس المطلوب بمقدار محدد ، ويتراوح هذا المقدار ما بين ٠.٣ . ٠.٥ . ٠.٧ ملليمتر بالنسبة للثقوب التي يتراوح قطرها ما بين ٢٠ . ٧٠ ملليمتر ، وعلي سبيل المثال .. إذا أريد ثقب قطره الأسمى ٢٠ ملليمتر ، فإنه يشغل أولاً بثقب قطره ١٩.٧ ملليمتر ، حيث يصل القطر بعد عملية البرغلة إلى المقاس المطلوب.

أما سرعة القطع المستخدمة في برغلة ثقوب الصلب وحديد الزهر الرمادي ما بين ٢ . ٦ متر / دقيقة ، وفي ثقوب النحاس الأصفر ما بين ٨ - ١٥ متر / دقيقة ، وفي ثقوب سبائك الألومنيوم ما بين ٢٠ - ٣٠ متر / دقيقة . كما توجد جداول تعطي قيماً تجريبية لأنسب سرعات القطع المستخدمة في عمليات البرغلة .

ويتراوح معدل التغذية في عمليات برغلة ثقوب الصلب وحديد الزهر الرمادي إلى ٠.٣ - ٣ ملليمتر / دورة ، وفي ثقوب النحاس الأصفر إلى ٠.٥ - ٤ ملليمتر / دورة ، وفي ثقوب سبائك الألومنيوم إلى ٠.٢ - ١ ملليمتر / دورة .

أما مواد التبريد المستخدمة في عمليات البرغلة فإنه يفضل محلول الزيتي المخفف عند تشغيل الصلب ، وينصح باستخدام محلول الكحول عند برغلة سبائك الألومنيوم ، في حين يبرغل النحاس الأصفر وحديد الزهر الرمادي برغلة جافة .

سرعة القطع والتغذية للبرغلة:

أساسيات هندسة الإنتاج

يجب أن تكون سرعة القطع وبالتالي سرعة الدوران للبرغلة أقل بكثير مما يلزم لعملية الثقب ، أما التغذية فتكون متساوية تقريباً في حالتي البرغلة والثقب ، ويجب أن يكون الثقب نظيفاً ، كما لا يسمح بإدارة البرغل في الاتجاه العكسي حيث أن النحاة تختنق (تنحسر) ما بين الحدود القاطعة للبرغل وجدارالثقب ، الأمر الذي يؤدي إلى خشونة السطح الداخلي للمشغولة وتشوّهه وتلثم الحدود القاطعة للبرغل.

المقاشط

Shaping Machines

تعتبر المقاشط من الماكينات الهامة التي تعمل على تشكيل المعادن بالقطع (بإزالة رايش) من خلال الحركة الخطية المستقيمة ، باستخدام أداة قطع أحادية الحد Single point control تسمى بقلم المقشطة.

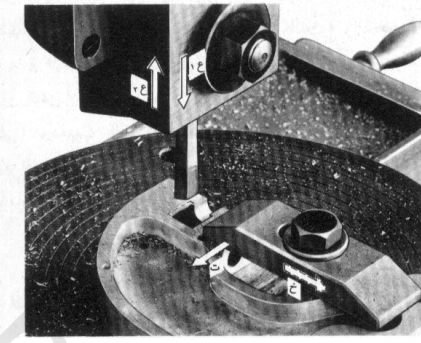
يعتمد على المقاشط في الحصول على مشغولات ذات أسطح مستوية أفقية ورأسية ومائلة بزاوية ، كما تقوم بفتح المجارى المستقيمة وغيرها . وعلاوة على ذلك فإنه يتم الحصول على المنتج المطلوب بأقل تكلفة. العمل على المقاشط المختلفة باختلاف أنواعها وأشكالها ، مقترن بصدمات تنتج في بداية كل مشوار قطع ، حيث تتسبب هذه الصدمات في إزالة أجزاء من معادن المشغولات المراد تشغيلها على هيئة رايش.

أساليب القشط :

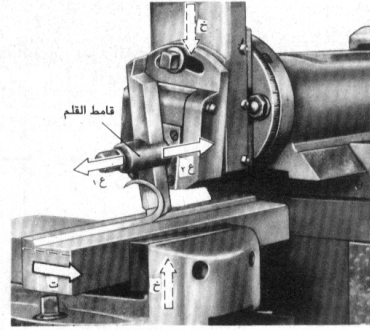
هناك أسلوبان للقشط يمكن بواسطتهما إنتاج الأسطح المستوية والمائلة وأيضاً المشقبيات والتجاويف بسرعة وبتكاليف زهيدة ، حيث تختلف عملية القطع بالمقاشط عن عملية القطع بالماكينات الدورانية مثل المخارط والمثاقب ، حيث تتم عملية القطع بالمقاشط من خلال حركة عدد القطع (أقلام المقاشط) الحركة المستقيمة الترددية.

أسلوب القشط الأول :

في الأسلوب الأول تقوم عدة التشغيل (قلم القشط) بالحركة الرئيسية في الاتجاه العرض كما هو الحال بالمقاشط النطاحة الأفقية (التي تسمى بالمقاشط السريعة أو القصيرة) شكل ٦ - ٨٦ (أ) ، والمقاشط النطاحة الرأسية شكل ٦ - ٨٦ (ب).



(ب)



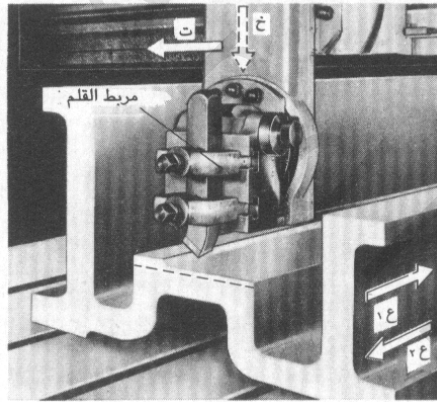
(أ)

شكل ٦ - ٨٦

النطح الأفقي والرأسي

أسلوب القشط الثاني :

في الأسلوب الثاني تقوم الشغلة بالحركة الرئيسية (حركة القطع ثم حركة الرجوع) كما هو الحال بالمقاشط العربية الطويلة شكل ٦ - ٨٧.



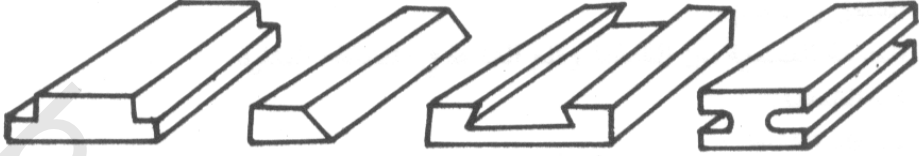
شكل ٦ - ٨٧

أسلوب القشط بتحريك الشغلة

عملية القشط :

تتمثل عملية القشط في قيام العدة (قلم القشط) بفصل أجزاء من معدن المشغولة علة هيئة رايش إنسيابي في كل شوط عمل ، ولإستكمال القشط يتحرك قلم القشط أو

الشغلة عرضياً بمقدار التغذية ت أو f في كل مرة ، ويضبط تقدم القلم أو الشغلة بمقدار عمق القطع x أو t . شكل ٦ - ٨٨ يوضح نماذج مختلفة لبعض عمليات القشط.



شكل ٦ - ٨٨

نماذج مختلفة لبعض عمليات القشط.

الشروط الواجب توافرها في المقاشط :

عند تصميم المقاشط المختلفة الأنواع والأشكال .. فإنه يجب أن تتوفر بها

الشروط والموصفات التالية :-

١. اختلاف سرعة مشوار القطع عن مشوار الرجوع في الحركة الترددية ، وذلك للاقتصاد في الوقت اللازم في مشوار الرجوع (المشوار الغير فعال) ، وذلك بزيادة سرعته بقدر الإمكان عن سرعة مشوار القطع (المشوار الفعال).
٢. ضمان تثبيت الشغلة جيداً وتأمينها ضد الصدمات التي تتعرض لها عند بدء كل مشوار قطع (ضد قوى القطع) ، لعدم تعرض الشغلة للاهتزاز أو تشوه نتيجة لسوء التثبيت.

٣. التحكم في ضبط طول المشوار (نقطة بداية ونهاية المشوار).

٤. تعدد سرعات القطع والتغذية المناسبة.

أقلام القشط : Planing tools

تثبت أقلام القشط على عربة العدة للماكينة بواسطة حامل العدة ، تتشابه أقلام القشط مع أقلام الخراطة كما إنها تحمل نفس الرموز ، كما يشكل الإسفين (الحد القاطع) أيضاً الجسم الأساسي للحد القاطع ، وأكثر أنواع أقلام القشط استعمالاً هي

أقلام التخشين والتسوية.

توجد أنواع أخرى لأقلام القشط مثل الأقلام المائلة وأقلام عنق الأوزة وأقلام الفصل . تعمل أقلام القشط دون أى إرتجاج عند قمطها قصيرة.

أنواع المقاشط : Types Of Shaping Machines

يمكن تصنيف المقاشط حسب تكوينها وطبيعة عمل كل منها إلى الأنواع الثلاثة

التالية:-

١ - المقشطة النطاحة.

٢ - المقشطة العربية.

٣ - المقشطة الرأسية.

المقشطة النطاحة

Shaping machine

المقشطة النطاحة الموضحة بشكل ٦ - ٨٩ سميت في الوسط الفني بهذا الاسم

لشبه حركة الرأس المتحرك (التمساح) بحركة نطح الكبش.

تثبت القطعة المطلوب تشغيلها على الصينية حيث يتحرك على سطحها أداة

القطع (قلم القشط) ، وتتم عملية القطع بالمقشطة النطاحة بتحريك قلم القشط بحركة مستقيمة مترددة ذات مشوار قصير ، بينما تقوم قطعة الشغل بحركة التغذية وزيادة عمق القطع.

تصلح هذه الطريقة لتشغيل الأسطح القصيرة ولإنتاج المفرد، لذلك فهي

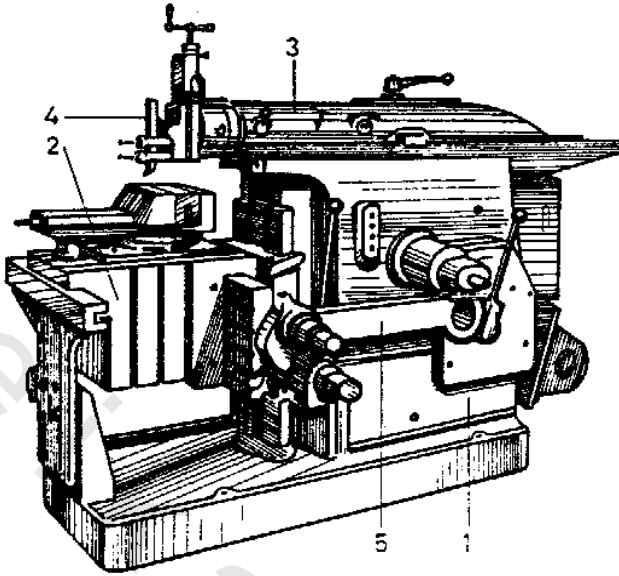
تستعمل في تسوية أسطح المشغولات الصغيرة والمتوسطة.

تستخدم المقشطة النطاحة في تسوية الأسطح المستقيمة والمائلة وفتح المجارى

، كما تستخدم في الأغراض الأخرى المشابهة . وتستخدم المقاشط الرأسية لتشغيل الأشكال الداخلية.

تتميز المقشطة النطاحة عن المقشطة العربية بأنها أقل تعقيداً وإسراع في

الحركة.



شكل ٦ - ٨٩

المقشطة النطاحة

- ١- قائم.
- ٢- صينية تتحرك أفقياً ورأسياً.
- ٣- الرأس المتحرك أو التماسح.
- ٤- أداة القطع .. (قلم القشط).
- ٥- ترتيبية التغذية.

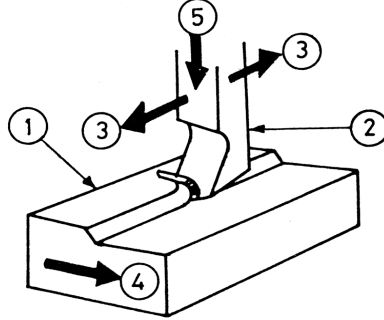
ملاحظة :

قبل بدء العمل يجب التأكد من وجود قلم القطع في وضع التشغيل المناسب ، وإلا تعرضت عملية القشط لأخطار كسر العدة ، هذا ويجب توفير خلوص قطع كاف لحركة العدة عند بداية ونهاية الشوط.

الحركة النسبية بين القلم والشغلة بالمقشطة النطاحة :

عند العمل على المقشطة النطاحة ، يمارس قلم القشط حركة القطع والرجوع ،

بينما تكون الشغلة مثبتة على طاولة المقشطة وتمارس حركة التغذية العرضية في بداية كل مشوار عامل كما هو موضح بشكل ٦ - ٩٠.



شكل ٦ - ٩٠

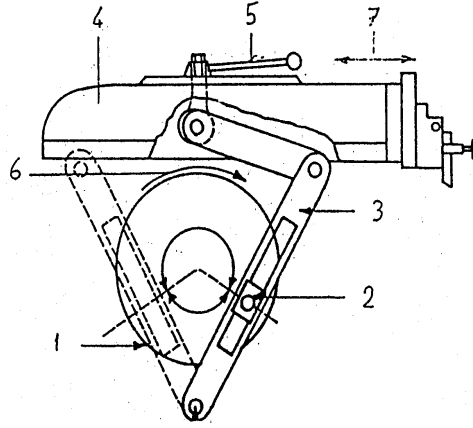
الحركة النسبية بين القلم والمقشطة النطاحة

- ١ - قطعة التشغيل.
- ٢ - قلم القشط.
- ٣ - حركة القطع الترددية لقلم القشط.
- ٤ - حركة التغذية العرضية للشغلة.
- ٥ - حركة عمق القطع بواسطة قلم القشط.

الإدارة المتردة بالمقاسط النطاحة :

تتكون التجهيزات الميكانيكية بالمقشطة النطاحة الموضحة بالرسم التخطيطي

بشكل ٦ - ٩١ من الأجزاء الآتية :-



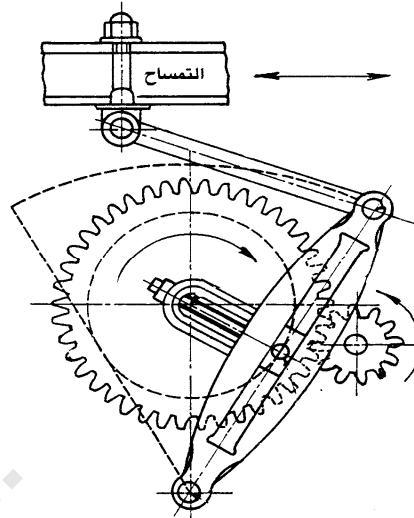
شكل ٦ - ٩١

التجهيزة الميكانيكية بالمقشطة النطاحة

- ١- الترس الرئيسي الكبير .
- ٢- الكتلة المنزلقة (المرفق) .
- ٣- ذراع متأرجح .
- ٤- التماساح .
- ٥- مقبض تثبيت التماساح وتحديد طول المشوار .
- ٦- الحركة الدائرية للترس الرئيسي.
- ٧- الحركة المستقيمة المترددة للتماساح.

نقل الحركة الدائرية وتحويلها إلى حركة مستقيمة مترددة بالتمساح :

تنتقل الحركة الدائرية من المحرك الكهربائي إلى صندوق تروس السرعات ، الذي يدير عمود الإدارة المثبت عليه ترس صغير المعشق معه الترس الرئيسي الكبير ، الذي يتحرك الحركة الدائرية في اتجاه عقارب الساعة. تدار الكتلة المنزلقة المثبتة بالترس الكبير التي تتحرك من خلال مجارى طولية بالذراع المتأرجح ، حيث تحول الحركة الدائرية من الترس الكبير إلى حركة مستقيمة مترددة بالتمساح كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل ٦ - ٩٢ .



شكل ٦ - ٩٢

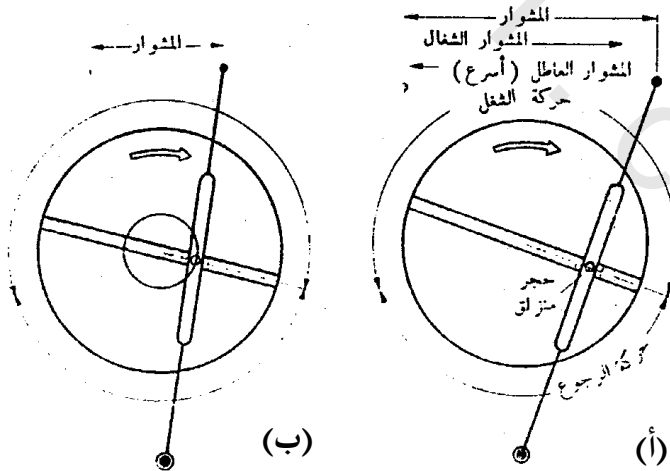
نقل الحركة الدائرية وتحويلها إلى حركة مستقيمة مترددة بالتمساح

التحكم في طول مشوار التمساح :

يمكن التحكم في طوله المشوار (حركة التمساح الترددية) كما هو موضح بشكل

٩٣ - ٦ (أ) للمشوار الكبير ، وشكل ٩٣ - ٦ (ب) للمشوار الصغير ، وذلك بضبط

بعد الكتلة المنزلقة (المرفق) بقربها أو بعدها عن مركز الترس الرئيسي .. عن طريق المقبض الخاص بذلك.

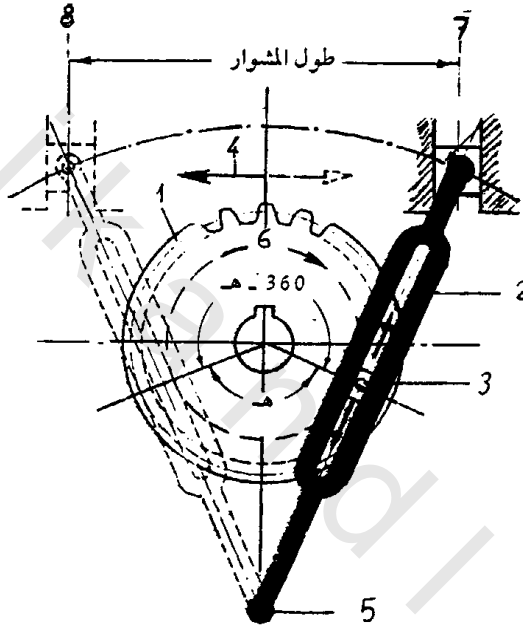


شكل ٦ - ٩٣

التحكم في طول مشوار حركة التماسح الترددية

حركة القطع والرجوع السريع :

تتلخص عملية حركة القطع والرجوع السريع من خلال الرسم التخطيطي الموضح بشكل ٦ - ٩٤ للترس الكبير والكتلة المنزلقة (المرفق) والذراع المتأرجح ، الذي يوضح حركة القطع (الحركة الأمامية) وحركة الرجوع (الحركة الخلفية).



شكل ٦ - ٩٤

رسم تخطيطي لمشوار القطع وحركة الرجوع السريعة

- ١ - الترس الكبير .
- ٢ - الذراع المتأرجح .
- ٣ - الكتلة المنزلقة .. (المرفق) .
- ٤ - الحركة الترددية للتماسح .
- ٥ - محور الارتكاز .
- ٦ - المسار الدائري المنتظم للكتلة المنزلقة وهي ٣٦٠° والتي تمثل اللغة الكاملة .

٧- النقطة الميتة .. (في بداية مشوار القطع).

٨- النقطة الميتة .. (في نهاية مشوار القطع).

عندما يدور الترس الكبير ١ بسرعة منتظمة فإن الكتلة المنزلقة (المرفق) ٣ تتحرك مع الترس المثبت فيه بنفس الحركة .. أى في مسار دائري منتظم ٦ مقدارها (٣٦٠°) التي تمثل اللغة الكاملة) ، وبذلك ينزلق المرفق ٣ في نفس الوقت طولياً في المجرى الموجود بالذراع المتأرجح ٢ الذي يتحرك حركة على شكل زاوية ، وتسمى حركة الذراع المتأرجح إلى الأمام وهى حركة مشوار القطع ، والحركة إلى الخلف هى مشوار الرجوع والتي تتمثل في زاوية (هـ).

فعندما ينزلق المرفق ٣ من النقطة الميتة ٧ من بدء مشوار القطع ليصل إلى النقطة الميتة ٨ أى لنهاية مشوار القطع .. وبذلك يكون قطع الزاوية الكبرى (٣٦٠° - هـ) ، ثم ينزلق المرفق من النقطة الميتة ٨ (نهاية مشوار القطع وبداية مشوار الرجوع) ليصل إلى النقطة الميتة ٧ (نهاية مشوار الرجوع وبداية مشوار القطع) .. وبذلك يكون المرفق قد قطع الزاوية الصغيرة هـ.

وواضح أن الزاوية هـ أقل من الزاوية (٣٦٠° هـ)، حيث ينزلق المرفق من النقطة الميتة ٨ (نهاية مشوار الرجوع وبداية مشوار القطع) .. وبذلك يكون المرفق قد قطع الزاوية الصغرى هـ.

وواضح أيضاً أن الزاوية هـ أقل من الزاوية (٣٦٠° هـ)، بذلك يمكن استنتاج أن الجزء العلوي من الترس الكبير الذي يتمثل في الزاوية (٣٦٠° هـ) يمثل حركة مشوار القطعي، والجزء السفلى الذي يتمثل في الزاوية (هـ) وهى الزاوية الصغرى يمثل حركة مشوار الرجوع السريع .. أى في زمن أقل.

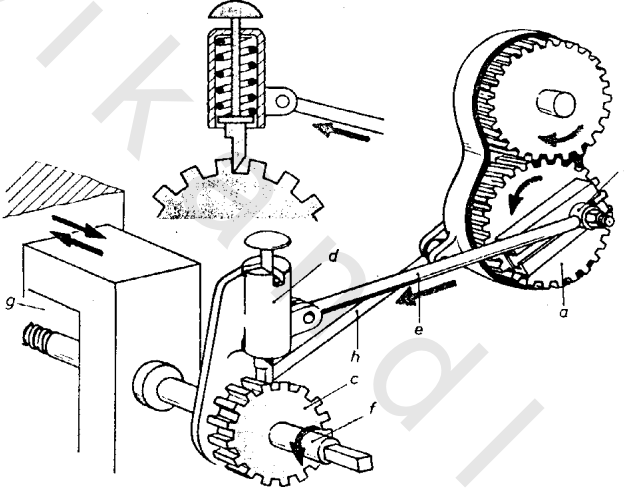
حركة التغذية الآلية بالمقشطة النطاحة :

تتحرك الصينية المثبتة عليها قطعة التشغيل المراد قشطها بتغذية يدوية بشكل متقطع ، والتي قد تتسبب في إنتاج أسطح خشنة ، وذلك من جراء تحرك عمود التغذية

يدوياً بشكل غير منتظم ، ويمكن تحاشي ذلك باستخدام حركة التغذية الآلية كما هو موضح بشكل ٦ - ٩٥ ، حيث تنتقل الحركة الدائرية من مجموعة التروس وتتحول إلى حركة مستقيمة بالصينية .

التغذية f وعمق القطع a : تتم التغذية على خطوات أثناء الانتقال من شوط الرجوع إلى شوط القطع ، وتسري هنا أيضا القاعدة : تغذية صغيرة مع عمق قطع كبير . ويجب أن تكون زاوية المقابلة لأداة القطع 45° .

أما بالنسبة للقصط الرأسي فإن زاوية المقابلة تكون غالبا 90° . وذلك لأن حركات التماسح تكون موازية لحد القطع.



شكل ٦ - ٩٥

حركة التغذية الآلية بالمقشطة النطاحة

a. ترس قائد.

b. ذلاقة.

c. عجلة مسننة مثبتة على عمود التغذية.

d. سقاطة.

e. ذراع.

f. محور الصينية.

g. الصينية.

h. قضيب الوصل.

سرعة القطع :

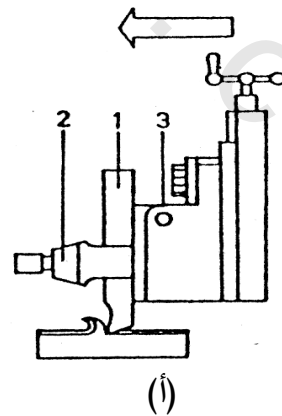
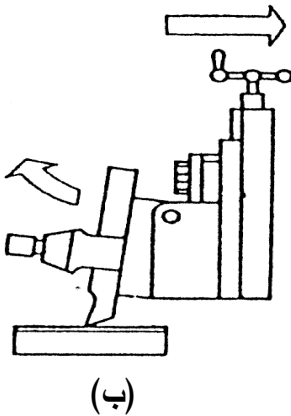
تتوقف قيمة سرعة القطع على نوع مادة قطعة التشغيل وعلى مادة العدة كذلك على مقدار التغذية (خشونة السطح) ، وغالبا ما يجري تقدير السرعة للقطع وعدد الأشواط في الدقيقة للمقاشط النطاحية الأفقية والرأسية بطريقة تقريبية ، في حين أنها تحدد بدقة عند قشط المشغولات الطويلة على المقاشط العربية ، وذلك بسبب طول زمن الإنجاز.

ويمكن معرفة سرعة القطع التي تم إختيارها ، وكذلك طول الشوط وحساب عدد الأشواط المزدوجة في الدقيقة وضبطها على الآلة من خلال العلاقة التالية :-

$$\frac{\text{سرعة القطع بوحدة (m/min)}}{\text{عدد الأشواط المزدوجة / دقيقة}} = 2 \times \text{طول الشوط بوحدة (m)}$$

رفع العدة أثناء شوط الرجوع :

يجب رفع العدة عن قطعة الشغل أثناء شوط الرجوع وذلك حتى لا يحتك حد القطع مع سطح قطعة التشغيل وتقوم المقشطة بعملية رفع العدة آلياً من خلال حامل القلم المفصلي الموضح بشكل ٦ - ٩٦.



أساسيات هندسة الإنتاج

شكل ٦ - ٩٦

أوضاع قلم القشط في مشواري القطع والرجوع

(أ) وضع القلم في مشوار القطع أثناء عملية القشط.

(ب) رفع الحد القاطع للقلم في مشوار الرجوع.

١ - قلم القشط.

٢ - حامل القلم المفصلي.

٣ - مسمار من الصلب يصل بين حامل القلم والراسمة والذي يؤدي إلى حركة حامل

القلم الحركة على شكل قوس.

مميزات المقشطة النطاحة :

تتميز المقشطة النطاحة بالآتي :-

١ - سهولة التشغيل.

٢ - سرعة عملها لقصر طول مشوارها.

٣ - صغر الحجم .. حيث لا تشغل مساحة كبيرة.

٤ - رخيصة الثمن.

٥ - تحتاج إلى قدرة أقل في التشغيل.

٦ - لا تحتاج إلى مهارة عالية في التشغيل.

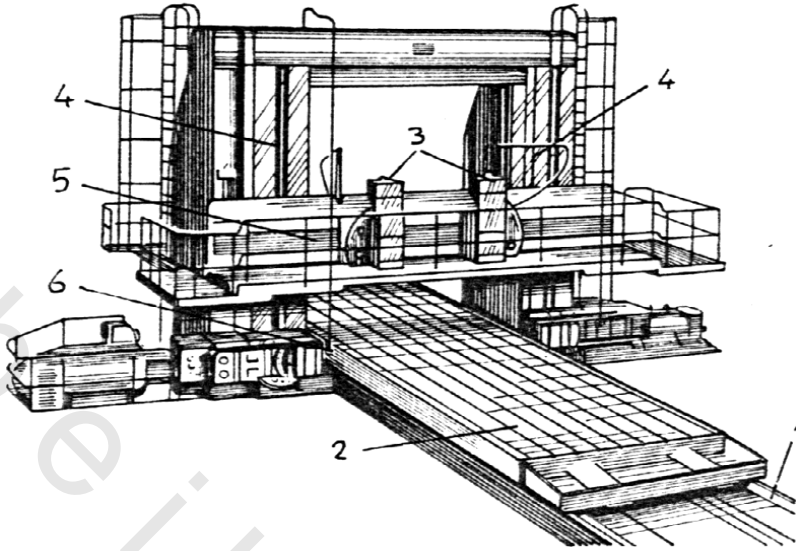
القشط على مقاشط العربية :

تقوم قطعة التشغيل بالمقشطة العربية الموضحة بشكل ٦ - ٩٧ بحركة القطع

والرجوع ، بينما تقوم العدة بحركة التغذية وزيادة عمق القطع. وتصلح هذه الطريقة

لتشغيل المشغولات ذات الأسطح الطويلة ، يمكن إذا سمحت الظروف تثبيت عدد من

المشغولات المتشابهة واحدة تلو الأخرى على العربة (للإنتاج) الكمي.



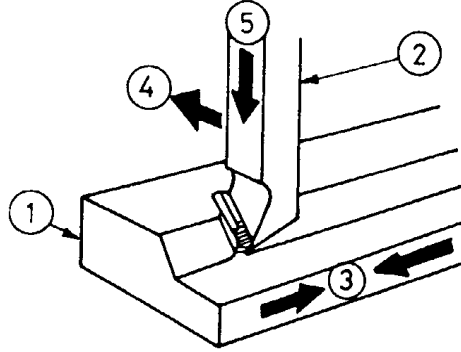
شكل ٦ - ٩٧

المقشطة العربية

- ١- فرش طويل مصنوع من الزهر ، يوجد به دلائل منشورية.
- ٢- العربى .. (منضدة تتحرك على الموجهات الطولية) ، يوجد بالسطح العلوي مجارى لتثبيت المشغولات.
- ٣- حامل للأقلام مقابل للحركة في اتجاه أفقي.
- ٤- قائمان رأسيان ، يوجد به موجهات رأسية.
- ٥- قائم عرضي ، يتحرك على القائمين الرأسيين حركة رأسية إلى أعلى وإلى أسفل.
- ٦- لوحة المفاتيح الكهربائية.

الحركة النسبية بين الشغلة والقلم بالمقشطة العربية :

عند العمل على المقشطة العربية ، تمارس الشغلة المثبتة على طاولة المقشطة (العربية) حركة القطع والرجوع كما هو موضح بشكل ٦ - ٩٨ ، بينما يكون قلم القشط ثابت بحامل العدة ويقوم بحركة التغذية العرضية وعمق القطع فقط.



شكل ٦ - ٩٨

الحركة النسبية بين الشغلة وقلم القشط بالمقشطة النطاحة

- ١ - قطعة التشغيل.
- ٢ - قلم القشط.
- ٣ - حركة القطع الترددية بواسطة العربة.
- ٤ - حركة التغذية بواسطة قلم القشط.
- ٥ - حركة عمق القطع بواسطة قلم القشط.

ماكينات الخراطة

Lathe Machines

صناعة الخراطة من الصناعات الميكانيكية الهامة التي تمثل أهمية كبرى للصناعات الميكانيكية الأخرى.

وماكينات الخراطة هي إحدى ماكينات التشغيل بالقطع التي تعمل بحركة قطع دائرية ، وهي من الماكينات المتعددة الأغراض ، حيث ينتج عليها المشغولات ذات العمليات الصناعية المختلفة مثل الأسطح الأسطوانية . المستدقة (المخروطية) . قطع اللوالب .. سواء كانت خارجية أو داخلية ، بالإضافة إلى عمل التجاويف الأسطوانية وتخویش وبرغلة الثقوب . والنوابض اللولبية (اليابات) وغيرها.

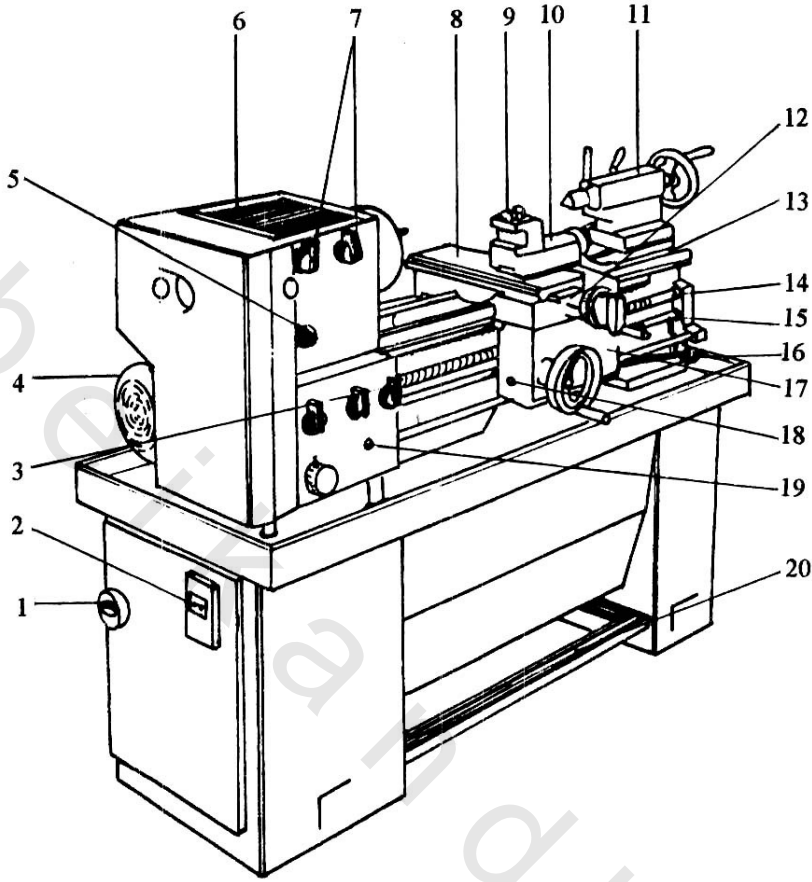
وتعتبر المخرطة الأفقية العامة هي الماكينة الأولى في المصانع ، حيث تتضح أهميتها

فيما ينتج منها من قطع غيار ، وعلى سبيل المثال لا الحصر ، يتم على المخرطة إنتاج جميع المشغولات الأسطوانية والمخروطية والكروية وتشكيل الأقواس والثقوب بجميع قياساتها والأسطوانات والمكابس وقطع أسنان القلاووظ بأشكاله وأنواعه وأيضا النوابض (اليابات) وغيرها.

لذلك تسمى بالمخرطة العامة لكثرة ما ينتج منها ، كما تسمى أيضا بمخرطة الذنبية (Center Lathe).

توجد المخارط بأنواع وأشكال متعددة ، تختلف كل منها عن الأخرى باختلاف المنتج منها ، إلا أنها تتفق جميعها من حيث أساسياتها.

المخرطة الأفقية العامة (مخرطة الذنبية) الموضحة بشكل ٦ - ٩٩ تتكون من الأجزاء الآتية:-



شكل ٦ - ٩٩

المخرطة الأفقية العامة (مخرطة الذنب)

أجزاء المخرطة الأساسية : The Basic Parts At Lathe

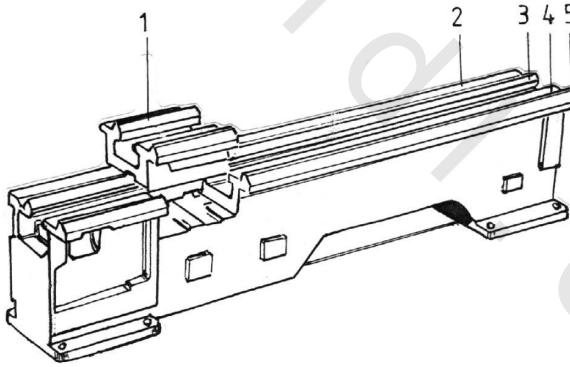
المخرطة الأفقية العامة (مخرطة الذنب) باختلاف أشكالها وأحجامها، تتكون من أجزاء أساسية هامة، كما توجد أجزاء مساعدة أو مكملات للأجزاء الأساسية التي لا غنى عنها لكي تقوم المخرطة بوظيفتها على أكمل وجه.

فيما يلي عرض الأجزاء الأساسية للمخرطة كل منها على حدة، ولمزيد من الإيضاح فقد زودت جميع الأجزاء بالرسومات والأشكال التوضيحية.

الفرش :

هو جسم معدني مسطح طويل ، سطحه العلوي يحتوي علي قضيبين على كل منهما بروز بأشكال منشوريه بمثابة دلائل انزلاق إرشاد للعربة والرأس المتحرك ، كما يستخدمان في حركة إنزلاق العربة وتثبيت الرأس المتحرك (الغراب المتحرك).
روعي عند تصميم الفرش إمكان حمل جميع أجزاء المخرطة، وأيضاً أقصى وزن للمشغولات التي يتم إنتاجها وذلك دون أي تأثير عليه .

يصنع الفرش Bed الموضح بشكل ٦ - ١٠٠ من حديد الزهر بحيث يكون جسيماً يقاوم الإجهادات والذبذبات المختلفة ، ويحتوي على دعامتين قويتين وأعصاب دعم عرضية مصبوبة غالباً من قطعة واحدة . وتنسق الأعصاب العرضية ، بحيث يتيح سهولة تساقط الرايش من خلال الفتحات الموجودة بالفرش الى القاع.
يرتفع الفرش عن الأرض بارتفاع بمستوي يناسب الفني الذي يقوم بإدارة المخرطة بحيث يستطيع أداء مهمته بأقل مجهود.



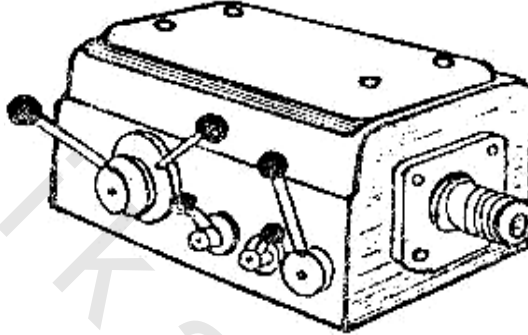
شكل ٦ - ١٠٠

فرش المخرطة

الرأس الثابت :

يسمى أيضاً بالغراب الثابت Head Stock شكل ٦ - ١٠١ ، يحتوي على

صندوق تروس السرعات . مثبت بالجانب الأيسر للفرش . الغرض منه هو نقل الحركة الدائرية من المحرك الكهربائي عن طريق مجموعة تروس السرعات إلى عمود الدوران المثبت على كراسي محاور الذي يثبت عليه الظرف ، والغرض من مجموعة تروس السرعات هو إمكانية الحصول على سرعات مختلفة من خلال تعشيق التروس مع بعضها البعض ، وذلك للحصول على السرعة المناسبة أثناء التشغيل.

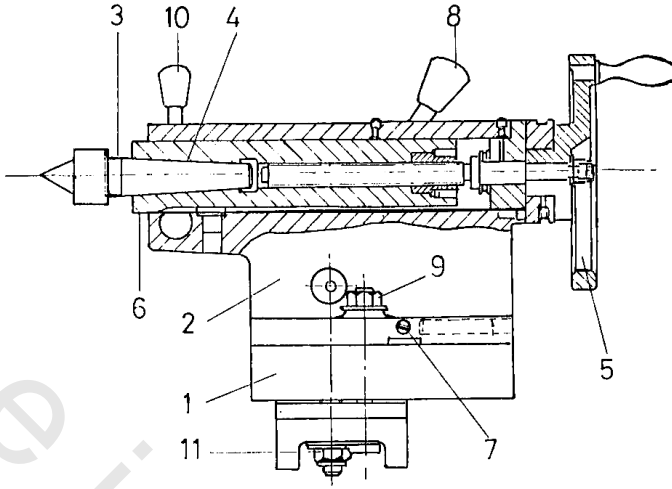


شكل ٦ - ١٠١
الرأس الثابت .. (الغراب الثابت)

الرأس المتحرك :

الرأس المتحرك Tail Stock يسمى أيضاً بالغراب المتحرك شكل ٦ - ١٠٢ .
سمى بالمتحرك لسهولة تحركه وانزلاقه على دلائل الفرش لتثبيتته بالوضع المناسب على امتداده.

يحمل الغراب المتحرك الذنبية التي تقع على محور عمود الدوران تماماً لاستخدامها لحمل المشغولات الطويلة، كما يستخدم لتثبيت ظرف المثقاب أو لتثبيت البنط ذات الأقطار الكبيرة مباشرة بالثقب المخروطي أثناء ثقب المشغولات بالأقطار المختلفة.



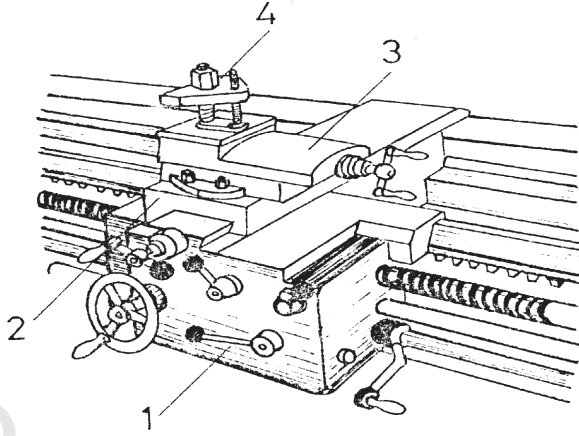
شكل ٦ - ١٠٢
الرأس المتحرك

العربة :

تنزلق العربة Carriage الموضحة بشكل ٦ - ١٠٣ على دلائل الفرش ما بين الرأس الثابت (الغراب الثابت) والرأس المتحرك (الغراب المتحرك). تحمل الراسمة العرضية التي تحمل الراسمة الطولية التي تحمل البرج (حامل القلم) وأداة القطع. تحتوي العربة على صندوق تروس العربة ، الذي ينقل من خلاله الحركة الآلية إلى عمود التغذية (عمود الجر) أو العمود المرشد (عمود القلاووظ).

تتحرك كل من عربة الفرش والراسمة العرضية (الراسمة الوجهية أو الراسمة الكبرى) يدويا عن طريق مقبض مرفقى مثبت مع ترس يتحرك على جريدة مسننة مثبتان بأسفل الفرش ، كما تتحرك ميكانيكياً عن طريق تعشيق عمود التغذية (عمود الجر بمجموعة تروس التغذية) . تسمى حركة العربة (الحركة الطولية) أو حركة الراسمة الكبرى (الحركة العرضية) بحركة التغذية.

يوجد بواجهة العربة مبيت ذو قرص زجاجي يوضح منسوب الزيت بالصندوق وذلك لزيادة الزيت عند انخفاض مستواه.



شكل ٦ - ١٠٣

العربة

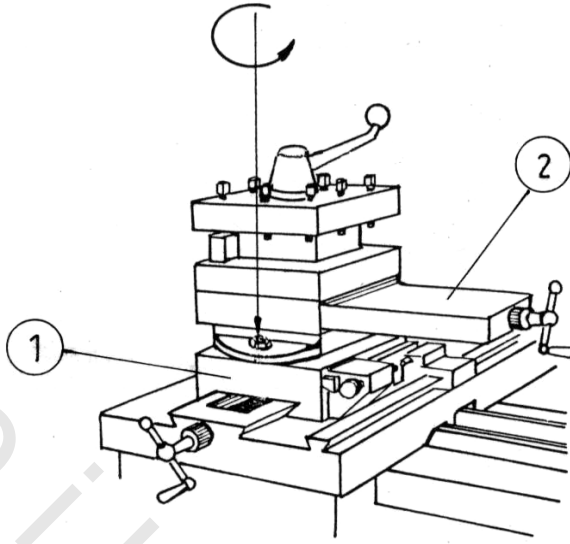
الراسمة العرضية والطولية :

الراسمة العرضية Cross Slid تحمل الراسمة الطولية التي تحمل حامل القلم كما هو موضح بشكل ٦ - ١٠٤ . يستخدم ميكرومتر الراسمة العرضية في ضبط حركة قلم المخرطة بعمق القطع المطلوب بدقة عالية .

سميت بالعرضية نسبة إلى حركتها العرضية على محور الذنبتين، وتسمى أيضاً بالراسمة الكبرى شكل ٦ - ١٠٤ . تستخدم للتغذية المتعامدة على محور الذنبتين ولخراطة الأسطح الجانبية للمشغولات.

تثبت الراسمة الطولية Top Slide على السطح العلوي للراسمة العرضية على قاعدة مقسمة بتقسيم دائري على 360° ، بحيث يمكن تثبيت الراسمة بأي زاوية لتميل على محور الذنبتين لاستخدامها للخرط المخروطي (الخرط المستدق أو المسلوب) بدرجة الميل المطلوبة.

تستخدم الراسمة الطولية في عمليات الخرت الجانبي (الخراطة الوجهية) وللخرط المخروطي.



شكل ٦ - ١٠٤

الراسمة العرضية والطولية

١. الراسمة العرضية .

٢. الراسمة الطولية .

صندوق تروس التغذية :

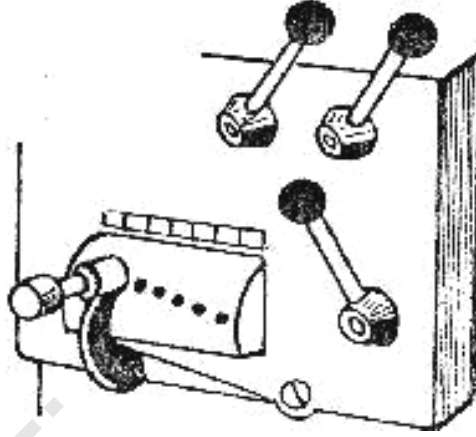
يثبت صندوق تروس التغذية Feed Gear Box الموضح بشكل ٦ - ١٠٥

بأسفل صندوق تروس السرعات .

العمود المرشد (عمود القلاووظ) يأخذ حركته الدائرية من مجموعة تروس التغذية التي تستخدم للتحكم في سرعة دورانه ، حيث تتحول هذه الحركة إلى حركة طولية لإستخدامها عند قطع أسنان اللوالب المختلفة حسب الخطوات المطلوبة.

عمود التغذية (عمود الجر) يأخذ حركته الدائرية من مجموعة تروس التغذية التي تستخدم للتحكم في سرعة دورانه ، حيث تتحول هذه الحركة إلى حركة طولية لإستخدامها أثناء التشغيل الميكانيكي في الخراط الطولي . يمكن التحكم في سرعة دوران عمود التغذية (عمود الجر) أثناء الخراطة الطولية أو الخراطة العرضية، لتنعكس

سرعته على درجة الخشونة أو النعومة المطلوبة على أسطح المشغولات.

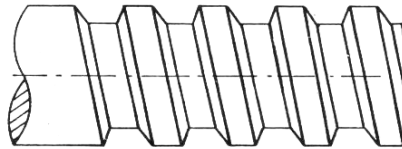


شكل ٦ - ١٠٥

صندوق تروس التغذية

العمود المرشد :

العمود المرشد الموضح بشكل ٦ - ١٠٦ يسمى أيضاً بعمود القلاووظ . يخترق العربة لينقل حركته الدائرية إلى مجموعة تروس العربة. يبتدئ من صندوق تروس التغذية ويصل إلى نهاية المخرطة موازياً للفرش. يأخذ حركته من صندوق تروس التغذية . يستخدم لنقل الحركة الآلية للعربة عند قطع أسنان اللوالب بالخطوات المطلوبة.



شكل ٦ - ١٠٦

العمود المرشد

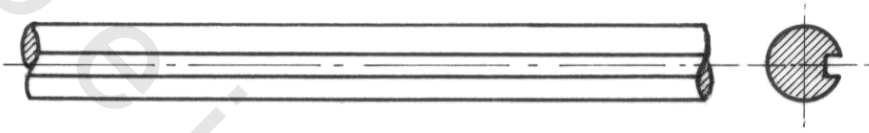
عمود التغذية :

عمود التغذية Feed Shaft الموضح بشكل ٦ - ١٠٧ يسمى أيضاً بعمود الجر

أو عمود السحب ، وهو عمود أسطواني أملس يحتوي على مجرى طولي . يأخذ حركته من صندوق تروس التغذية

يوجد بأسفل عمود القلاووظ . يبتدئ من صندوق تروس التغذية يخترق العربة ليصل إلى نهاية المخرطة موازياً الفرش وعمود القلاووظ.

يستخدم عمود التغذية في نقل الحركة الآلية للعربة أو للرأسمة العرضية عند التشغيل الآلي . يمكن التحكم في سرعته حسب التغذية المطلوبة.



شكل ٦ - ١٠٧

عمود التغذية

القواعد المعدنية :

تصنع القواعد المعدنية metal Bases من حديد الزهر ، وهي عبارة عن أرجل على هيئة قواعد ، تصمم القواعد لإمكان حمل الفرش وجميع أجزاء المخرطة وأقصى وزن لقطعة تشغيل . تثبت القاعدتين المعدنيتين بالأرض لعدم اهتزاز المخرطة أثناء التشغيل.

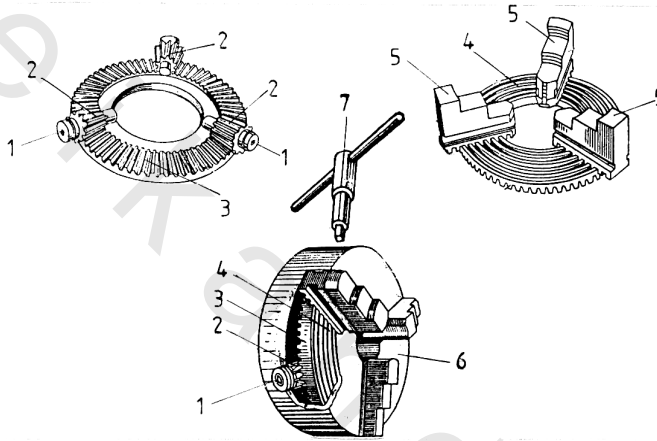
قمت المشغولات :

تتكرر عملية ربط الأجزاء المراد تشغيلها على المخرطة ، ولكي تتم عملية القطع على أكمل وجه ، يشترط أن تكون قطعة التشغيل مثبتة في ظرف المخرطة جيداً بشكل آمن وبدون أي انحراف.

توجد ضمن ملحقات أي مخرطة ، معدات أساسية للربط وأخرى مساعدة لهذا الغرض ، ويعتبر ظرف المخرطة من أكثر معدات الربط استخداماً.

الظرف ذو الثلاثة فكوك:

الظرف ذو الثلاثة فكوك three Jaw Chuck الموضح بشكل ٦ - ١٠٨ يسمى أيضا بظرف التمرکز الذاتي ، وهو الظرف الشائع الاستخدام في المخارط. يتميز الظرف ذو الثلاثة فكوك بحركة فكوكه الثلاثة مع بعضها البعض التي تتماثل نحو مركز عمود الدوران عند ربط المشغولات الأسطوانية المختلفة الأقطار ، لينطبق محور قطعة التشغيل مع محور عمود الدوران تماما ، لذلك فقد سمي بظرف التمرکز الذاتي.



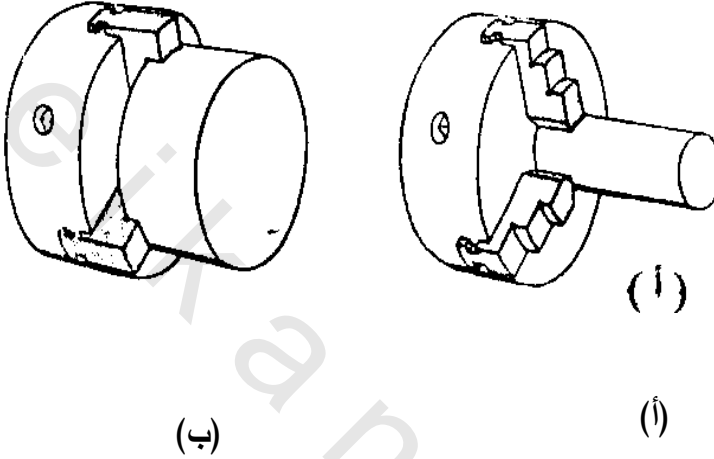
شكل ٦ - ١٠٨

الظرف ذو الثلاثة فكوك

١. ثقب مربع يستخدم لتثبيت مفتاح الظرف أثناء عملية الربط أو الفك.
٢. تروس مخروطية.
٣. قرص علي شكل عجلة مسننة مخروطية.
٤. قنات حلزونية تستخدم لحركة الفكوك الثلاثة.
٥. الفكوك الثلاثة بوضعها المعكوس.
٦. الهيكل العام ويحتوى على الأجزاء السابق ذكرها، يوجد بالجزء الخلفي للظرف تجهيزة لتركيبه بعمود الدوران، تختلف هذه التجهيزة من ظرف إلى آخر باختلاف التصميم.
٧. مفتاح الظرف.

مميزات الظرف ذو الثلاثة فكوك:

يتميز الظرف ذو الثلاثة فكوك .. (ظرف التمرکز الذاتي) بإمكانية ربط المشغولات المختلفة الأقطار (المشغولات ذات الأقطار الصغيرة والأقطار الكبيرة) ، وذلك عن طريق استبدال الفكوك الثلاثة الموضحة بشكل ٦ - ١٠٩ (أ) بفكوك أخرى عكسية مخصصة لربط المشغولات ذات الأقطار الكبيرة شكل ٦ - ١٠٩ (ب).



شكل ٦ - ١٠٩

إمكانية ربط المشغولات ذات الأقطار المختلفة

- (أ) ربط المشغولات ذات الأقطار الصغيرة بفكوك بالوضع العادي.
(ب) ربط المشغولات ذات الأقطار الكبيرة بفكوك بالوضع العكسي.

أقلام الخراطة :

يعتبر أقلام الخراطة هي الأدوات القاطعة الرئيسية للمخرطة ، أما أشكالها وأحجامه فهي متعددة ، يختلف استخدام كل منها عن الآخر باختلاف عملية القطع المطلوبة.

يتأثر الحد القاطع لقلم المخرطة أثناء عمليات قطع المعادن المختلفة لضغوط تصل إلى 400 كجم/مم² ودرجات حرارة مرتفعة تصل إلى 800°م ، الأمر الذي يؤدي إلى تغير شكل الحد القاطع نتيجة للتآكل ، ويصبح القلم بعد فترة غير صالح للاستمرار للقطع ، ويلزم لذلك نزعه وإعادة تجليخه .. وهذا يضيع في الوقت ويؤثر على الاستهلاك السريع لعدد القطع ، لذلك تصنع الآلات القاطعة بصفات وعناصر أساسية تجعلها قادرة على التحمل والصمود أمام المعادن المختلفة المطلوب تشغيلها.

المواد المستخدمة لصناعة آلات القطع :

تختلف المواد التي تصنع منها الآلات القاطعة عن بعضها البعض باختلاف المعادن المراد تشغيلها . وعلى سبيل المثال (الأجنّة . سلاح المنشار . المبرد . قلم المخرطة . البنطة . ذكور ولقم القلاووظ . البرغل) كلها آلات قاطعة ، تختلف سرعة القطع المستخدمة لكل منها عن الأخرى باختلاف معدن صنعها والعمليات المراد تشغيلها ، كما تتدخل عوامل أخرى مثل (عمر آلة القطع . القدرة الإنتاجية . التكلفة) . لذلك تصنع بعض الآلات بحدود قاطعة ذات صلادة بحيث تختلف صلادة الرأس عن البدن ، وذلك للتداول بالأسواق التجارية بأسعار معتدلة . ويمكن تلخيص المواد التي تصنع منها الآلات القاطعة في المعدن التالية :-

١- الصلب الكربوني :

يحتوي على نسبة 0.9 . 1.4 % من وزنه كربون ، ويعتبر من أرخص أنواع الصلب.

من عيوبه أنه لا يتحمل سرعات القطع العالية ، لذلك يستخدم في صناعة البراغل وذكور ولقم القلاووظ والمبارد وأسلحة المنشار.

2- الصلب المخلوط بنسبة منخفضة :

يحتوي على خليط بنسب منخفضة من العناصر الأساسية ، لذلك فإنه يتحمل سرعات قطع أعلى من الصلب الكربوني ، وبالتالي فإن ثمنه يزيد عن ثمن الصلب الكربوني.

يستخدم الصلب المخلوط بنسبة منخفضة في صناعة البنت وأقلام المخارط.

3- الصلب المخلوط بنسبة عالية (الصلب السبائكي) :

يسمى أيضاً بصلب السرعات العالية High Speed Steel . يحتوي على نسبة كبيرة من العناصر الأساسية للخليط الذي يصل إلى 25 % من وزنه. من مميزاته أنه

يتحمل سرعات القطع العالية أكبر بنسبة 3 مرات عن سرعة القطع المستخدمة بالصلب الكربوني . لذلك فإنه أغلى أنواع الصلب . يستخدم في صناعة أقلام المخارط وسكاكين الفرايز .

4- اللقم الكريديّة : CARBIDE TIPS

تمتاز اللقم الكريديّة Carbide Tips بقوة صلابتها وصمودها لدرجات الحرارة العالية التي تصل إلى 900°م ، وأيضاً عدم تأكلها رغم ارتفاع سرعة القطع التي تصل إلى 4 مرات عن سرعة القطع بالصلب الكربوني .

تستخدم اللقم الكريديّة كحدود قاطعة بأقلام المخارط والبنت ، حيث تثبت اللقمة الكريديّة بجسم القلم المصنوع من الصلب المتوسط الصلادة بواسطة بلحامها بالنحاس بالأكسي أستيلين ، كما تثبت هذه اللقم ميكانيكياً بالربط وذلك لسهولة استبدالها عند كسرها .

من عيوب اللقم الكريديّة أنها لا تتحمل التبريد المفاجئ حيث إنها تشقق وتقصف ، كما إنها معرضة للكسر عند الخراطة الغير منتظمة والتي يكثر بها الصدمات ، لذلك يجب التعامل معها بحرص شديد .

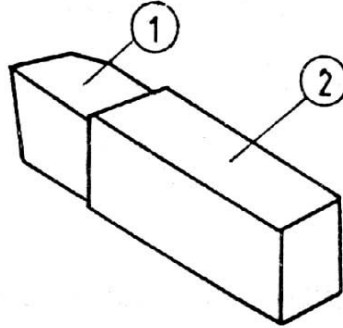
الصفات الواجب توافرها في الآلات القاطعة :

الآلات القاطعة بصفة عامة وأقلام الخراطة بصفة خاصة يجب أن تتوفر بها صفات أساسية ، لكي تكون قادرة على قطع المعادن المختلفة أكبر مدة ممكنة دون أن يتغير شكلها أو تفقد صلابتها وخواصها وهي كالآتي :-

1. الصلادة .
2. المتانة .
3. التحمل .
4. مقاومة التآكل .

الأجزاء الرئيسية لقلم المخرطة :

تختلف أشكال وأحجام أقلام الخراطة ، وبصفة عامة فإن قلم المخرطة الموضح بالرسم التخطيطي بشكل ٦ - ١١٠ يتكون من جزأين أساسيين هما:-



شكل ٦ - ١١٠

الأجزاء الرئيسية لقلم المخرطة

1- الرأس : Head

هو الجزء الأمامي (الجزء القاطع) وهو أهم أجزاء القلم ، حيث يحتوي على زوايا القطع المختلفة التي توضح شكل القلم واتجاهه ، يستعمل الرأس لقطع المشغولات المعدنية المختلفة.

2- النصاب : Shank

هو الجزء الخلفي للقلم ، يستعمل في التثبيت بالبرج حامل العدة بالمخرطة.

أشكال أقلام الخراطة

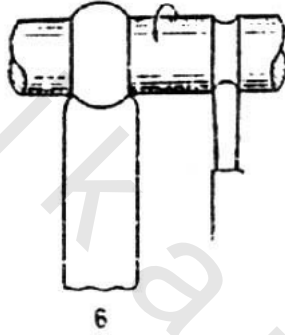
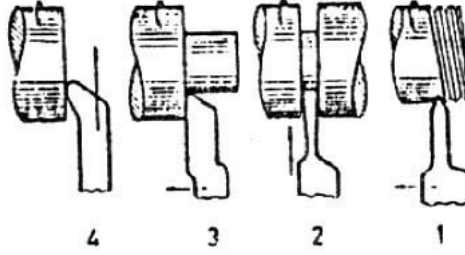
تختلف أشكال وأنواع أقلام الخراطة باختلاف نوع العمل المطلوب من أجله واتجاه التغذية ، وأيضاً معدن القطعة المطلوب تشغيلها.

أولاً : الأقلام الخارجية

توجد الأقلام الخارجية OUTER TOOL بأشكال وأحجام مختلفة . تستخدم للخراط الخارجي . تختلف أشكالها باختلاف العمليات الصناعية المطلوب تشغيلها.

شكل ٦ - ١١١ يوضح رسم تخطيطي لبعض أقلام الخراطة التي تستخدم للخراط

الخارجي وهي في وضع التشغيل.



شكل ٦ - ١١١

بعض أشكال أقلام الخراطة

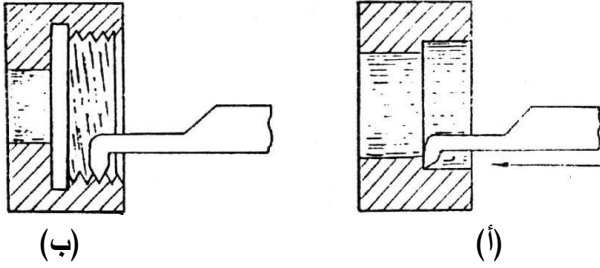
١. قلم قلاووظ مثلث خارجي بزاوية قدرها 60° أو 55° .
٢. قلم فصل (قطع).
٣. قلم جنب يمين.
٤. قلم جنب يمين للتسوية.
٥. قلم قوس داخلي (محدب).
٦. قلم قوس خارجي (مقعر).

ثانيا : الأقلام الداخلية

توجد أقلام الداخلي Internal Tools مثل قلم الخرط الداخلي وقلم القلاووظ

المثلث الداخلي 60° أو 55° الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٦ - ١١٢ ، كما

توجد أقلام أخرى لقطع القلاووظات المختلفة و قطع المجاري الداخلية وغيرها.



شكل ٦ - ١١٢

الأقلام الداخلية

(أ) قلم خرط داخلي.

(ب) قلم قلاووظ مثلث داخلي ٦٠°.

اتجاه قلم المخروطية :

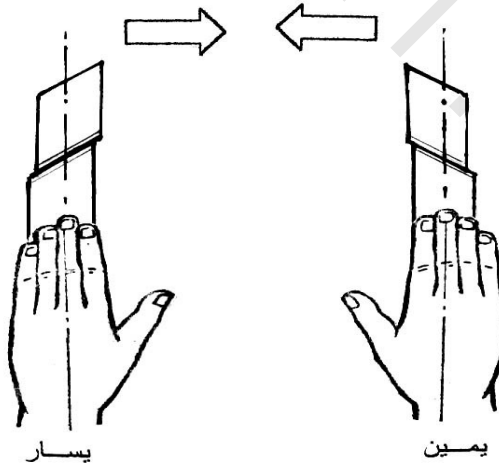
تختلف أقلام الخرطة بعضها عن بعض بالنسبة لاتجاه التغذية (يمين أو يسار)

كما هو موضح بشكل 33 .

واتجاه التغذية من الأشياء الهامة التي يجب مراعاتها عند اختيار القلم الملائم

للتشغيل (يمين أو يسار) ، ويمكن التعرف على اتجاه الأقلام باتباع الطريقة الموضحة

بشكل ٦ - ١١٣ .



يسار

يمين

شكل ٦ - ١١٣

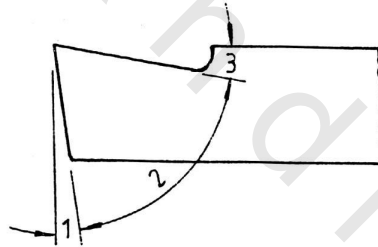
طرق التعرف على اتجاه الأقلام

١. يوضع كف اليد اليمنى على القلم بحيث تكون الأصابع باتجاه قمة القلم، فإذا كان الحد القاطع في نفس اتجاه إصبع الإبهام يكون القلم يميناً (السهم يشير إلى اتجاه التغذية).

٢. يوضع كف اليد اليسرى على القلم بحيث تكون الأصابع باتجاه قمة القلم، فإذا كان الحد القاطع في نفس اتجاه إصبع الإبهام يكون القلم يساراً (السهم يشير إلى اتجاه التغذية).

الزوايا الرئيسية للحد القاطع لقلم المخرطة :

تختلف أقلام الخراطة باختلاف نوع العمل المطلوب من أجله، ومهما كان الاختلاف في شكل الأقلام، فإنها تتحد جميعاً في تكوين الزوايا الأساسية للحد القاطع. شكل ٦ - ١١٤ يوضح الزوايا الرئيسية للحد القاطع لقلم المخرطة.



شكل ٦ - ١١٤

الزوايا الرئيسية للحد القاطع لقلم المخرطة

- 1- زاوية الخلوص.
- 2- زاوية التحميل .. زاوية القلم أو زاوية الآلة.
- 3- زاوية الجرف.

تختلف هذه الزوايا من قلم لآخر باختلاف نوع معدن قطعة التشغيل، فعلى سبيل المثال .. الزهر ، الصلب ، النحاس الأحمر ، النحاس الأصفر ، الألمونيوم .. كلها

معادن تختلف خصائص كل منها عن الأخرى ، وبصفة عامة تزيد زاوية التحميل أو زاوية القلم وتنخفض زاوية الجرف كلما زادت صلادة معدن قطعة التشغيل ، وأقرب مثال لذلك هو عند قطع معدن طري مثل الألمونيوم ومعدن آخر ذي قوة وصلادة عالية مثل الزهر الناشف .. بذلك يكون زوايا الحد القاطع الأساسية للقلم كما هو موضح بجدول ٦ - ٤ وهي كالآتي :-

جدول ٦ - ٤

نوع معدن قطع التشغيل وزوايا القطع الأساسية

نوع معدن قطعة التشغيل	زاوية الخلوص 1	زاوية التحميل 2	زاوية الجرف 3
ألمونيوم نقي	$^{0}10$	$^{0}40$	$^{0}40$
زهر	$^{0}3$	$^{0}87$	صفر

مما سبق نستنتج الآتي :-

مجموع الزوايا الرئيسية للحد القاطع لقلم المخرطة

$$= \text{زاوية الخلوص} + \text{زاوية التحميل} + \text{زاوية الجرف} = 90^{\circ}$$

سرعة القطع

يعتمد اختيار سرعة القطع الصحيحة على نوع مادتي المشغولة والحد القاطع للعدة ونوع التشغيل (خراطة ، ثقب ، برغلة الخ) وأيضاً على درجة الجودة المطلوبة للأسطح الناتجة (تخشين - تنعيم - تشطيب نهائي) ، وتؤخذ القيم التجريبية لسرعات القطع الاقتصادية من جداول خاصة ، وغالباً ما تختار سرعة الدوران الواجب ضبطها على ماكينة الخراطة من بلوحات الجداول المثبتة على المخارط.

التفريز .. Milling

يستخدم التفريز لإنتاج الأسطح المستوية والمنحرفة ، كما يستخدم لفتح المجاري العدلة والحلزونية وقطع وتحت أسنان التروس وغيرها.

يتفق التفريز مع الخراطة من حيث حركة القطع أو الحركة الرئيسية وهي الحركة الدائرية ، حيث تؤدي المشغولة الحركة الدائرية أثناء عمليات الخراطة ، بينما تقوم العدة (مقطع التفريز) بالحركة الدائرية أثناء عمليات التفريز . وغالبا ما تؤدي المشغولة حركتي التغذية والاقتراب أثناء التفريز ، إلا أن العدة قد تقوم بها أيضاً ، كما يحدث في مكينات التفريز الناسخة مثلا .

عملية التفريز

يمكن تقسيم عمليات التفريز الى نوعين أساسيين هما :-

١. لتفريز المحيطي.

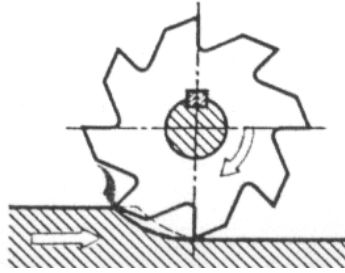
٢. التفريز الوجهي (التفريز الجانبي).

التفريز المحيطي :

في التفريز المحيطي يكون محور مقطع التفريز (سكين التفريز) موازياً لسطح المشغولة ، حيث يقوم مقطع التفريز اسطوانى الشكل بإزالة المعدن بأسنانه المتعاقبة على محيطه فقط . ويميز في هذا النوع أيضا التفريز الصاعد والتفريز الهابط.

١. التفريز الصاعد :

في التفريز الصاعد الموضح بشكل ٦ - ١١٥ يعكس إتجاه دوران مقطع التفريز وإتجاه تغذية المشغولة . في البداية ينزلق مقطع التفريز على المشغولة ثم يتغلغل تدريجيا في مادتها ، وتبلغ تخانة الرايش العظمى عند خروج سن مقطع التفريز من المشغولة إلى أعلى ، حيث يكون الضغط على فرش ماكينة التفريز الى أسفل تحت ضغط قوة القطع ، مما يؤدي الى ظهور علامات إرتجاج على السطح المشغل . كذلك يعجل انزلاق السن على سطح المشغولة في البداية من تتلم حدود القطع في مقطع التفريز .



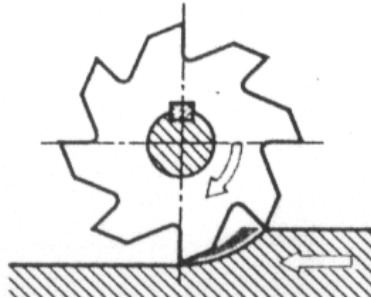
شكل ٦ - ١١٥

التفريز الصاعد

٢. التفريز الهابط :

في التفريز الهابط الموضح بشكل ٦ - ١١٦ يتغلغل سن مقطع التفريز في المشغولة فوراً . ولكن الرايش المقطوعة يتناقص تدريجياً ، كذلك ينضغط هنا شياق مقطع التفريز الى أعلى وفرش الفريزة الى أسفل ، ولكن قوة القطع تضعف بالتدرج كلما زاد تناقص تخانة الرايش حتى تتلاشى تقريبا لحظة خروج سن مقطع التفريز من المشغولة . لذلك ينعلم هنا الإهتزاز العكسي للشياق والفرش ، مما يعطى أسطح أنعم مما هو متبع في التفريز الصاعد ، كما لا تصطك الماكينة بزيادة عمق القطع ، ولا تتخلف علامات إرتجاج على السطح المشغل بتأثير قوة القطع باتجاه مسند الفرش بصفة مستديمة.

ويمكن في التفريز الهابط استخدام سرعات قطع أعلى وتغذيات أكبر مما هو متبع في التفريز الصاعد ، مما يؤدي الى اختصار زمن التشغيل الى حد كبير وإطالة العمر التشغيلي للعدة وتخفيض معدل استهلاك الماكينة.

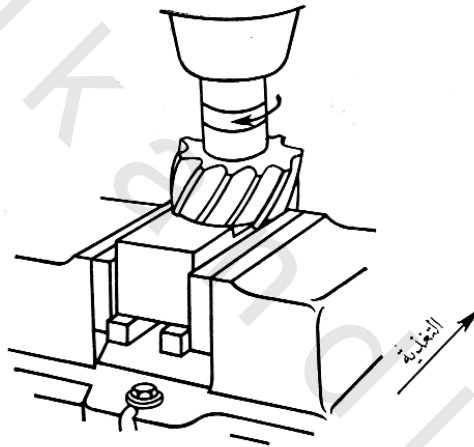


شكل ٦ - ١١٦

التفريز الهابط

التفريز الوجهي :

فى التفريز الوجهي يتعامد محور دوران مقطع التفريز على مستوى سطح المشغولة كما هو موضح بشكل ٦ - ١١٧ ، وهذا الأسلوب يعتبر أسلوباً إقتصادياً بالمقارنة بالتفريز المحيطي وذلك لوجود عدة أسنان تقطع سطح المشغولة فى آن واحد ، كما إن تبريد مقطع التفريز في هذه الحالة يكون بشكل أفضل ، وبقاء مقطع الرايش ثابتاً تقريباً طوال عملية التفريز.



شكل ٦ - ١١٧

تفريز الأسطح المستوية باستخدام مقطع تفريز وجهي

سرعة القطع :

يعبر عن سرعة القطع عند التفريز بالمتري فى الدقيقة بالمتري/الدقيقة ، ويتم حسابها كما فى هو الحال بعمليات الخراطة ، ويمكن رفع سرعة القطع الى ما يتراوح ما بين ٨ و ١٠ أضعافها باستخدام مقاطع تفريز ذات لقم كربيدية ، بدلا من مقاطع التفريز المصنوعة من صلب السرعات العالية.

مجال تغيير سرعة دوران عمود محور المكنة متسع المدى مما يتيح الحصول على سرعات قطع تتناسب مع مادة المشغولة وقطر مقطع التفريز بصورة مستديمة.

التغذية :

ترتبط التغذية بسرعة القطع ويعبر عنها بالمليمتر/الدقيقة ، وكثيرا ما تعطى بالمليمتر/سنة من أسنان مقطع التفريز.

يختار التغذية فى هذه الحالة بحيث يقطع كل سنة حسب مادة المشغولة ما بين ٠.١ . ٠.٣ مم عند التخشين ، وما بين ٠.٠٢ . ٠.٢ مم عند التنعيم (الانجاز) فى كل دورة من دورات مقطع التفريز.

عمق القطع :

يتوقف مقدار عمق القطع (الإقتراب) على قدرة الماكينة ونوع الشغل وأسلوب قمت المشغولة ، فعلى سبيل المثال يمكن إختيار عمق قطع كبير مع تغذيات صغيرة (تشغيل هادئ للماكينة) عند التفريز بمقاطع قرصية الشكل ، أو إختيار أعماق قطع صغيرة مصحوبة بتغذية كبيرة عند التفريز بمقاطع تفريز طرفية. عند تفريز مشغولة بعمق قطع كبير ، فإنه يجب تخفيض سرعة القطع أو التغذية.

وعموما لا ينبغى التفريز بأعماق قطع كبيرة نسبياً . ويعتبر القطع بأعماق صغيرة وبأشواط عديدة وبتغذات كبيرة .. أفضل من الناحية الاقتصادية.

مقاطع التفريز :

تحمل مقاطع التفريز أسنان أو سكاكين على محيطها أو على جانبها الوجهى ، وعلى هذا تعتبر متعددة المقاطع.

تفضل مقاطع التفريز على عدد الخراطة والقشط (عدد مفردة حدود القطع) فى أنها غير قابلة لإرتفاع درجة الحرارة الشديدة أو التثلم السريع ، لأن كل حد قاطع يزيل رايش خلال مرحلة صغيرة من دورة مقطع التفريز ويبرد أثناء الجزء الباقي.

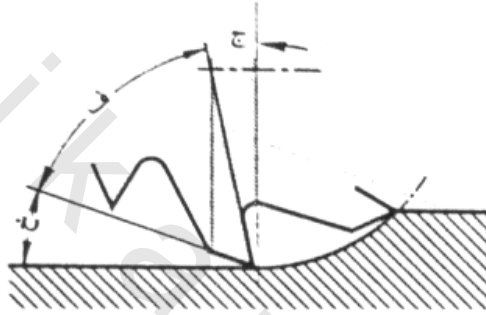
زوايا مقطع التفريز :

يشكل الحد القاطع النمط الأساسي لمقطع التفريز . وتتماثل زوايا كل سنه من

أسنان مقطع التفريز مع زوايا الحد القاطع لقلم الخراطة شكل ٦ - ١١٨ .

ويتوقف اختيار زوايا الحد القاطع فى مقطع التفريز على نوع مادة المشغولة

ونوعية التفريز وأسلوب التفريز المتبع.



شكل ٦ - ١١٨

زوايا مقطع التفريز

ففى التفريز الهابط نجد زاوية الحد القاطع أكثر حدة وزاوية الجرف أكثر إنحداراً

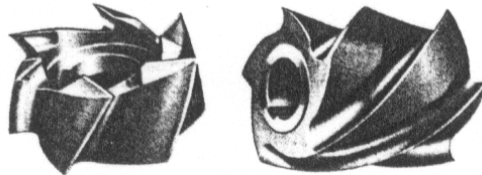
ومقدارها ما بين م ٢٠ . ٢٢ ° ، وتبلغ زاوية الخلوص ٦ ° ، ولتحسين عملية القطع

بمقاطع تفريز المعادن الخفيفة كالألومنيوم ، فإنه يفضل أن تكون فجوات الأسنان

كبيرة ومستديرة القاع كما هو موضح بشكل ٦ - ١١٩ ، أما عند تفريز المعادن

الصلدة فإنه يجب إختيار المقاطع الكثيرة الأسنان لتكون فجواتها صغيرة ، بحيث

تقتصر على قطع رايش صغير .



شكل ٦ - ١١٩

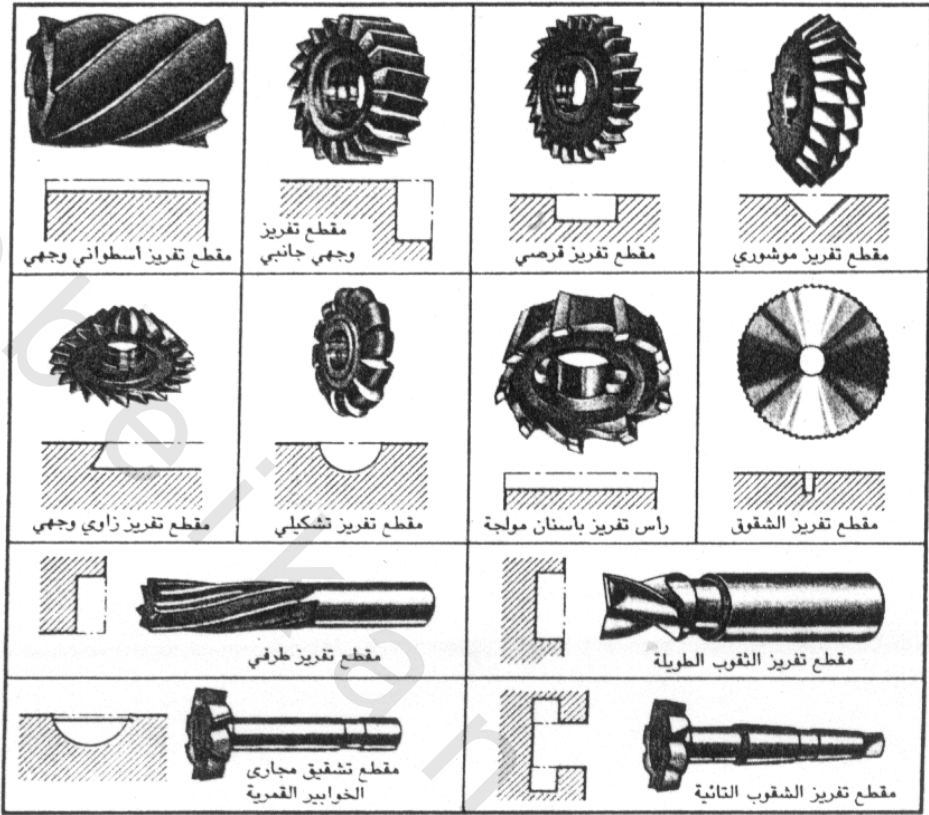
مقطعا تفريز بزاويتي جرف كبيرتين لتفريز الالومنيوم

أنواع مقاطع التفريز :

تميز مقاطع الفريز من خلال شكل الأسنان الحادة أو المشكلة بالتفريز مثل مقاطع التفريز الأسطوانية الموضحة بالشكل السابق ، ومقاطع التفريز المخروطية بخلوص خلفى كمقاطع التفريز التشكيل.

تستخدم مقاطع التفريز حادة الأسنان لانجاز الأسطح المستوية ، ويجرى إعادة شحذها (سنها) على سطح الخلوص ، أما مقاطع التفريز المخروطية بخلوص خلفى فإنها تستخدم كمقاطع تفريز تشكيل فى انجاز المنحنيات والجوانب والأشكال المتباينة ، فضلا عن التروس واللواب وغيرها.

وتبعا لشكل مقطع التفريز فإنه يمكن التمييز بين مقاطع التفريز الأسطوانية . المقاطع الأسطوانية الوجهية . المقاطع الأسطوانية القرصية . المقاطع الوجهية ذات الزاوية ، مقاطع التشكيل . رؤوس التفريز . مقاطع التفريز الطرفية . مقاطع تفريز الثقوب العميقة . مقاطع التحزيز . مقاطع التفريز حرف T كما هو موضح بشكل شكل ٦ - ١٢٠.



شكل ٦ - ١٢٠

أمثلة لمقاطع التفريز الشائعة الاستخدام

مواد صنع مقاطع التفريز :

تصنع مقاطع التفريز من صلب العدة السبيكي المنخفض أو العالي الخلط (صلب السرعات العالية) ، كما تصنع مقاطع التفريز بلقم كربيدية لاسخدامه في الأعمال التي تتطلب قدرة قطع فائقة.

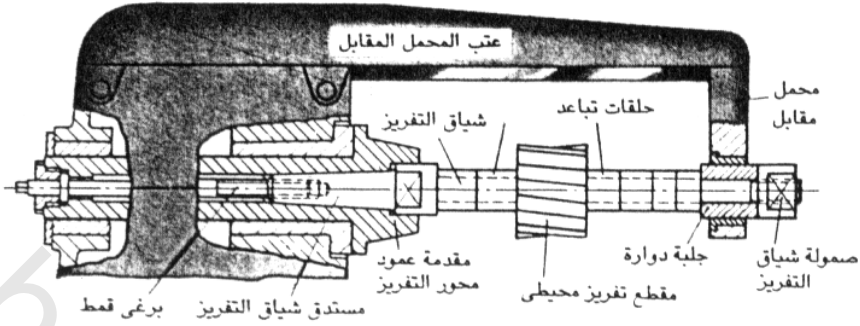
تصنع أجسام رؤوس التفريز ولا سيما تلك المستخدمة للقطع بأعماق كبيرة أو للمساحات الكبيرة من صلب الانشاءات ، في حين تكون الأسنان من مادة عالية الجودة مثل صلب السرعات العالية وغالبا تكون من الكربيد.

الأسنان المتعددة لرؤوس التفريز القابلة للفصل عادة تكون من الكريد ، يتراوح عددها ما بين ٨ - ١٢ سنة ، تثبت فى مربوطها بقامطات ميكانيكية.

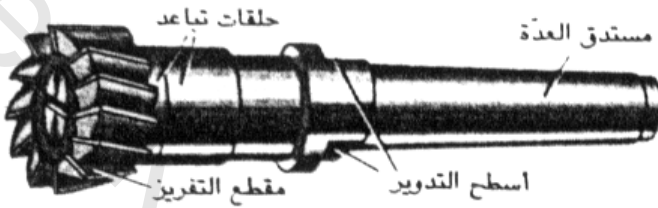
تثبيت مقاطع التفريز :

يعتبر التثبيت الجيد لمقطع التفريز من أهم العوامل المؤثرة فى جودة وسلامة عملية التفريز.

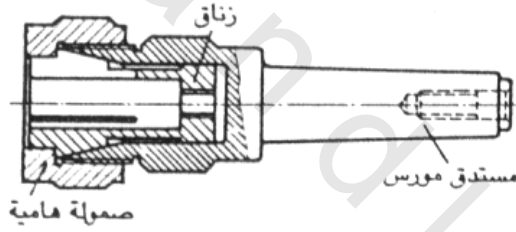
يستخدم لقمط مقاطع التفريز وسائل عديدة كشاقات التفريز الملساء ، المزودة بحلقات منزلقة كما هو موضح بشكل ٦ - ١٢١ (أ) ، أو الشاقات المسماة الطرفية شكل ٦ - ١٢١ (ب) والظروف القامط شكل ٦ - ١٢١ (ج) . ويفضل استخدام شاقات التفريز القصيرة ما أمكن.



(أ)



(ب)



(ج)

شكل ٦ - ١٢١

شاقات ومقاطع التفريز

(أ) شاقة ومقطع تفريز مثبتان في الماكينة.

(ب) شاقة ومقطع تفريز طرفي.

(ج) ظرف قامط.

تحمل وسائل القمط مستدقات مورس العيارية أو مستدقات ISO ملائمة

لمستدقات أعمدة محاور التفريز . ويضبط الوضع المطلوب لمقطع التفريز بالنسبة

للمشغولة بحلقات التباعد التي تنزلق في بأعمدة وشاقات التفريز.

ماكينات التفريز

صناعة بناء الماكينات هي إحدى الصناعات الأساسية والقيادية التي تمثل التقدم الصناعي ، ويعتبر تطور صناعة بناء الماكينات أساساً لتقدم جميع الفروع الصناعية الأخرى ، وذلك لإمدادها بالتجهيزات والمعدات اللازمة واستبدال الآلات والمعدات القديمة بأخرى حديثة.

وتشكل ماكينات التفريز النصيب الأكبر في مجال بناء الماكينات ، حيث يتم من خلالها إنجاز مجال واسع من الأعمال ، ومع تطور ماكينات التفريز فقد ارتفع إنتاجها وزادت دقتها.

هي الماكينات التي تستخدم في تسوية الأسطح الأفقية و الرأسية والمنحرفة والمنحنية للمشغولات الدقيقة ، كما تقوم بعمل المجاري (المشقيات) وفتح الأسنان المستقيمة (العدلة) والحلزونية والمخروطية للتروس بطريقة بسيطة وسريعة وذلك عن طريق وسائل لقيادة مقاطع التفريز (سكاكين التفريز) بحركة دائرية على أسطح المشغولات.

تتشابه ماكينات الفريز مع المخارط في حركة القطع أو الحركة الرئيسية الدائرية ، حيث يؤدي مقطع التفريز (السكينة) الحركة الدائرية بالفريزة ، بينما تقوم المشغولة بهذه الحركة بالمخرطة . وغالباً تؤدي المشغولة حركتي التغذية والاقتراب أثناء عمليات التفريز المختلفة ، كما تؤدي العدة هذه الحركات أثناء التفريز بالماكينات الناسخة.

استعمال ماكينات التفريز :

تستعمل ماكينات التفريز في تشغيل أسطح المشغولات المعدنية بدقة أعلى وفي زمن أقل من المشغولات التي يتم تصنيعها على المقاشط النطاحة والمقاشط العربية ، وعادة يتم استخدام ماكينات التفريز في الآتي :-

١. يمكن تزويدها بأجهزة تقسيم بحيث تكون ملائمة لفتح أسنان التروس المختلفة ..

- التروس ذات الأسنان المستقيمة (العدلة) . التروس المخروطية . التروس الحلزونية ، وأيضاً فتح أسنان الجريدة المسننة.
 ٢. تشغيل الأسطح المستقيمة والمنحرفة.
 ٣. فتح المجاري المستقيمة مثل المجاري حرف U , T , V .
 ٤. فتح المجاري الحلزونية بالأسطح الأسطوانية مثل مجاري الثقابات (البنت) والبراغل .
 ٥. تشكيل الحدبات Cams بأشكالها وأنواعها المختلفة .
- أنواع ماكينات التفريز :**

توجد أنواع مختلفة لماكينات التفريز .. أهمها الآتي :-

١. الفريزة الأفقية.
 ٢. الفريزة الرأسية.
 ٣. الفريزة العامة .. (جامعة الأغراض).
- كما توجد ماكينات تفريز خاصة مثل ماكينات التفريز الناسخة بأنواعها وأحجامها المختلفة . ماكينات التفريز ذات الصواني الدوارة وغيرها .

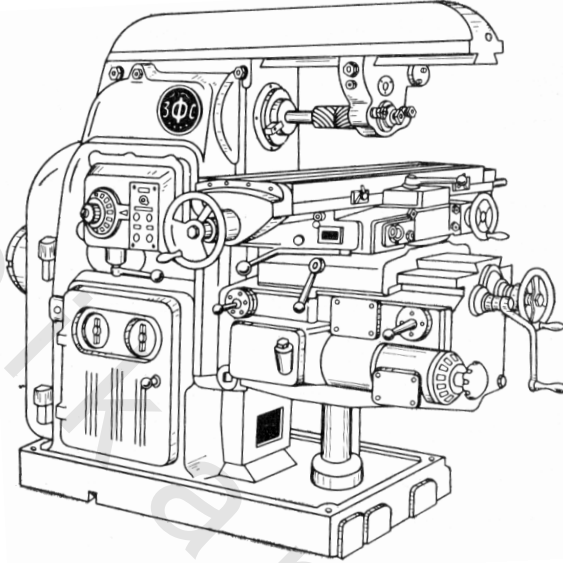
الفريزة الأفقية

Horizontal Milling

الفريزة الأفقية الموضحة بالشكل ٦ - ١٢٢ من النوع ذي القائم والركبة ، وتعتبر من أبسط وأكثر ماكينات التفريز إستعمالاً . سميت بالأفقية نسبة إلى عمود دورانها الحامل لأداة القطع (مقطع التفريز) الأفقي . تستخدم الفريزة الأفقية في جميع عمليات التفريز من خلال الاستعانة بمقاطع تفريز (سكاكين) مختلفة الأنواع والأشكال.

يأخذ عمود الدوران حركته من محرك كهربائي عن طريق صندوق تروس السرعات ، أما الصينية فإنها تتحرك ثلاث حركات (طولية - عرضية - رأسية) ، يمكن

أن تكون هذه الحركات يدوية أو ميكانيكية عن طريق التعشيق الميكانيكي .
صممت هذه الماكينة بحيث تتحمل ضغوط قوى القطع والإجهادات التي تتعرض لها أثناء عمليات التشغيل المختلفة.



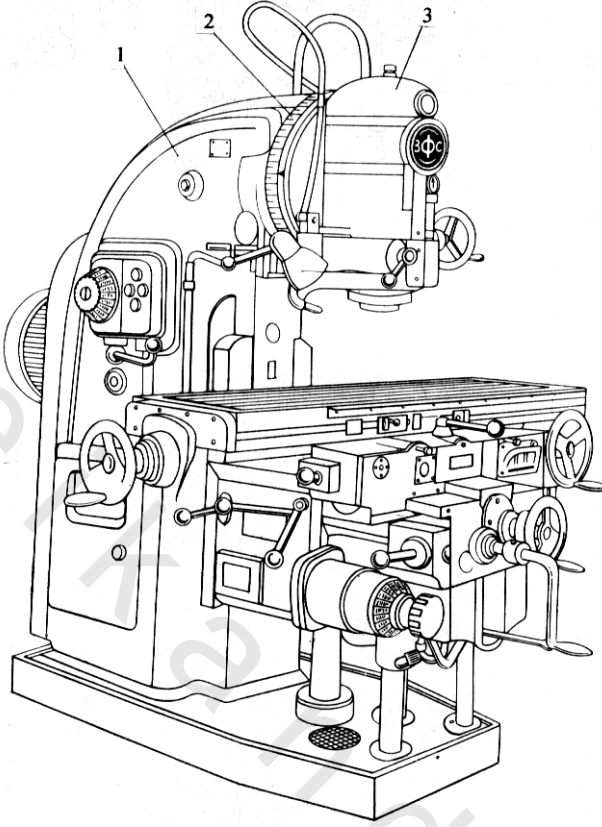
شكل ٦ - ١٢٢

الفريزة الأفقية

الفريزة الرأسية

Vertical Milling

تسمى بالفريزة الرأسية نسبة إلى الوضع الرأسي لعمود السكينة . تتشابه الفريزة الرأسية الموضحة بشكل ٦ - ١٢٣ مع الفريزة الأفقية من حيث التكوين والحركات الأساسية لمقطع التفريز (السكينة) والمشغولة ، كما يختلفا عن بعضهما البعض في اتجاه وضع العدة القاطعة وما يترتب على ذلك من ترتيبات لتحويل حركة الدوران الأفقية إلى حركة رأسية . كما تتشابه الفريزة الرأسية مع المثقاب الآلي من حيث الوضع العمودي للعدة (أداة القطع) وفي حركة تغذية عمود السكينة .



شكل ٦ - ١٢٣

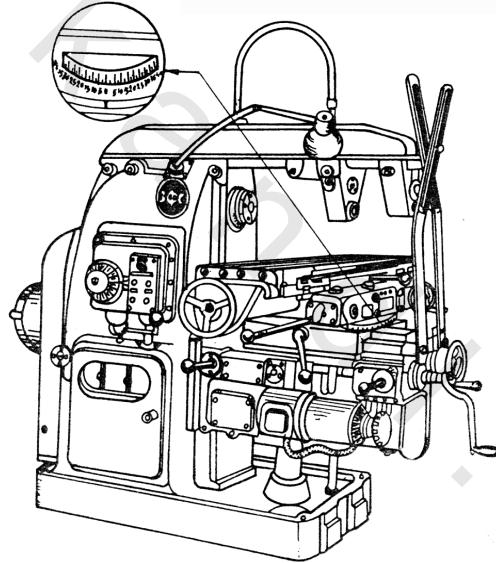
الفريزة الرأسية

١. قائم رأسي (ساق).
٢. قرص مدرج.
٣. رأس عمود السكينة.

الفريزة العامة

Universal milling

تتشابه الفريزة العامة (جامعة الأغراض) الموضحة بشكل ٦ - ١٢٤ مع الفريزة الأفقية إلى حد كبير ، ولكن تتميز الأولى عن الثانية بإمكانية التحويل من فريزة أفقية إلى فريزة رأسية ، بالإضافة إلى إمكانية حركة الطاولة (الصينية) بحركة دائرية في اتجاهين متضادين لتصل إلى 45° في كل اتجاه ، بحيث تكون التغذية في اتجاه منحرف على عمود الدوران . يتم ذلك بتركيب الصينية على قاعدة دائرية مقسمة إلى درجات لإمكان إنتاج مجارى لولبية على قطع التشغيل الأسطوانية .



شكل ٦ - ١٢٤

ماكينة الفريزة العامة .. (جامعة الأغراض)

التجليخ .. Grinding

التجليخ أسلوب للتشغيل بالقطع للمشغولات التي تتطلب جودة سطحية فائقة

ودقة عالية فى الشكل والأبعاد ، كما يكون التجليخ إقتصاديا للأشغال التى لا تستوجب دقة عالية ، كتشذيب حواف المصبوبات مثلا .

أحجار التجليخ :

أحجار التجليخ عدد قطع مزودة بقواطع متعددة ، ويتألف الحجر من المادة الكاشطة (وسيط التجليخ) ومادة الربط القابضة ، وتتكون قواطع التجليخ من حواف الحبيبات الكثيرة غير منتظمة الشكل الموجودة بالمادة الكاشطة .

المواد الكاشطة :

تنقسم المواد الكاشطة (وسائط التجليخ) الى مواد كاشطة طبيعية وأخرى صناعية . تحتوي المواد الكاشطة الطبيعية على رمل الكوارتز والسنفرة والكورندم الطبيعى.

يستخدم الماس فى التجليخ الدقيق وفى شحذ (تجليخ) العدد ذات اللقم الكريديية.

حبيبات أحجار التجليخ :

يتم تفتيت المواد الكاشطة بالمدكات أو فى تجهيزات الطحن ، وتفرز حسب أحجام الحبيبات فى مناخل هزازة ثم يفصل الغبار عنها بالترويق ، وتميز أحجام الحبيبات المختلفة فى المواد الكاشطة المجهزة من الكورندم النقى أو من كربيد السليكون بأرقام تمثل عدد الفتحات فى كل بوصة من طول المنخل المستخدم فى الفرز . جدول ٦ - ٥ يوضح أنواع وأحجام حبيبات التجليخ.

جدول ٦ - ٥

أنواع وأحجام حبيبات التجليخ.

أحجام الحبيبات	نوع الحبيبات
٨ الى ١٢	خشن جدا
١٤ الى ٣٠	خشن

متوسط	٣٦ الى ٦٠
ناعم	٧٠ الى ١٢٠
ناعم جدا	١٥٠ . ٢٤٠
فائق النعومة	٢٦٠ . ٦٠٠

يتوقف كل من زمن التجليخ اللازم لفصل كمية معينة من مادة المشغولات ، والجودة السطحية التي يمكن بلوغها ، على الحجم الحبيبي للمادة الكاشطة.

المواد الرابطة :

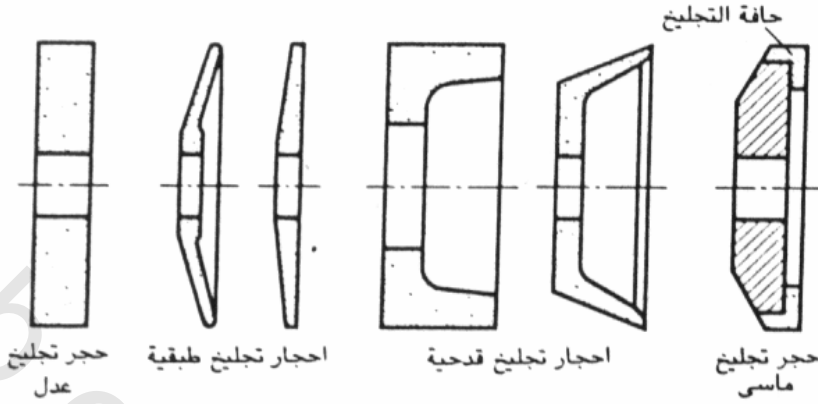
الغرض من المادة القابضة هو ربط حبيبات المواد الكاشطة معا ، وتحدد تركيبها من خلال خواص تشغيل أحجار التجليخ.

تستخدم المواد الرابطة التي تحتوى على مواد زجاجية خزفية . سليكات . . الشيلاك . المطاط.

تتميز الأحجار المصنوعة من المواد الزجاجية أو الخزفية بالقوة المسامية العالية التي تساعد على إزالة كمية كبيرة من معادن المشغولات الزائدة على هيئة رايش ، كما أن هذا النوع من الأحجار لا يتأثر بالماء أو الأحماض ، ولا يتأثر أيضا بالتغيرات الحرارية ، لذلك تستخدم المواد الرابطة الزجاجية أو الخزفية فى صناعة أكثر من ٧٥ % من أحجار التجليخ.

أشكال احجار التجليخ :

توجد أنواع وأشكال مختلفة من أحجار التجليخ . شكل ٦ - ١٢٥ يوضح نماذج من أقراص التجليخ الأكثر انتشاراً.



شكل ٦ - ١٢٥

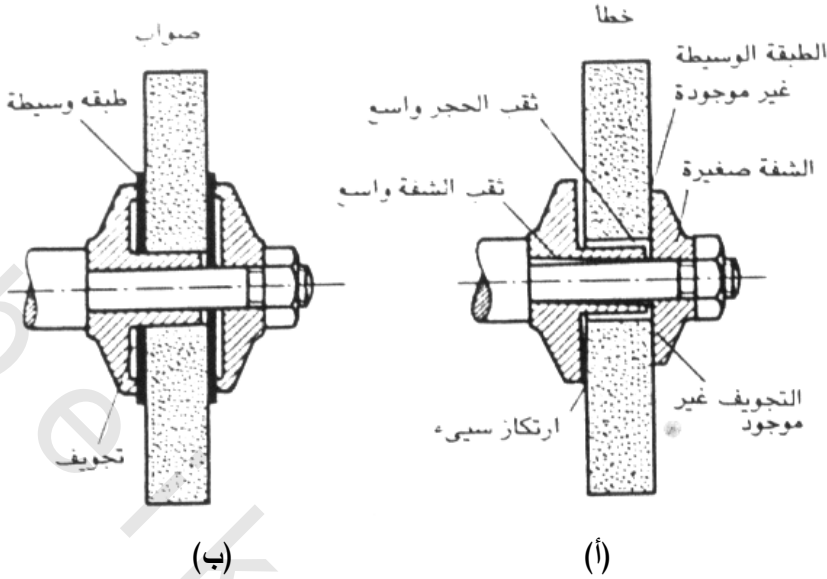
نماذج من أقراص التجليخ

تثبيت احجار التجليخ

يجب تثبيت احجار التجليخ على أعمدة محاور التجليخ بعناية فائقة . كما يجب إختبار الأحجار قبل ربطها من خلال الطرق على قرص التجليخ بقطع خشبية صلبة للتأكد من عدم وجود شروخ.

ولهذا الغرض يركب حجر التجليخ الموضح بشكل ٦ - ١٢٦ (أ) جافا على الصرة بحيث يمكنه التآرجح بسهولة ، ولا يجوز أن يصدر عنه صليل عند طرقه . ويحظر استخدام العنف على الاطلاق في ادخال حجر التجليخ في عمود محور التجليخ ، بل يراعى إيلاجه في سهولة ويسر ، ويجب أن تكون شفتا التثبيت متطابقتين من حيث المقاس والتجويف ودقيقتي الاستدارة.

وتولج أقراص مطاطية أو كرتونية بين حجر التجليخ وشفتي التثبيت لتوفير التجانس في إرتكاز الشفتين ومعادلة عدم استواء حجر التجليخ ٦ - ١٢٦ (ب).



شكل ٦ - ١٢٦

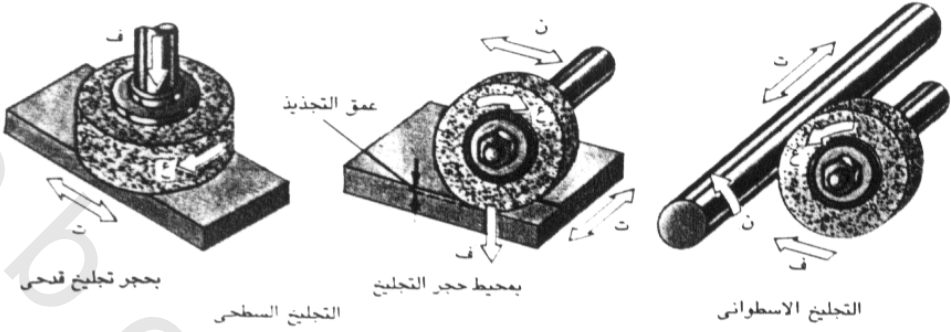
تثبيت حجر التجليخ

عملية التجليخ :

يتطلب التجليخ شأن سائر أساليب التشغيل بالقطع حركات القطع والاقتراب والتغذية شكل ٦ - ١٢٧ ، ويؤدي حجر التجليخ حركة القطع . ويراعى أن تكون سرعة القطع (ع) أكبر ما يمكن ، بشرط ألا تتعدى النهايات القصوى المحددة في تعليمات الوقاية ضد الحوادث ، والا تطايرت حبيبات المادة الكاشطة بتأثير القوة الطاردة المركزية.

يفضل أن تتراوح سرعة القطع عند تجليخ الصلب ما بين ٣٠ . ٣٥ م/ث ، وعند تجليخ الحديد الزهر ما بين ٢٠ . ٢٥ م/ث . ومن المسموح به في أحجار التجليخ المخصصة للتشغيل السريع أن تبلغ سرعتها المحيطية ٤٥ أو ٦٠ أو ٨٠ أو ١٠٠ م/ث . وتخضع مثل هذه الأحجار أثناء تصنيعها لإشراف مستمر ، ويتم تمييزها

بعلامات خاصة تؤيد ذلك.



شكل ٦ - ١٢٧

الحركات أثناء التجليخ

الباب السابع

7

المعالجات الحرارية للمعادن

الفصل الأول

المعالجة الحرارية

Heat Treatment

مهَيِّد

المعالجات الحرارية تعني المعاملات الحرارية ، وهي عمليات تسخين تجرى عادة على المعادن المختلفة وإبقائها 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 أضعاف قيمتها ، أو التخمير لتحويل 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.

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 بالاحتكاك 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 مفقّدة 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 ، وتحدد 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 مصلاً كاملاً .. 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 ٠,٨٦ ٪ 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 السمنتية ، 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 ، فإن 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 :

يوجد ثلاثة أساليب للتلدين وهي كالآتي :-

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

أولا : التلدين المزيل للإجهادات

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

تتراوح درجات حرارة التلدين لأنواع الصلب اللاسبيكي إلى ما بين ٥٠٠ . ٦٠٠ °م ، ولأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين ٦٥٠ . ٧٠٠ °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 اللاسبيكي بالتلدين اللين إلى ما بين ٦٨٠ . ٧٣٠ °م ، والصلب

اللاسبيكي المنخفضة الخلط إلى ما بين ٧١٠ . ٧٣٠ °م ، وصلب السبائك العالية الخلط إلى ما بين ٨٠٠ . ٨٥٠ °م.

٣. تلدين الموازنة (المعادلة الحرارية)

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

وعادة يكفى التلدين لمدة قصيرة لأنواع الصلب السبيكي إلى ما بين ٨٢٠ . ٩١٠ °م . وللأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين ٨٥٠ . ٩٢٠ °م.

أخطاء التلدين :

لا يعطى التلدين في درجات حرارة أقل من اللازم التحول المطلوب في البنية ، بل يؤدي 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.

ويؤدي التلدين لمدة أطول من اللازم عند درجة الحرارة الصحيحة للتلدين إلى تخفيض المتانة بالإضافة إلى تحول حبيبات المعدن إلى حبيبات خشنة ، كما يؤدي إلى خطر إزالة 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 أولاً قربة من باب الفرن ، ثم تدفع بعد تسخينها بشكل كاف إلى المنطقة الساخنة فيه ، علماً بأن التسخين الفجائي أو غير المنتظم في بداية العملية يؤدي إلى نشوء إجهادات داخلية في المشغولة ، حيث تسخن الأجزاء الرقيقة سريعاً جداً وتتمدد ، تسخن الأجزاء السميكة أو الداخلية للمشغولة بمعدل أبطأ ، مما يؤدي إلى نشوء إجهادات موضعية عند التصليد بالإضافة إلى تشوه المشغولة .. وهذا ما يسمى التشوه بالتصليد.

ومن ثم فإنه يجب أن يتم التسخين ابتداءً من 700°C وترتفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة التصليد بمعدل سريع جداً لتحاى إزالة الكربة من الطبقات السطحية وعدم تكون حبيبات خشنة.

ولمنع تسخن الأجزاء البارزة والرقيقة الحساسة في المشغولة بصورة فجائية وبصورة غير منتظمة ، فإنه يجب استخدام أحربة واقية مثل شرائط الإلبستوس ، 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 الحربة.

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°C ، علماً 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°C ، لذا يخلط الماء بالتلج أو يستخدم خليط الماء وملح الطعام . علماً بأنه يمكن إنخفاض درجة التبريد لتصل إلى (70°C) 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 أنه 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 ، والقصفة العالية للمشغولات.

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

عند المراجعة تظهر على الأسطح المشغولات المصنوعة من الصلب ما يسمى بالألوان المراجعة كما هو موضح بجدول ٧ - ١ الخاص بألوان ودرجات حرارة المراجعة الحرارية ، حيث يناظر كل لون منها درجة حرارة معينة ، وتتشأ 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 ٧ - ١

ألوان ودرجات الحرارة اللازمة للمراجعة الحرارية

درجة التصليد	لون المراجعة	درجة حرارة المراجعة $^{\circ}\text{C}$	الاستخدام
صلد جداً	أبيض مائل للأصفر	٢٠٠	أدوات القياس
	أصفر فاتح	٢٢٠	البراغل
	أصفر ذهبي	٢٣٠	شوك العلام
	بنى مصفر	٢٤٠	ذكور اللولبة
صلد	أحمر مائل للبنى	٢٥٠	المطارق
	أحمر	٢٦٠	المثاقب الحلزونية
	أحمر قاتم	٢٧٠	الأزاميل
متوسط الصلادة	بنفسجي	٢٨٠	ذنب المركزة
	أزرق داكن	٢٩٠	المفكات
	أزرق	٣٠٠	السنايك والأجنات
	أزرق فاتح	٣٢٠	الفؤوس والبلط

التعتيق :

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

تتطلب أنواع فولاذ العدة اللاسبيكي ، والسبيكي منخفض الخلط ، والسبيكي 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 هي أنواع كربونية نقية (مكررة) . تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين ٠.٠٦ - ١.٥ % .

التسخين :

يتم التسخين إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٧٦٠ - ٨٥٠ م° (لون التلدين أحمر قاتم إلى أحمر فاتح).

يحدد لون التلدين (درجة حرارة المراجعة) بصورة تقريبية .. (أنظر جدول ٧ - 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

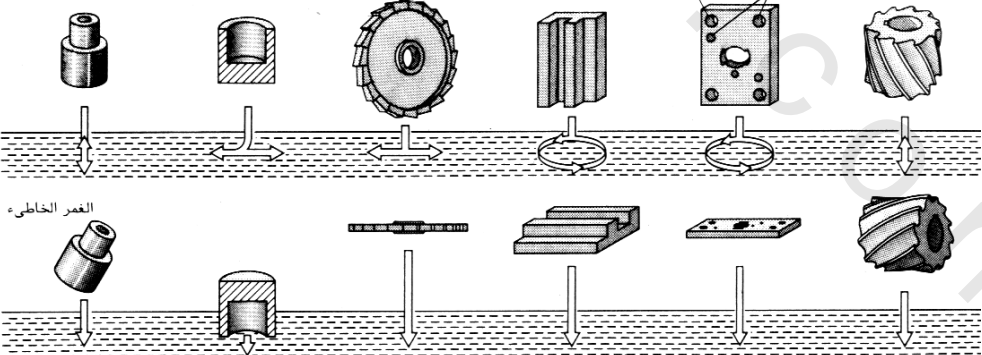
البقع الصغيرة الفاتحة التي تدل على اجتياز حد التحول ، وعند تسخين مشغولات تحتوى على ثقوب ، يظهر عليها لون تليدين أغمق من لون المشغولة نفسها ، ومع استمرار التسخين يتماثل لون الثقب مع اللون الفاتح للمشغولة ، وعند بلوغ درجة حرارة التصليد ، تظهر الثقوب بلون أقل تفتحاً من لون الأجزاء الأخرى للمشغولة ، ومن ثم فإنه يجب اعتبار هذه الملاحظات وسيلة مؤقتة لتقدير درجة الحرارة التسقيية :

التسقية هي التبريد الفجائي ، حيث تسقى أنواع الصلب اللامسيكي في ماء درجة حرارته 20°C ، 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 ٧ - ١ ، ومن ثم فإنه يجب غمر المشغولات ذات الثقوب المسدودة بقاعها أولاً ، لكي تنفلت فقاعات الهواء والبخار وتطرد إلى الخارج ، حيث تلعب فقاعات البخار الملتصقة على المشغولات دوراً عازلاً للحرارة ، كما تؤدي بعض مواضع فقاعات الهواء والبخار إلى عدم تصليد المشغولة ، مما يؤدي 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.

الغمر الصحيح

يتم حشوها بمعجون حاجب



شكل ٧ - ١

الغمر الصحيح والخاطئ في وسيط التسقية

ملاحظات :

١. تغمر المشغولات في سائل التسقية بأجزائها المصمتة أولاً ، 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 قليلاً ، ولتلاشي التشوه الناشئ عن التصليد ، يفضل تسقية مثل هذه المشغولات بالماء في درجة حرارة قدرها 200°C ، ثم استكمال التبريد تماماً في الزيت ، وتعرف هذه الطريقة بالتصليد التجزيئي.

المراجعة:

يجب أن تتم المراجعة بقدر الإمكان بعد التصليد مباشرة ، علماً بأن أنواع صلب العدة اللاسبيكي تراجع في درجة حرارة تتراوح ما بين 220°C . 320°C ، يلي ذلك التبريد النهائي في الماء ، ويؤدي ذلك إلى زيادة قابلية المعادن للتشكيل وتحويل الصلادة الهامدة إلى صلادة عملية ، وإذا كان المطلوب إزالة الاجهادات الداخلية للصلب فقط ، فإنه يتكفى بمراجعة في درجة حرارة تتراوح ما بين 100°C . 200°C ، ويمكن بواسطة ألوان المراجعة (نظر جدول ٧ - ١ الخاص بألوان ودرجات حرارة المراجعة الحرارية) تقدير درجات حرارة المراجعة الواقعة بين 220°C . 320°C .

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

وإذا كان المطلوب تصليد المشغولة في موضع معين فقط ، فإن المراجعة يمكن أن تتم بالحرارة الذاتية للمشغولة ، وأقرب مثال لذلك هو تبريد الحد القاطع لأجنة مصنوعة من الصلب اللاسبيكي عند التصليد ، حيث تخزن ساق الأجنة حرارة تكفي لمراجعة

الحد القاطع ، دون الحاجة إلى تسخينه من جديد ، وفي 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 سطح محمي أو داخل فرن التصليد بعد أبطال تشغيله ، أو على لهب مشعل (بوري) اللحام أو في أفران مراجعة خاصة مزودة بمغاطس زيتية أو ملحبة.

مغاطس المراجعة :

تتميز مغاطس المراجعة بإمكانية التحكم التنظيمي لدرجة الحرارة ومراقبتها بدقة ، كما أنه ليس من الضروري تلميع المشغولات قبل مراجعتها . جدول ٧ - ٢ يوضح نطاق استخدام حمامات المراجعة الملحبة والمعدنية.

جدول ٧ - ٢

نطاق استخدام حمامات المراجعة الملحبة والمعدنية

نطاق الاستخدام م ⁰	نقطة الأنصهار م ⁰	التركيب الكيميائي
٨٧٠ . ١٨٠	١٦٠ - ٥٠٠	حمامات ملحبة
٩٠٠ . ٣٥٠	٣٢٧	حمامات رصاصية
٥٠٠ . ٢٠٠	١٨٠	حمامات رصاصية قصديرية

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط :

تحتوى أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط على نسبة كربون ما بين ٠.٠٨ - ١.٧% ، بالإضافة إلى نسب من المكونات السبيكية مثل الكروم والتنجستن والنيكل والموليبدنم والفاناديوم ، بحيث لا تتجاوز نسبة هذه المكونات مجتمعة ٥% .

التسخين :

تسخن أنواع الصلب وفقاً لتركيبها الكيميائي ، إلى درجة حرارة تصليد تتراوح ما

أساسيات هندسة الإنتاج

بين ٧٨٠ . ٨٥٠ م^٠ .. (ألوان التلدين من الأحمر القاتم إلى الأحمر الفاتح).

التسقية :

يسقى الصلب في الزيت وأحياناً في الماء ، كما أنها تتشوه بصورة أقل ، ويمكن استخدام أملاح منصهرة متعادلة ، تصل درجة حرارتها إلى نحو ٢٠٠ م^٠ ، 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 الحراري أو التصليد المرحلي . تمتاز هذه الطريقة بعدم ظهور تشوه بالمشغولات.

المراجعة :

تتراوح درجات حرارة المراجعة ما بين ٢٢٠ . ٣٢٠ م^٠ ، 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 ٥ % من المكونات السبيكية ، وتتراوح نسبة الكربون فيها ما بين ٠.٣ . ٢.٢ % ، كما تحتوي على نسبة تصل إلى ١٨ % من التنجستن ، ١١ % من الكوبالت ، مع إضافات من الموليبدنم والكروم والفاناديوم.

التسخين :

تتراوح درجة حرارة التصليد ما بين ٩٥٠ . ١٢٠٠ م^٠ ، كما تصل في حالة صلب السرعات العالية إلى ١٣٠٠ م^٠ .. (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 ٤٠٠ . ٦٠٠ م^٠ ، ثم يبرد الصلب في هواء ساكن إلى درجة حرارة الغرفة ، وتتصلد أنواع الصلب السبيكي عالي الخلط بصورة كلية ، كما أن تشوهها قليل جداً أو تكاد تكون معدومة.

المراجعة :

تتوقف درجة حرارة المراجعة لأنواع صلب العدة السبيكي عالي الخلط على تركيبها الكيميائي وأسلوب التسقية . تتراوح درجة حرارة المراجعة إلى ما بين ١٠٠ . ٦٠٠ م^٠ . لا تقل صلادة أنواع صلب السرعات العالية التي تراجع عند درجة حرارة ٥٣٠ . ٥٨٠ م^٠ ، كما هو الحال في أنواع الصلب اللاسبيكي منخفض الخلط وإنما تزداد الصلادة بالمراجعة ، ويمكن تفسير هذه الظاهرة إلى أن أثر التسقية في الأنواع السبائك العالية الخلط يكون حاداً للغاية بسبب الارتفاع الشديد في درجة حرارة التصليد ، بحيث لا تجد المكونات السبيكية وقتاً كافياً 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 ٠.١ . ٠.٦ % تشتمل على عمليتين أساسيتين هما .. التصليد السطحي والتطبيع.

التصليد السطحي :

يجرى التصليد السطحي عندما تتطلب المشغولة سطحا صلباً مقاوماً 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 بالذهب أو التصليد بالغمر أو التصليد بالحث.

التصليد الغلافي :

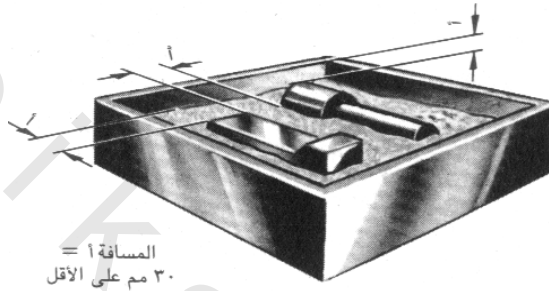
يتناسب التصليد الغلافي لأنواع الصلب اللاسبيكي الذي يحتوي على نسب ضئيلة من الكربون تتراوح ما بين ٠.١ - ١.٥ % ، كما يتناسب مع الأنواع السبيكية ذات النسب المنخفضة من المنجنيز أو الكروم أو النيكل والتي تصل نسبة الكربون فيها إلى ٢ % ، ولتصليد أسطح هذه الأنواع (تصليد طبقاتها الخارجية) فإنه يجب إضافة الكربون 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 السمينة أو في وسط غازي.

التصليد الغلافي بالصناديق (السمينة) :

تجرى كربنة أنواع الصلب ذات نسب الكربون المنخفض في وسط مانح للكربون ، ثم تصليدها بعد ذلك . تعرف عملية الكربنة .. بالشحن بالكربون أو بالسمينة .
 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 ٧ - 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 م^٠ .. 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 المكونة (السمتة) 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 ٧ - ٣ أعماق التصليد الغلافي في الصناديق لأنواع الصلب السبيكي واللاسبيكي



شكل ٧ - ٢

التصليد الغلافي في الصناديق

جدول ٧ - ٣

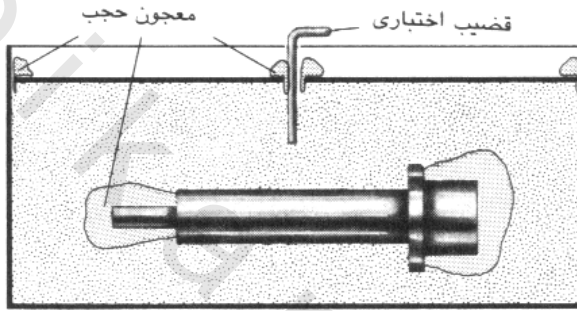
أعماق التصليد الغلافي في الصناديق

لأنواع الصلب السبيكي واللاسبيكي

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

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 كرنبة سطحية لأجزاء معينة فقط من المشغولة ، فإنه يجرى تغطية الأجزاء التي يراد تصليدها بمعجون خاص شكل ٧ - ٣ أو تغليفها بالنحاس.

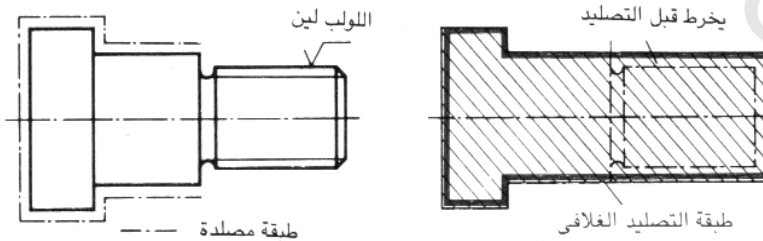


شكل ٧ - ٣

طريقة الحجب

ويمكن تشطيب المشغولات في المواضع التي لا يراد تصليدها غلافيا بمقاسات أكبر من اللازم بقليل كما هو موضح بشكل ٧ - ٤ ، ثم إزالة الطبقة المكرنة 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 °م.



شكل ٧ - ٤

طريقة المقاسات الزائدة

التصليد الغلافي بالحمامات السمنتية :

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 م⁰ ، 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 كالمعتب 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 ، ويؤدي 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 ٧ - 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 ٧ - ٤

التصليد المزدوج والتلدين المرحلي للصلب الكربوني

العملية الداخلية	العملية الخارجية
كرينة الطبقة الخارجية.	التصليد الغلافي في مسحوق عند درجة حرارة قدرها ٨٨٠ . ٩٣٠ °م. تعمل درجة الحرارة العالية على تخفيض من فترة التصليد الغلافي.
موازنة الاجهادات عند الحدود الفاصلة بين البنية السطحية وبنية القلب (حبيبات البنية خشنة في الطبقة السطحية والقلب).	ترك المشغولات لتبرد في الصندوق ببطء.
تنظيم بنية النواة وإعادة دقة حبيباتها.	التسخين إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٨٨٠ . ٩٣٠ °م.
الاحتفاظ بدقة حبيبات النواة.	التسقية في ماء درجة حرارته ٢٠ °م.
موازنة الاجهادات من جديد عند الحدود الفاصلة بين البنية السطحية وبنية القلب.	تلدين مرحلي في درجة حرارة تتراوح ما بين ٦٥٠ . ٦٨٠ °م ثم التبريد البطيء في الفرن.
إعادة ترتيب البلورات ودقة الحبيبات وتصليد الطبقة الخارجية.	تسخين فجائي إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٧٨٠ . ٨٠٠ °م ، ثم التسقية في ماء درجة حرارته ٢٠ °م.
مراجعة القلب.	المراجعة إذا استدعى الأمر إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ١٥٠ . ١٧٥ °م لمدة ساعة واحدة.

جدول ٧ - 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 :

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 ، يؤدي 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.

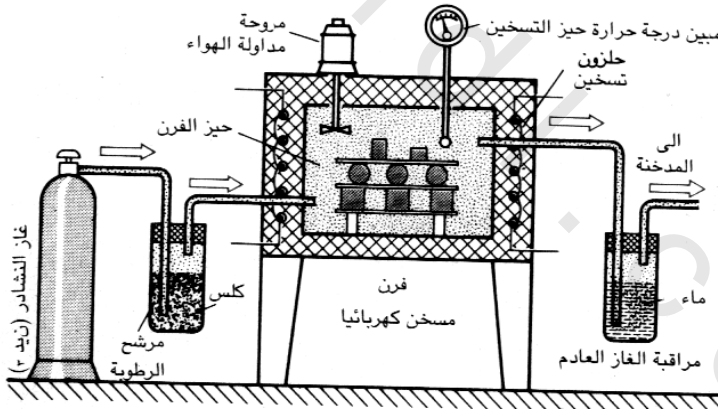
توجد النتردة بأسلوبين للتصليد هما النتردة بالغاز والنتردة بالغمر .. فيما يلي

عرض كل منهما على حدة.

النتردة الغازية :

توضع المشغولة في طريقة النتردة الغازية في فرن كهربائي كما هو موضح بشكل ٧ - ٥ عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٥٠٠ . ٥٢٠ م^٠ ، 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 ، فإنه 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 ٧ - ٥

تجهيزة 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 مسبقاً ، ثم تغمر بالحمام الساخن في درجة حرارة تتراوح ما بين ٥٠٠ . ٥٥٠ م⁰ ، 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 م⁰.
 ٣. عدم الحاجة إلى تسقية المشغولات ، وبالتالي عدم تشوهها والحصول على أكبر صلادة ممكنة للصلب والحديد الزهر.
 ٤. ثبات الصلادة عند درجة حرارة ٥٠٠ م⁰ 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 تزيق ممتاز مع إرتفاع مقدار الصمود للنحر أو التآكل بين الأسطح المنتردة.
- يستخدم التصليد بالنتردة بالدرجة الأولى لأجزاء المكينات المعرضة لدرجات حرارة تشغيل عالية ، والتي يجب أن تكون صمودة للتآكل الكيميائي والتآكل الاحتكاكي والكلال في نفس الوقت.

التصليد باللهب :

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

أنواع التصليد باللهب :

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

كالآتي :-

١. التصليد الدائري.

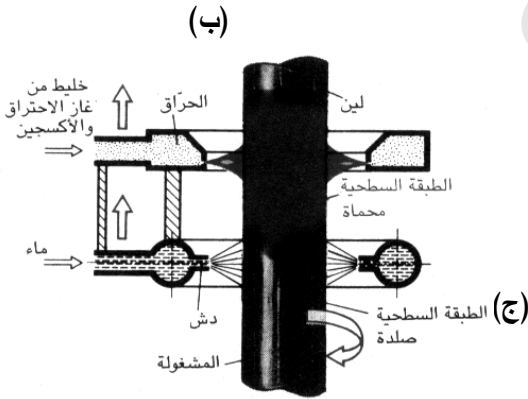
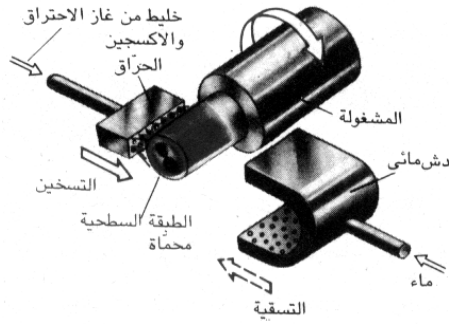
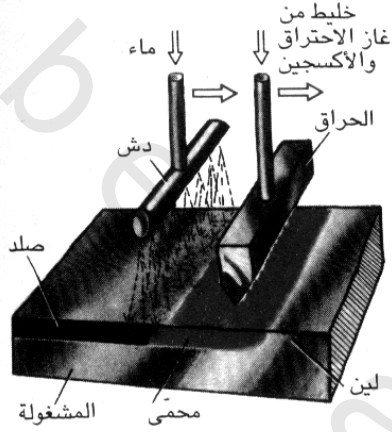
٢. التصليد الخطي.

٣. التصليد الحلزوني.

يستخدم التصليد باللهب في 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 في التصليد الخطي والحلزوني التحكم تنظيمياً في مدة تعرض المشغولة لتأثير اللهب بتحريك لهب المشعل أو المشغولة بسرعة منتظمة . ويتناسب عمق التصليد عكسياً 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 والموليبدينم التي تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين ٠.٣٠ . ٠.٥٠ %.



شكل ٦ - ٧
أنواع التصليد 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 في حمام ملحي متعادل ، بحيث يكون التسخين سريعاً جداً ومتجانساً . يتم ذلك بمغزل عن الهواء .

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

التصليد بالغمر ينافس نفس أنواع الصلب الصالح للتصليد باللهب .

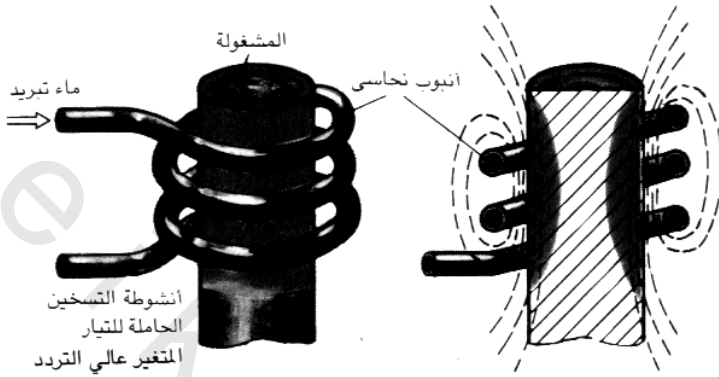
التصليد بالحث :

عند التصليد بالحث لا يتم تسخين المشغولات من الخارج ، وإنما توليد الحرارة بواسطة تيارات دوامية مترددة عالية التردد شكل ٧ - ٧ ، حيث تسرى إلى الطبقة السطحية للمشغولة ، ويقوم التسخين على مبدأ المقاومة بالتيار المتغير ، بحيث لا تتأثر المشغولات أثناء عملية التصليد بالمغطة في بلورات الطبقة السطحية للمشغولة .

ويمكن عند الرغبة حجب المجال الحثي بالصورة المطلوبة لإجراء تصليد جزئي ، ويمكن ضبط عمق التسخين بدقة من خلال التحكم في تردد التيار الحثي ، 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 ١.٥ - ١.٥ مم .

تسقى المشغولات في 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 ٧ - ٧

التسخين بالحث الكهربائي

ولموازنة الاجهادات تراجع المشغولات بعد التصليد بتسخينها إلى درجة حرارة تتراوح

ما بين ١٥٠ - ٢٠٠ °م.

التصليد بالحث الكهربائي يناسب نفس أنواع الصلب اللاسبيكي والصلب السبيكي

منخفض الخلط.

وعلى الرغم من التكاليف الباهظة لتجهيزات التصليد بالحث الأوتوماتية ونصف

الأوتوماتية الموجودة ضمن خطوط الإنتاج ، فان سهولة استخدامها وانخفاض فترة

التسخين وإمكانية الضبط الدقيق لعمق التصليد تجعلها اقتصادية ، وخاصة لحالات

التصليد بالجملة.

التطبيع :

التطبيع عبارة عن تصليد يتبعه مراجعة فى درجات حرارة عالية ، ولا تهدف هذه

المعالجة إلى التصليد ، وإنما للحصول على بنية دقيقة الحبيبات ، عالية المتانة .

أساسيات هندسة الإنتاج

يستخدم لهذا الغرض ما تسمى بأنواع صلب التطبيع ، وهى أنواع تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين ٠.٢٢ . ٠.٦٠ % ، والتي تحتوى على مكونات سببكية 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 م° ثم تسقى فى الماء أو الزيت ، وتتم المراجعة إلى درجات حرارة ما بين ٥٣٠ . ٦٧٠ م° .

وعلى الرغم من انخفاض الصلادة بشدة نتيجة لهذه العمليات ، إلا إنها تؤدي 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 تبريدها أو تشغيلها بالقطع لاحقاً ، 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 300°C ، ويمكن إزالة الاجهادات في المصبوبات الكبيرة من خلال رجها لمدة تتراوح ما بين ٨ . ٢٥ ساعة.

المعالجة الحرارية لمصبوبات القوالب المعدنية المبردة :

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

التصليد السطحي للحديد الزهر :

لتخفيض التآكل الاحتكاكي لمسارات الدلائل في مكينات 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 بنية الأساسية ، كما يجب أن تكون رقائق الجرافيت صغيرة ما أمكن ، حيث تؤدي الرقائق الكبيرة إلى حدوث تشدخات بالبنية الداخلية.

يتراوح عمق الصلادة بعملية التصليد باللهب ما بين ١ . ٣ ملمتر ، 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

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

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

المعالجة الحرارية للألومنيوم وسبائكه :

يمكن إجراء تليدين ملين للألومنيوم وسبائكه ، كما يمكن تصليد بعض سبائك الألومنيوم بالتعتيق.

التليدين اللين :

عند التليدين اللين ينخفض مقدار الصلادة والمتانة ويزداد الانفعال ، مما يؤدي إلى إرتفاع قابلية تشكيل ، بعكس الصلب الذي يجب تبريده ببطء عند التليدين اللين. تبلغ درجة حرارة التليدين اللين المنخفضة نسبيا ما بين 350°C - 400°C ، يتبعها التبريد في الهواء أو التسقيته في الماء.

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

ملاحظة :

يكون الألومنيوم صمودا للتآكل الكيميائي عند تليدينه إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 450°C - 500°C .

التصليد بالتعتيق (التصليد بالترسب) :

يمكن بأسلوب التعتيق زيادة متانة بعض سبائك الألومنيوم بدرجة كبيرة ، ويؤدي ذلك في 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 السبكية تقريبا في بلورة الألومنيوم في درجات حرارة تلدين حوالي 500°C ، ويجب مراعاة درجة حرارة التلدين الانحلالي لمادة التصنيع الواردة في المواصفات بدقة ، ويتوقف كل من توقيت التلدين ومدته على نوع السبيكة ، علماً بأن التسخين الزائد يؤدي إلى تلف مادة التصنيع وبذلك تكون عديمة القيمة.

التسقية :

يتم تثبيت حالة البنية التي تم بلوغها بالتلدين الانحلالي في ماء درجة حرارته 20°C ، ويمكن أن يتم ذلك في الزيت أو الهواء أيضا . ويؤدي 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 الطبيعي . لذلك يجب إجراء عمليات التشكيل بدون قطع خلال الساعات الخمس الأولى بعد تسقية المشغولة.

وتعتق السبائك بتسخينها بعد التسقية في فرن هوائي إلى درجة حرارة حوالي 160°C 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 في درجات الحرارة المنخفضة ، لذلك يفضل وضع

المشغولات التي لا يمكن تشكيلها بدون قطع في غرف مثلجة بعد التسقية مباشرة.
سبائك الألومنيوم المصودة بالتعتيق شديدة التأثير بالحرارة ولذا لايجز وصلها
بلحام الأنصهار ، أو اللحام اللين أو الصلد

المعالجة الحرارية لسبائك المغنسيوم :

لا يمكن تصليد سبائك المغنسيوم بالتعتيق وإنما تليدنها بليوننة فقط ، من خلال
تسخينها إلى درجة حرارة ما بين ٢٨٠ . ٣٢٠ °م.
يراعى معالجة سبائك المغنسيوم فى حمام حمضي بعد المعالجة الحرارية مباشرة ،
وذلك لانخفاض مقدار صمودها للتآكل الكيميائي.

الفصل الثاني

التآكل الكيميائي

مُهَيِّد

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 بالطلاء 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 بدوراً رئيسياً، إذ إنه يمكنه تخفيض التآكل بوضع تصميم واستخدام مواد صمودة للتآكل واختيار أسلوب التشطيب المناسب لتفادي التآكل أو التخفيض منه.

التآكل الكيميائي

يقصد بالتآكل الكيميائي وفقاً 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 أيضاً 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 يؤدي إلى تغير خواصها ، ويلعب الأكسجين دوراً كبيراً في عملية الأكسدة أو بما يسمى بالتفاعلات الكيميائية ، التي قد يشترك فيها السوائل . الأحماض . القلويات . محاليل أملاح . الغازات والأبخرة .. بالإضافة إلى ذلك تؤدي درجات الحرارة العالية التي تؤدي إلى سرعة التآكل الكيميائي .

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

ملاحظة :

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

التآكل الكهروكيميائي :

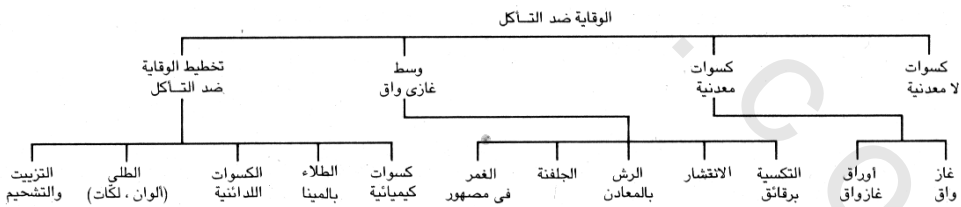
لا يتم التآكل الكهروكيميائي إلا في وجود سائل موصل للكهرباء بين مادتين مختلفين مثل الماء ورطوبة الهواء ، أو عرق الديدن.

التآكل التلامسي :

إذا تلامست معادن مختلفة دون وجود طبقات عازلة فيما بينها مع سائل اليكتروليتي ، نشأت 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 ٧ - ٨ يوضح الأساليب المختلفة للوقاية من التآكل الكيميائي.



شكل ٧ - ٨

أساليب الوقاية من التآكل الكيميائي

الكسوات اللا معدنية :

تعمل الكسوات اللا معدنية 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 سطح 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 صلبا ، وفي 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 تكسيته بعناية قبل طلائها بالدهان . لذلك تجرى معالجات ميكانيكية مسبقة وتنظيف للأسطح بوسائل كيميائية.

تستخدم للمعالجة الميكانيكية الأولية فرشاة 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

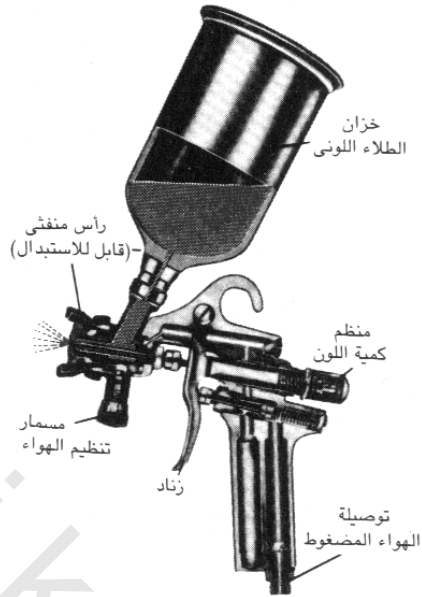
لإزالة طبقات الطلاء السابقة أو لتخشين السطح الأصلي بهدف تحسين التصاق الطلاء عليه ، ويجب إزالة الشحم من أسطح المشغولات المراد وقايتها ضد التآكل الكيميائي ، إذا ما أريد للتكسية أن تلتصق بصورة ممتازة ، ويتم ذلك بغسل الأسطح ببنزين الغسيل أو الأثير أو بمزيلات أخرى للشحم.

وتوفر ما تسمى بالدهانات الأولية " Wash primer " وهي دهانات أساسية لاصقة للمعادن وواقية ضد التآكل الكيميائي ، هذه الدهانات تؤثر كيميائياً على السطح الأصلي بصورة تجعله مانعاً للتآكل الكيميائي ، ويتم طلاء الدهانات الأولية في 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 في أغلب الأحوال.

أساليب التكسية بالرش :

يوجد أسلوبين للتكسية بالرش هما الرش على البارد والرش على الساخن . يستخدم لتلك الأسلوبين لعملية الرش مسدس رش كالموضح بشكل ٧ - 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 تكسيته.



شكل ٧ - ٩

مسدس الرش

التكسية بالرش على البارد :

يخفف اللون المستخدم للتكسية بمذيبات إلى درجة تجعله قابلاً 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 في قاع وعاء مسدس الرش ، بحيث تصل درجة حرارة اللون المستخدم إلى ما بين ٥٠ . ١٢٠ ° ، مما يؤدي إلى انخفاض لزوجة اللون بدرجة تسمح باستخدام كمية من المادة المذيبة أقل بكثير مما هو متبع في 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 التغطية 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 التهايب أقل من ٢١ ° ، أو المذيبات الأكثر من ٢١ ° م المصحوبة بتسخين إضافي ، لذلك فإنه يجب ألا تحتوى غرف الطلاء على آلات أو مكينات مولدة للشرر أو مصادر اللهب أو أى نوع من النيران أو الإضاءة المكشوفة.

التغطية بالرش الكهربائي :

تدري المادة المستخدمة في عملية التغطية بصورة دقيقة بواسطة مجال كهربائي شديد ، مما يؤدي إلى جذب الذرات الطلانية بواسطة المشغولة المعدنية المراد طلاؤها . تتميز هذه الطريقة بإمكانية تغطية المشغولة بصورة منتظمة متجانسة ، حتى في المواضع التي يصعب الوصول إليها ، مع استهلاك أقل كمية ممكنة من الطلاء.

التغطية بالغمر الكهربائي :

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

التغطية باللدائن :

تعتبر التغطية باللدائن من الكسوات الواقية من التآكل الكيميائي كما إنها تعمل كعازل كهربائي . تتم التغطية عن طريق رش اللدائن الساخنة أو بالتغطيس في مسحوق أو بالترسيب الكهربائي . يمكن بهذه الطريقة الحصول على كسوة بتخانات أكبر بالمقارنة مع الطلاء العادي ، كذلك يمكن بهذه الطريقة التغطية 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 في فرن التكسية بالمينا عند درجة تتراوح ما بين ٦٠٠ . ١٠٠٠ °م ، حيث يكون مسحوق الزجاج المنصهر على أسطح المشغولات والنتاج بعد عملية الطلاء شديد الصلادة وصمودا للحرارة ومقاوماً للمؤثرات الكيميائية ، إلا أنه يكون قصفاً إلى حد ما . يستخدم الطلاء بالمينا بالدرجة الأولى للأجهزة المستخدمة للأعمال المنزلية ولأجهزة الكيميائية المصنوعة من الصلب أو الحديد الزهر أو الصاج . للحصول على كسوة ممتازة من المينا ، فإنه يجب أن تكون طبقة كسوة المينا رقيقة بقدر الإمكان .

تكسية الصلب بالتحول الكيميائي :

يتم هذا الأسلوب من خلال حرق الأسطح المراد تكسيته ثم تدهن بزيت بذر الكتان وتعرض للهيب كور الحداة ، كذلك يمكن دهان المشغولة بزيت بذر الكتان ثم تعرض لنار كور الحداة ، أو دهان المشغولة بزيت معدني مضافاً إليه ما بين ٣ . ٥ % من شمع النحل ، ثم تسخينها عدة مرات إلى نحو ٤٥٠ °م ، ينتج في 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 ، فإن الزنك يكون سالباً بالنسبة للمعدن الأساسي ، مما يؤدي إلى تآكل الكسوة الزنكية بسرعة ، بينما يتأخر تآكل

المعدن الأساسي قليلا.

وفى حالة كسوة أسطح المشغولات المصنوعة من الصلب بكسوة من النيكل ، يكون النيكل فى 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 الصداً حداً كبيراً تتفشر الكسوة النيكلية ، ويعنى ذلك أنه عند مواضع الثني واللي ، يكون المعدن الأصلي معرضاً للتشوه بدرجة أكبر مما لو كان غير مكسو بطبقة معدنية واقية اطلاقاً ، لذلك فإنه يجب أن تكون الكسوة المعدنية ذات سلوك كهروكيميائي موجب ، على درجة كبيرة من الكثافة والمتانة الدائمة لكي تعمر طويلاً ، ويمكن الحصول على كسوة نيكلية مستديمة لسطح من الصلب عند تكسية السطح بالنحاس مسبقاً.

أساليب التكسية المعدنية :

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 أولاً بعناية بتخليها فى حمام حمضي لإزالة الشحوم ، ثم تغمر فى معدن منصهر كالزنك أو القصدير ليتسرب على أسطحها بشكل طبقة رقيقة وهو ما يسمى بالجلفنة . كما يمكن التكسية بالجلفنة ، حيث تغمر المشغولات عند تكسيتهما 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 . الكاديوم . الزنك . الفضة . الذهب . يستخدم فى هذا الأسلوب

لوح من معدن مادة الكسوة كقطب موجب دائما.

الرش بالمعادن :

يزود مسدس الرش بمعادن التكسية المنصهرة مثل الزنك والألومنيوم والصلب السبيكي ، ثم تدرى 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 °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 ، وتمائل الأنواع المكسوة بالكروم بأنواع الصلب الكرومي فى صمودها للتآكل الكيميائي.

التكسية برفائى معدنية (التصفىح) :

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 التغطية الكروم لحماية السطح وإكسابها مظهرا جميلا ، وتستخدم التغطية بالكروم الصلص للحصول على سطح صلب صمود للتآكل الاحتكاكي. وتؤدي المسام أو الخدش في التغطية الكرومية إلى ازدياد التآكل الكيميائي للمعدن الأساسي ، لذلك تزود الكسوات الزنكية في بعض الأحيان بكسوة كرومية إضافية ، وتؤدي 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 800°C ، إلا أنها تتأثر بدرجات الحرارة الأعلى من ذلك.

الكسوة القصديرية :

القصدير موجب كهروكيميائياً بالنسبة للحديد وللصلب ، وإلى جانب استخدام التغطية بالرش تستخدم أساليب الغمر في معدن منصهر ، والقصدير معدن غير سام ، لذلك فإنه يستخدم بصورة واسعة كمادة تغطية لأدوات وأجهزة الطعام ، والصاج الأبيض عبارة عن صاج مكسي بالقصدير.

الكسوة النحاسية :

النحاس موجب كهروكيميائياً ، وتتم التغطية به عن طريق الجلفنة أو بالتصفيح.

الكسوة الرصاصية :

الرصاص موجب كهروكيميائياً ، وتتم التغطية به غالباً بالغمر في المعادن المنصهرة أو بالرش ، وهو صمود للمؤثرات الكيميائية كالأحماض مثلاً ، لذلك فإنه يستخدم لكسوت المشغولات المعرضة بصورة خاصة للمؤثرات الكيميائية.

الأوساط الغازية الواقية

رقائق الغاز الواقية ، 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 الواقية بصورة متزايدة لتجهيز وتشغيل مواد التصنيع لمنع تأكسدها ، كما هو الحال في عمليات التلبيد.

التخطيط لمقاومة التآكل الكيميائي :

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

ونظرا للخسائر والأضرار المادية الكبيرة التي يسببها التآكل الكيميائي سنويا والتي تبلغ في بعض الدول إلى ٣ مليار دولار سنويا ، فإنه يجب اتخاذ جميع الاحتياطات والإجراءات الضرورية لمنع التآكل أو محاصرته في 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 لتغيرات 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 :

هو مقدار هبوط درجة الحرارة في وحدة 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 وسيط التبريد حتى لحظة إخراجها منه.

درجة حرارة التقسية :

هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها التبريد السريع.

التسخين الأولي:

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 :

هي معاملة لاحقة الغرض منها هو تقسية الصلب ، وتتم عند درجات حرارة شديدة الانخفاض (ما يعادل - ١٨٠ م°).

فترة الغطس :

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

التقسية المتقطعة :

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

زمن الاحتفاظ :

هو الزمن المنقضي للمشغلة عند درجات حرارة معينة ، بحيث تتساوى درجتي حرارة القلب والسطح معاً ، ولا تشمل هذه 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 معاً.

التسقية المباشرة :

هى عملية تصليد السطح المكربن بالتقسية من درجة حرارة قد تكون دون درجة حرارة الكرينة ، كما تكون أعلى من درجة 723°C 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 الأوستنيتي :

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

التسخين المفرط :

هو المبالغة في التسخين إلى أعلى من الحدود الحرجة (مابين Ac_3 و 723°C - 912°C) ، 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 ، فكلما كان المدى الحراري الذي يمكن أن تبرد منه المشغولة كبيراً دون أن تتأثر الصلادة الناتجة .. كلما انخفضت حساسية المشغولة للتسخين المفرط والعكس صحيح.

الاحتراق :

هو التسخين إلى درجة حرارة عالية (درجة حرارة أعلى من 723°C) ، والذي يؤدي 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 ببطء.

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 :

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

درجة حرارة التخمير :

هي درجة حرارة تسخين المشغولة بقصد التخمير.

التخمير الشامل :

هي عملية تسخين للمشغولة إلى درجة الحرارة الحرجة AC_3 (٧٢٣. ٩١٢ °م) ، يتبعها تبريد لإمكان الحصول على حبيبات غليظة بقصد تحسين قابلية تشغيلها.

التخمير الأوسط :

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

التخمير بالثبوت الحرارى :

يقصد بذلك الاحتفاظ بالمشغولة عند درجة حرارة التحول أثناء فترة التبريد عند درجة حرارة ٧٢٣ °م ، ثم التبريد بعد ذلك بمعدل إختياري.

تخمير التلدين :

يجرى التلدين .. أى تطرية معدن المشغولة عند تسخينها إلى درجة الحرارة دون الدرجة الحرجة مباشرة و أحيانا بأعلىها أو التآرجح حولها .. أى عند درجة ٧٢٣ °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 65°C 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°C . 912°C) للقلب إلى درجة حرارة دون الدرجة الحرجة 723°C 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°C . 912°C) أو أعلى من 723°C م ، يتبع ذلك تبريد في هواء راكد.

استقرار:

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

المجانسة:

هو تغير يتداول في صناعة سحب الأسلاك والخص الرقيقة ، المقصود به هو تسخين الأسلاك والخص الرقيقة إلى درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة الحرجة AC_3 (723°C . 912°C) ، ثم التبريد السريع بقصد جعل البنية 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°C . 500°C) ، 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 :

هي عملية تخمير تجرى في درجات حرارة مرتفعة (في حالة الصلب تكون أعلى من درجة الحرارة الحرجة $(723^{\circ}\text{C} - 912^{\circ}\text{C})$ ، ثم الاحتفاظ بالمشغولة فترة طويلة عند هذه الدرجة ، يتبع ذلك تبريدها بأى طريقة مرغوبة بقصد توزيع منتظم ومتجانس 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°C ، 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 $(723^{\circ}\text{C} - 912^{\circ}\text{C})$ أو درجة الحرارة الحرجة 723°C 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 في درجة حرارة مرتفعة.

قابلية التصليد:

هى قابلية السبيكة لزيادة صلابتها بالمعادلة الحرارية بالتسخين والتسقية ، يشمل ذلك التصلد المفرد 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 المصددة سطحيا ، تم تقسية ومراجعته بمقدار محدود مفيد.

تصليد القلب:

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

تصليد السطح :

هو عملية التقسية بعد الكربنة والتبريد من درجة حرارة التصليد للسطح إلى دون الدرجة الحرجة .. درجة 723°C 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 مقاساً من على سطحها.

عمق الصلادة المفيدة :

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 سطحياً بالتغليف ، ويجرى الاختبار على القلب الذي لم يتكرن بالتغليف ، وفى المعتاد يجرى استخدام أقراص مختلفة التخانة في هذا الاختبار.

التصلد المفرط :

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

مقدار التصلد :

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

قابلية التشرح بالتسقية :

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

التصليد للتغلغل والمراجعة :

هى عملية تصليد يتبعها 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 - السحب - الدلفنة - 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°C 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 التى يحتفظ بالمشغولة عندها إنشاء التطبيع.

القصافة الناشئة عن التطبيع :

هى إنخفاض فى المتانة الناشء 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 فى درجات حرارة متوسطة فى 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°C . 912°C)، وذلك فى وسيط مكرين مثل غاز مكرين أو حمام ساخن مكرين أو مسحوق أو معجون مكرين.

السنيطة :

هى عملية أغناء السطح بكل من الكربون والنيتروجين ، وذلك بالاحتفاظ به أعلى من درجة الحرارة الحرجة أو أحيانا دون درجة الحرارة الحرجة (723°C) فى وسط مكرين.

عمق الغلاف :

يستخدم فى 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 كلياً أو جزئياً من المنطقة السطحية.

النتردة :

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

النتردة الجافة :

هى تسخين فى وسط من غازات غنية بالنيتروجين.

النتردة بحمامات الأملاح :

هى تسخين في حمامات من الأملاح المنصهرة الغنية بالنيتروجين .

عمق الكربنة :

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

التصليد بالهيب :

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 نسبياً (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 التشيخ:

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 نسبياً ، أو طبيعياً إذا كان هذا التغيير يحدث في درجة حرارة الجو بعد زمن طويل .. وهو ما يسمى بالتعتيق الطبيعي.

الباب الثامن

8

النجارة

مُهَيِّدٌ

في عصرنا الحديث يوجد الخشب في العمارة وفي بعض المعدات والآلات ، فهو يتميز بخواصه الطبيعية الذي جعلته رغم مقاومته العالية للإجهادات سهل التشكيل ومتعدد الاستخدامات . أتاحة هذه الخواص لعدد وأدوات النجارة كفاءة ومقدرة لا تتوفر لغيرها من العدد والآلات .

يتناول هذا الباب عدد النجارة اليدوية مثل .. الأزميل . الملف . المثاقب اليدوية . المطارق . المرابط (الزراجين) . المصدات . المناشير .

ويتعرض إلى معدات وماكينات النجارة الكهربائية مثل .. المنشار الدائري الكهربائي . منشار الشريط . ماكينة الرابوه . ماكينة النقر . المخرطة الخاصة بالنجارة . ماكينة الحلية . ماكينة السنفرة . المثاقب .. كما يتعرض إلى تخزين كتل الخشب ذات المقاطع المستديرة ، وطرق تأمين الشاحنات أثناء تحميلها وقبل تفريغها .

النجارة

منذ آلاف السنين والشجرة تلعب دور هاماً في حياة الإنسان ، حيث حولها إلى أشكال مختلفة متعددة لخدمة كافة متطلباته .

بدء الإنسان في قطع ونشر الأشجار ليوقد النار التماساً للدفع ، وعالجها بالتشكيل ليقوم منها مأوى يلجأ إليها لتقيه تقلبات الجو ، وجوفها وحولها إلى قارب يتجول به فوق ماء البحيرات والأنهار سعياً إلى الصيد والتنقل ، ثم أضفى عليها فنه لينشأ منها أدواته القوية وأثاثاته المريحة .

الخشب

في عصرنا الحديث يتواجد الخشب بالمنشآت المعمارية ، كما يوجد في بعض المعدات والآلات ، وما زال الخشب يؤدي دوره الهام في خدمة الإنسان باعتباره إحدى الخامات التي يتسع نطاق استعمالها يوم بعد يوم في جميع أنحاء العالم ، حيث يتميز بخواص طبيعية جعلته رغم مقاومته العالية للإجهادات سهل التشكيل ومتعدد الاستخدامات . أتاحة هذه الخواص لعدد وأدوات النجارة كفاءة ومقدرة لا تتوفر لغيرها من العدد والآلات .

لذلك فإن عمليات النجارة تعتبر من العمليات الأساسية في الصناعة ، حيث إنها تدخل في إنتاج العديد من الأجزاء الهامة للمنشآت العامة .

أنواع الخشب :

تسمى الأخشاب بأسماء الأشجار التي تقطع منها ، فمنها الخشب الصلب ، ومنها أيضاً الخشب الطري ، كما توجد أنواع منها ثقيلة وأخرى خفيفة ، هذا بجانب ألوانها المتباينة ، لذلك يمكن التعرف على أنواع الخشب المختلفة من خلال النظر إلى

مقطعها وبنيتها بالخبرة .

يوجد للأنواع المختلفة للخشب خواصه ميكانيكية كمقاومة للشد والضغط والإنحناء ، هذا بالإضافة إلى المرونة والمتانة وسهولة التشغيل .
فيما يلي عرض لأكثر أنواع الخشب إنتشاراً والتي يكثر إستخدامها في المجالات الهندسية المختلفة.

١. خشب الصنوبر :

يسمى أيضا بالعريزي وله أنواع كثيرة ، تختلف هذه الأنواع عن بعضها البعض في اللون والقوة والوزن ، وذلك باختلاف المناطق التي يوجد بها ومن أهم أنواعه الآتي :-

- (أ) خشب الصنوبر الأبيض .
- (ب) خشب الصنوبر الأصفر .
- (ج) خشب الصنوبر الأحمر .
- (د) خشب الصنوبر الراتنجي .

يستخدم خشب الصنوبر بصفة عامة في إنشاء المباني والخزانات وصناديق الشحن الخاصة بالمعدات الثقيلة.

٢. خشب البلوط :

من الخشب الطبيعي المتجانس في أليافه ، يمكن تشكيله بالحنى من خلال التسخين بالبخار .

يستخدم خشب لبلوط في المنتجات التي تتطلب المتانة والقوة والجمال كالنجارة الدقيقة . النجارة الزخرفية . المجاديف . مضارب الكرة . مقابض الأدوات المنزلية . مقابض الأدوات القاطعة .. كما تصنع منه قشور رقيقة تلتصق على الأخشاب الرخيصة لتكسيبها الجمال والوقاية من العوامل الجوية.

٣. خشب الزان :

من الخشب الطبيعي المتين المتجانس في أليافه ، ويعتبر من أكثر أنواع الخشب المعروفة في الصناعة . لونه أبيض مائل إلى الحمرة أو إلى البني . يمكن التعرف عليه من خطوطه المتقاطعة القائمة.

يستخدم الخشب الزان في صناعة هياكل الأثاث المنزلية (الموبليا) لتكسيبها المتانة ، كما يستخدم في صناعة المنتجات التي تتطلب الصلابة والمتانة.

٤. خشب الماهوجني :

من الخشب الطبيعي المتين المتجانس في أليافه ، يتصف بخفة وزنه نسبياً وجمال مقطعه وألوانه الطبيعية وسهولة صقل سطحه . من أهم مميزاته هو قلة إنكماشه أو تغير شكله أو تشوّهه .

يستخدم خشب الماهوجني في صناعة هياكل الأثاث المنزلية (الموبليا) لتكسيبها المتانة ، يصنع منه قشور رقيقة لكسوة الأخشاب الرخيصة لتكسيبها الجمال بالإضافة إلى الوقاية من العوامل الجوية.

٥. خشب الجوز :

من الخشب الطبيعي .. يتميز بأليافه المحكمة التي لا تشرب السوائل ، لذلك يستخدم في صناعة براميل حفظ السوائل وحفظ المشروبات ، حيث لا يتأثر طعم المشروبات مع طول مدة التخزين . يصنع منه أيضاً الأثاث المنزلية (الموبليا) الفاخرة .. لتكسيبها المتانة والجمال ، كما يصنع منه القشور الرقيقة لكسوة الأخشاب الرخيصة لتكسيبها الجمال بالإضافة إلى الوقاية من العوامل الجوية.

٦. خشب القرو :

من أهم أنواع الخشب الطبيعي .. يكاد يكون عديم التشوّه ، يعرف بمتانته وشكله الجميل المميز عند صقله.

يستخدم خشب الجوز في صناعة الأثاث المنزلية (الموبليا) الفاخرة .. لتكسيبها

المتانة والجمال ، كما يصنع منه مقابض البنادق والقشور الرقيقة لكسوة الأخشاب الرخيصة لتكسيبها الجمال بالإضافة إلى الوقاية من العوامل الجوية.

٧. الخشب الأبيض :

يسمى أيضا بالخشب النرويجي ، هو من الخشب الطبيعي الطري ، ويعتبر من أرخص أنواع الخشب وأسهلها في التشغيل .
يستخدم الخشب الأبيض في صناعة صناديق الشحن للبضائع والمعدات الخفيفة ، كما تصنع منه لباب صناعة الورق.

٨. خشب الصنوبر :

يعرف بخشب الموسكي وهو من الخشب الطبيعي المعروف بليونته .. علماً بأن بعض أنواعه صلبة . يتميز بسهولة تشغيله .
يستخدم خشب الموسكي في صناعة الأثاث المنزلية والمشغولات الرخيصة وفي الأرضيات والصناديق.

٩. خشب الأرز :

خشب الأرز من الخشب الطبيعي اللين ، علماً بوجود أنواع منه صلبة . يتميز برائحته الطيبة ومقاومته للتلف . يستخدم خشب الأرز في صناعة الأثاث المنزلية (الموبليا) الفاخرة.

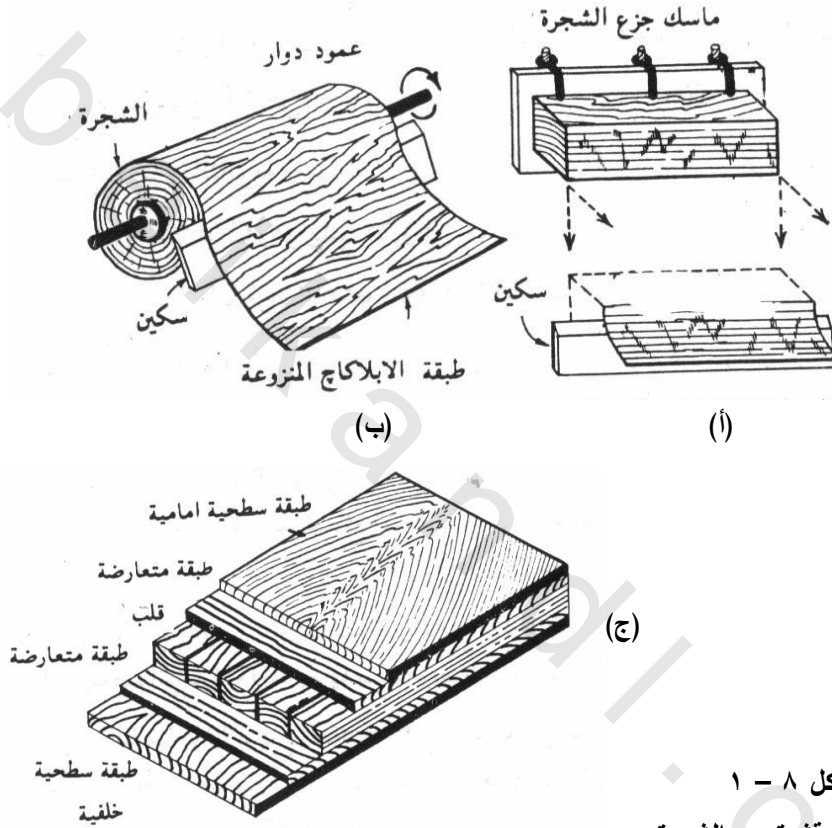
١٠. خشب الأبنوس :

من الخشب الطبيعي النادر الوجود ، لونه قاتم مائل إلى السواد ، ينمو به أحياناً عروق بيضاء ، يشبه الرخام إلى حد كبير . يستخدم في صناعة التحف.

١١. الخشب الطبقات (الأبلكاج) :

خشب الأبلكاج من الخشب الطبيعي . يصنع من قشور الأخشاب من أنواع مختلفة من الأشجار ، حيث تنزع قشور طويلة وعريضة من الأشجار .. (يعرض الشجرة) بالفشط كما هو موضح بشكل ٨ - ١ (أ) أو بالخرط كما هو موضح بشكل ٨ - ١

(ب) ، ثم تجفف وتلصق طبقاتها بالمكابس الكبيرة فوق بعضها البعض كطبقات تتعارض في اتجاه أليافها كما هو موضح بشكل ٨ - ١ (ج) ليكتسب الخشب خواص القوة والمتانة في اتجاهاته المختلفة . يستخدم خشب الأبلكاج في صناعة الصناديق وجوانب الأثاث المنزلية.



شكل ٨ - ١

طريقة نزع قشرة من الشجرة
لعمل طبقة من ألواح الأبلكاج

(أ) قطع طبقة الأبلكاج بالقشط.

(ب) قطع طبقة الأبلكاج بالخرط.

(ج) كبس طبقات الأبلكاج فوق بعضها البعض لإنتاج خشب الأبلكاج.

كما توجد أخشاب طبيعية أخرى تستخدم في الزخرفة ومنها الآتي :-

١. خشب الكريز.
٢. خشب التفاح.
٣. خشب الليمون.
٤. خشب الزيتون.

تركيب بنية الخشب :

ينمو خشب الأشجار أثناء فصل الربيع والصيف من الداخل إلى الخارج مكوناً طبقات على هيئة نسيج ، هذا النسيج يمتد إمتداداً شعاعياً . شكل ٨ - ٢ يوضح مقطع يبين البنية الداخلية للخشب .



شكل ٨ - ٢

قطاع عرضي اجزء شجرة

طرق تحويل جزوع الأشجار إلى ألواح خشبية :

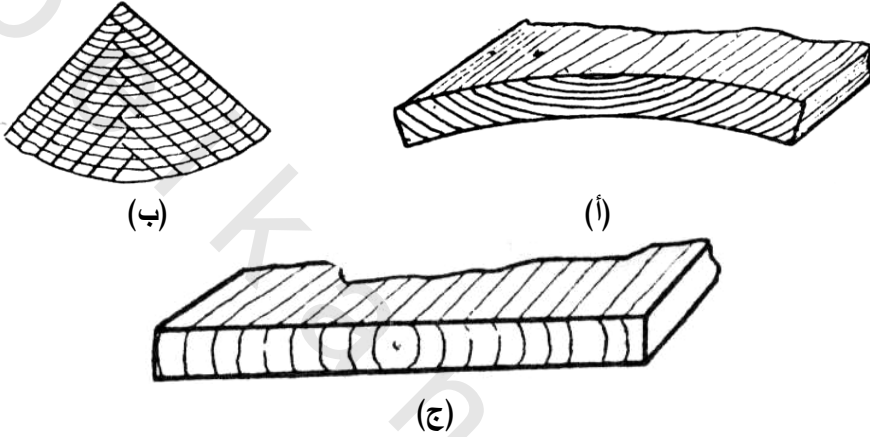
تنشر جزوع الشجر بالمناشير ، حيث تتحول كتل الجزوع إلى ألواح خشبية .
تستخدم طريقتين لنشر الجزوع هما كالآتي :-

الطريقة الأولى :

تنشر جزوع الشجر بالمناشير طولياً بمستوى مماس للحلقات الثانوية للجزع كما هو موضح بشكل ٨ - ٣ (أ) . من عيوب هذه الطريقة هو حدوث إلتواء بالألواح .

الطريقة الثانية:

تنشر جزوع الشجر بالمناشير عرضياً على شكل كتل مستديرة ، بحيث يكون النشر في موازياً لأشعة الداخلية لجزع الشجرة ، ثم تقطع هذه الكتل إلى أربعة أجزاء كما هو موضح بشكل ٨ - ٣ (ب) . بذلك تكون الألواح المشقوقة بهذه الطريقة أقل تعرضاً للإلتواء من مثيلتها التي شقت بالطريقة الأولى المستوية . شكل ٨ - ٣ (ج) يوضح لوح خشب طبيعي مقطوع بالطريقة الثانية (الرباعية).



شكل ٨ - ٣

تحويل جزع الشجرة إلى ألواح خشبية

(أ) نشر جزع الشجرة طولياً بمستوى مماس لمحيطه.

(ب) نشر جزع الشجرة عرضياً ثم شقها على أربعة أجزاء.

(ج) لوح خشب طبيعي مقطوع بطريقة القطع الرباعي.

طرق تجفيف الخشب :

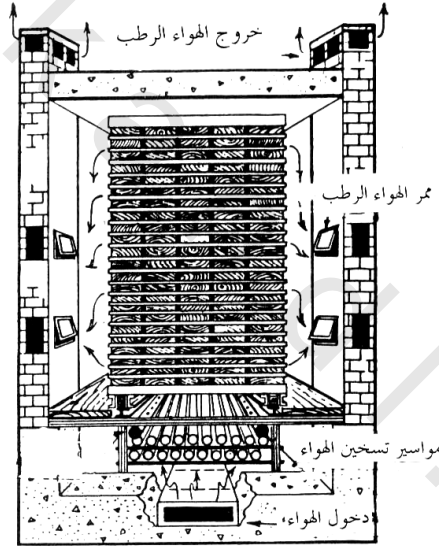
يقطع الشجر من الغابات ، وتزال الأوراق والفروع الصغيرة ، وتنزع قشرتها لسهولة تخلصها من الرطوبة ، إلا أن هذا الخشب الذي يستخلص من الأشجار يحتوي على نسبة عالية من الرطوبة تجعله غير صالح للإستخدام المباشر ، لذلك يجفف الخشب بإحدى الطرق التالية :-

١. التجفيف الطبيعي :

تجفف الألواح الخشبية بهذه الطريقة بالشمس والهواء ، حيث ترص الألواح في صفوف متقاطعة ومتعامدة مع بعضها البعض لتتعرض للشمس ويتخللها الهواء من جميع الاتجاهات .

٢. التجفيف الصناعي :

تستخدم الأفران لجفيف الألواح الخشبية كما هو موضح بشكل ٨ - ٤ ، حيث توضع الألواح الخشبية في حجرات مغلقة ، ثم تسخن من خلال مواسير البخار الساخن لمدة تتراوح ما بين إسبوعين إلى ثلاثة أسابيع ، وبذلك تكون هذه الألواح الخشبية جاهزة للتداول وصالحة للإستخدام.



شكل ٨ - ٤

حجرة مغلقة مجهزة لتجفيف الخشب

ملاحظة :

يتميز التجفيف الطبيعي بأنه يعمل على تخفيض نسبة الرطوبة بالخشب إلى ٢٥

% ، أما التجفيف الصناعي فإنه يعمل على تخفيض نسبة الرطوبة إلى ما بين ٤ %

إلى ٦ % فقط.

عيوب الخشب :

يعتبر من أهم عيوب الخشب هو إنحنائه والتوائه الشديد وتشققه وتعفنه ، ويرجع ذلك إلى التخزين في أماكن غير جيدة التهوية ، أو في أماكن بها تيارات من الهواء الحار الرطب . شكل ٨ - ٥ يوضح نماذج من عيوب الخشب.



عدم انتظام مقطع الجذع



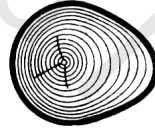
انحناء الجذع



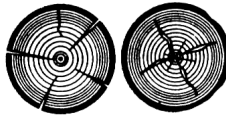
التواء الجذع



ت موج الحلقات الثانوية



نمو غير متمرکز



تشقق الجذع

شكل ٨ - ٥

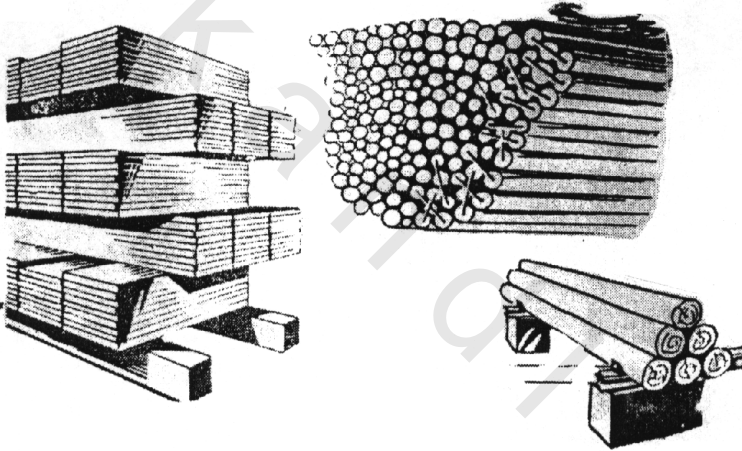
نماذج من عيوب الخشب

أسباب عيوب الخشب :

من أهم الأسباب التي تؤدي إلى عيوب الخشب هي العوامل الطبيعية مثل انخفاض أو كثرة الأمطار والعواصف الشديدة والانخفاض الكبير في درجات الحرارة.

تخزين الخشب :

يعتبر التخزين الجيد من أهم الأسباب التي تحافظ علي الخشب من التعفن والالتواء والانحناء ، ويتمثل التخزين المثالي للكميات الكبيرة للخشب في رصها بنظام ، بحيث لا يسمح لأكوامها بالانهيار نتيجة الصدمات أو الاهتزازات ، كما يجب أن يسمح بتخلل الهواء إليه من جميع الجهات . شكل ٨ - ٦ يوضح نماذج لتخزين الخشب بمقاطع مختلفة بالطرق الآمنة.



شكل ٨ - ٦

نماذج للتخزين النموذجي للخشب بالطرق الآمنة

الشروط الواجب توافرها بمخازن الخشب :

تشيد مخازن الخشب بحيث تكون بالموصفات التالية :-

١. يجب أن تكون مخازن الخشب مستقلة ومنفصلة عن مكان العمل ، باستثناء الكميات التي تلزم التشغيل اليومي.
٢. يجب أن تكون أرضية المخزن قوية وصلدة ليتمكنها تحمل الكميات الهائلة من

الخشب ولفترات طويلة.

٣. يجب أن تكون أرضية المخزن جافة ولا يوجد بها رشح مياه أو رطوبة.

٣. يفضل وجود لوحة توزيع الكهرباء خارج المخزن أو بجوار المدخل ، وأن تزود بمفتاح كهرباء رئيسي لفصل الكهرباء عند غلقه بعد الانتهاء من العمل اليومي.

النجارة اليدوية

تتجز جميع عمليات النجارة اليدوية على نضد التشغيل (بنك النجار) ، وتعتمد عادة هذه العمليات على مهارة الفني .

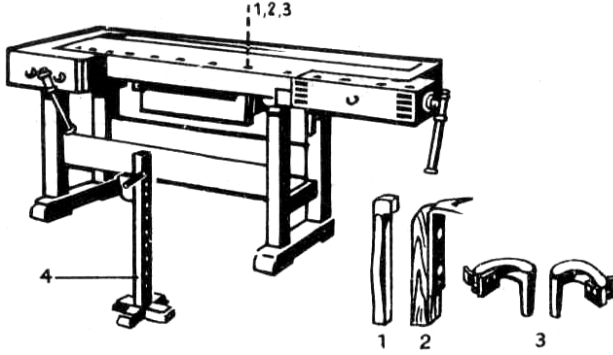
فيما يلي عرض لجميع المعدات والعدد المستعملة في عمليات النجارة اليدوية.

تزجة النجار :

تعتبر تزجة النجار الموضحة بشكل ٨ - ٧ من أساسيات معدات النجارة .

تصنع نضد أو تزجة النجار من الخشب المتين . تحتوي التزجة على قرص أو قاعدة من الخشب ، يوجد بإحدى جانبيها الطولين ملزمة ثابتة ومجرى منخفض لاستعماله في وضع عدد وأدوات النجارة أثناء عمليات التشغيل ، ويوجد بالجانب الآخر منها ملزمة متحركة.

تستخدم تزجة النجار في العديد من عمليات النجارة اليدوية المختلفة مثل النشر . القشط . الثقب . النقر إلخ



شكل ٨ - ٧

تنزجة النجار

- ١ - مصد التنزجة .
- ٢ - مصد مدبب .
- ٣ - مصد جانبي .
- ٤ - ملزمة (منجلة) التنزجة .

عدد النشر اليدوية :

تستعمل المناشير اليدوية والكهربائية المختلفة الأنواع والأشكال في قطع الخشب في حركة مستقيمة أو دائرية بالمقاس والشكل المطلوبين .

تعمل الحدود القاطع لسلاح المنشار (أسنان سلاح المنشار الصغيرة الحادة) على قطع ألياف الخشب من خلال الحركة الأمامية والخلفية ، ومن ثم تتطاير أجزاء الخشب الصغيرة المقطوعة على هيئة رايش من الفجوات الموجودة بين الأسنان ، ولمنع سلاح المنشار من الخنق (الحشر) أثناء عملية النشر ، فإنه يجب معالجة الأسنان بشحذها (سنها) وتفليجها (ثني أسنان سلاح المنشار واحدة إلى جهة اليمين والثانية إلى جهة اليسار بالتبادل وهكذا .

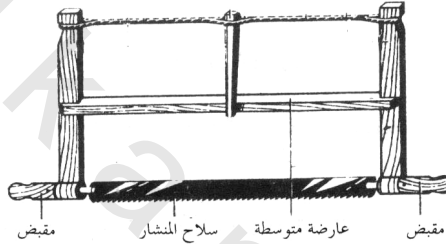
يتوقف النشر الجيد على استخدام نوع المنشار اليدوي وعلى عدد الأسنان سلاحه ، وعلى تثبيت سلاح المنشار بالإطار جيداً حتى يمكن استخدام المنشار بسهولة وأمان ،

أنواع المناشير اليدوية :

توجد أنواع مختلفة من المناشير اليدوية التي تتناسب مع جميع متطلبات أعمال النجارة . فيما يلي عرض لأكثر أنواع المناشير اليدوية إنتشاراً.

١. منشار النجارة اليدوي :

يتكون منشار النجارة اليدوي الموضح بشكل ٨ - ٨ من إطار خشبي يركب به سلاح منشار وعارضة ومقبضين . يستخدم في نشر العوارض والألواح والأسطح المستوية.

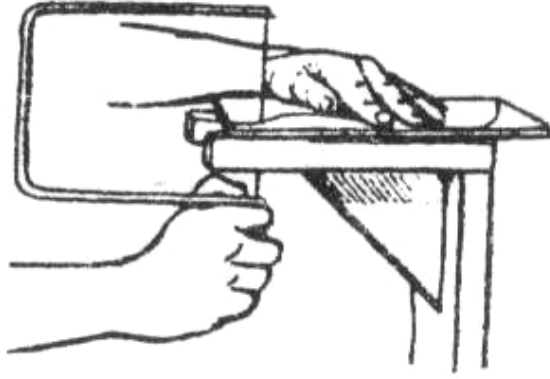


شكل ٨ - ٨

منشار يدوي

٢. المنشار اليدوي الصغير :

المنشار اليدوي الصغير الموضح بشكل ٨ - ٩ يسمى في الوسط الفني بمنشار الأركت . ويستخدم في نشر الخشب بجميع الأشكال .. (بيضاوي . دائري . بزاوية . مستقيم) إلخ



شكل ٨ - ٩

المنشار اليدوي الصغير .. (منشار الأركت)

٣. منشار قطع الكتل الكبيرة :

يتكون منشار قطع الكتل الكبيرة الموضح بشكل ٨ - ١٠ . الحدود القاطعة لسلاح المنشار (الأسنان) على شكل قوس ، سلاح المنشار غير مشدود ومثلت به مقبضين . يستعمل هذا المنشار بواسطة شخصين . يستخدم هذا المنشار في نشر كتل الخشب الكبيرة وقطع الأشجار .



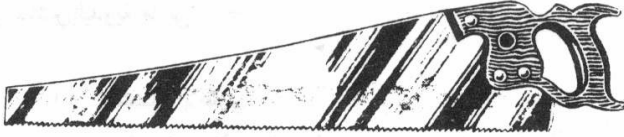
شكل ٨ - ١٠

منشار قطع الكتل الكبيرة

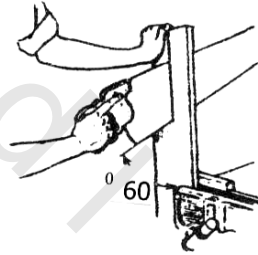
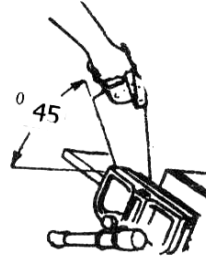
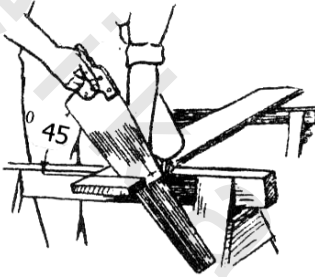
٤. منشار سراق التماسح :

يتكون منشار سراق التماسح الموضح بشكل ٨ - ١١ (أ) من سلاح على شكل شبه منحرف ومقبض من الخشب ، أسنانه مفلاة بتفليجة صغيرة وذلك لعدم إختناق

سلاح المنشار أثناء التشغيل . يوجد هذا النوع بمقاسات مختلفة .
يستخدم منشار سراق التمساح في نشر الألواح المسطحة وفي قطع العوارض كما
هو موضح بشكل ٨ - ١١ (ب) .. وخاصة في الأحوال التي يكون فيها إستخدام
المنشار الإطاري مستحيلا.



(أ)



(ب)

شكل ٨ - ١١

منشار سراق تمساح

(أ) سراق التمساح.

(ب) إستخدامات سراق التمساح.

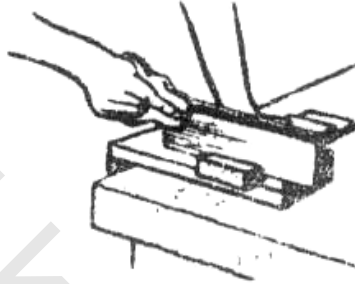
٥. المنشار الدقيق :

المنشار الدقيق الموضح بشكل ٨ - ١٢ يسمى بالوسط الفني بالساحقة ، ويتكون

من سلاح على شكل مستطيل ونصاب مبطن بأعلى سلاح المنشار . يستخدم في النشر الدقيق لقطع العوارض ونشر الألواح الرقيقة.



(أ)



(ب)

شكل ٨ - ١٢

المنشار الدقيق .. (الساحة)

(أ) منشار دقيق.

(ب) استخدام المنشار الدقيق في قطع العوارض ونشر الألواح الرقيقة.

طريقة استخدام المنشار الدقيق :

عند استخدام المنشار الدقيق (الساحة) في النشر الدقيق بالعوارض والألواح

الرقيقة فإنه يجب إتباع الإرشادات التالية :-

١. تحدد علامات القطع على اللوح استعداداً لعملية القطع.

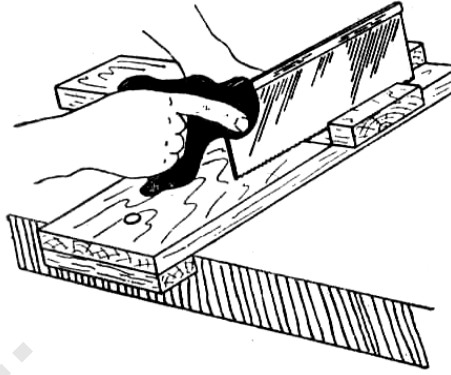
٢. تثبت القطعة بإحكام في الفتيل أو وضعها على ركيزة ومسكها باليد اليسرى بقوة

كما هو موضح بشكل ٨ - ١٣ ، ويبدأ النشر بسراق الظهر بطريقة مشابهة

لطريقة القطع على عرض الألياف.

٣. يواصل النشر بأشواط قصيرة خفيفة إلى أن يقطع اللوح ، ويجب مسك الجزء

المستهلك أو وقايته باليد اليسرى في الأشواط النهائية لتلافي التسليخ وخاصة عندما يكون اللوح مثبت في فتيل الطاولة.



شكل ٨ - ١٣

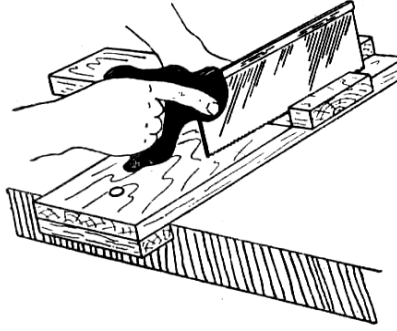
تثبيت القطعة المراد نشرها على ركيزة

والتحكم بمسكها أثناء القطع بالمنشار الدقيق (الساحقة)

٦. منشار سراق الظهر :

يتشابه منشار سراق الظهر الموضح بشكل ٨ - ١٤ (أ) مع المنشار الدقيق من حيث الشكل العام ، ويختلفا من حيث السمك الأكبر لسلح منشار الظهر ومقبضه الذي على شكل زاوية.

يستخدم منشار سراق الظهر الموضح بشكل ٨ - ١٤ (أ) في النشر الدقيق بعرض الألياف كما هو موضح بشكل ٨ - ١٤ (ب).



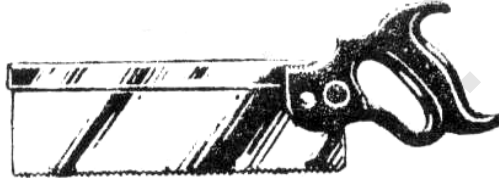
شكل ٨ - ١٣

تثبيت القطعة المراد نشرها على ركيزة
والتحكم بمسكها أثناء القطع بالمنشار الدقيق (الساحقة)

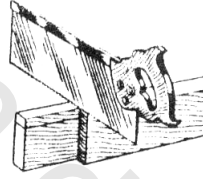
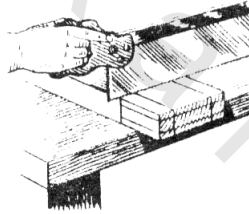
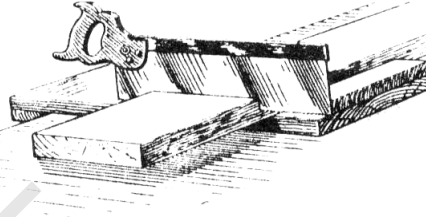
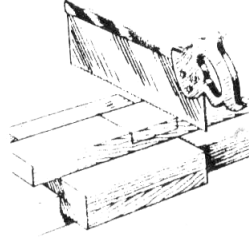
٦. منشار سراق الظهر :

يتشابه منشار سراق الظهر الموضح بشكل ٨ - ١٤ (أ) مع المنشار الدقيق من حيث الشكل العام ، ويختلفا من حيث السمك الأكبر لسلح منشار الظهر ومقبضه الذي على شكل زاوية.

يستخدم منشار سراق الظهر الموضح بشكل ٨ - ١٤ (أ) في النشر الدقيق بعرض الألياف كما هو موضح بشكل ٨ - ١٤ (ب).



(أ)



(ب)

شكل ٨ - ١٤

منشار سراق الظهر

(أ) منشار سراق الظهر

(ب) استخدام سراق الظهر في النشر الدقيق بعرض الألياف.

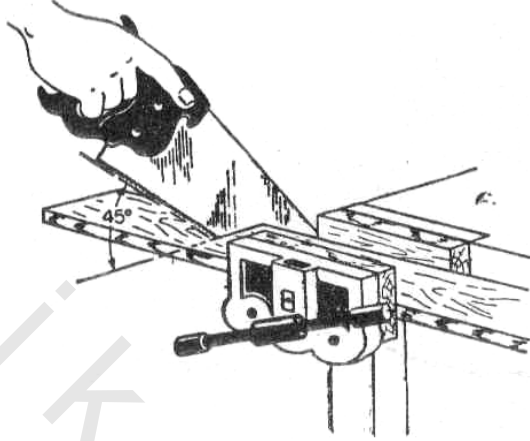
الشروط التي يجب مراعاتها أثناء عمليات النشر :

عند استخدام المناشير أثناء عمليات النشر المختلفة ، فإنه يجب مراعاة

إرشادات السلامة والأمان التالية :-

١. تحدد علامات القطع على اللوح استعدادا لعملية القطع .

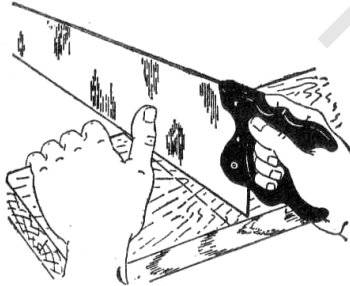
٢. تثبت ألواح الخشب المطلوب نشرها في (فتيل) نضد النجار ، وذلك عند النشر أو القطع المستعرض كما هو موضح بشكل ٨ - ١٥ ، وإذا تعذر ذلك بالنسبة للألواح العريضة أو الطويلة فإنه يجب وضعها علي حوامل .



شكل ٨ - ١٥

لوح مثبت في فتيل بنك النجار للقطع المستعرض

٢. يوضع كعب منشار سراق التماسح بالقرب من خط العلامة بأعلى المنطقة المستهلكة بالخشب كما هو موضح بشكل ٨ - ١٦ ، ثم يسحب إلى الخلف مع وضع إبهام اليد اليسرى دليلا له ، ويبدأ النشر على عرض الألياف .

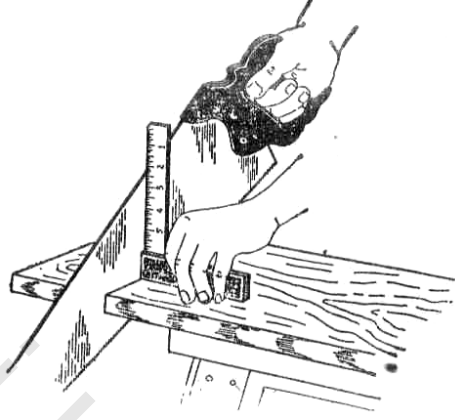


شكل ٨ - ١٦

بدء النشر على عرض الألياف

٣. يواصل القطع بأشواط قصيرة حتى يتكون مجرى مناسب ، ثم يختبر هذا المجرى

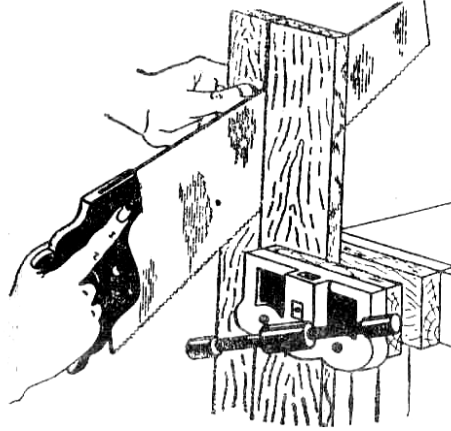
بزواوية فحص قائمة كما هو موضح بشكل ٨ - ١٧ لمعرفة إذا كان سلاح المنشار قد قطع في المجرى زاوية قائمة مع وجه اللوح .



شكل ٨ - ١٧

فحص قطع المنشار بزواوية التعامد القائمة

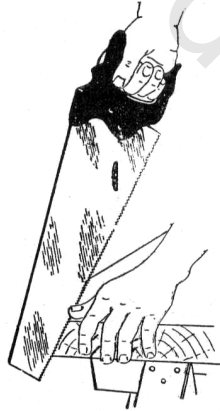
٤. يجب أن يتحرك المنشار الحركة الترددية الصحيحة من خلال ملاسة سلاحه بالخشب حتى لا يختنق (لا ينحشر) أو يخرج من شقه ، وعند استخدام منشار القطع الطولي ، فإنه يجب على العاملين في هذا المجال التعاون فيما بينهم لإنجاز أعمال النشر بالأوضاع الصحيحة .
٥. عند عمل نشر طولي ، توضع علامة على الخشب الذي يقطع أو يشق طولياً ، ثم يثبت اللوح في فتيل النضد (البنك) كما هو موضح بشكل ٨ - ١٨ .



شكل ٨ - ١٨

لوح مثبت في فتيل البنك أثناء الشق الطولي

٦. إذا تعذر تثبيت اللوح في فتيل النضد ، فإنه يجب وضعه على حامل ويتم النشر والشق بالطريقة نفسها ، وتواصل عملية الشق بأشواط قصيرة وخفيفة لتجنب التسلخ ، وإذا ثبت اللوح في الفتيل ، فيجب مسك الجزء المستهلك باليد اليسرى كما هو موضح بشكل ٨ - ١٩ للتأكد من ثباته وحفظه من التسلخ ، وذلك أثناء الأشواط النهائية .



شكل ٨ - ١٩

شق اللوح على حامل خشبي

٧. عدم وضع إصبع اليد اليسرى أمام سلاح المنشار كما هو موضح بشكل ٨ - ٢٠ ، حيث يؤدي ذلك إلى إصابته بجرح قطعي .



شكل ٨ - ٢٠

فني يقوم بعملية نشر لوح خشبي وإصبع يده اليسرى أمام سلاح المنشار مما يؤدي إلى إصابته بجرح قطعي

عدد التسوية والضغط :

تتكون عدد النجارة بصفة عامة من جزأين أساسيين ، أحدهما يتلقى القوة من يد الفني ، والجزء الآخر بمثابة حد قاطع .. تنتقل القوة من يد الفني لتعطي الأثر أو الفعل المطلوب ، علماً بأنه يجب أن يتصل الجزأين ببعضهما البعض اتصالاً متيناً ، بحيث ينجزا عملهما بأقل مجهود يبذله الفني .

عدد النقر :

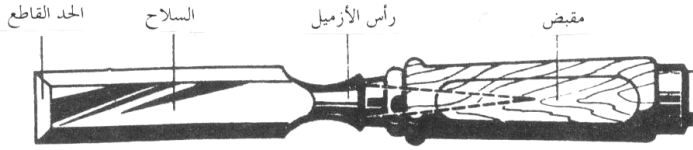
تشتمل عدد النقر على الأزميل بمقاساته المختلفة (الضيق والعريض) والمناقير وأجنات الثقب

تستخدم هذه العدد في أعمال التفريغ مثل عمليات النقر والغنفاري والأنواع المختلفة من التجايف . فيما يلي عرض لأكثر الأزميل إنتشاراً.

الأزميل :

يتم النقر والتشكيل وزخرفة الأسطح باستخدام أزميل حاد مشطوف بزاوية

صحيحة كما هو موضح بشكل ٨ - ٢١.

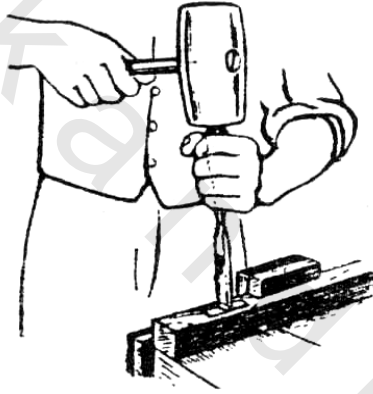


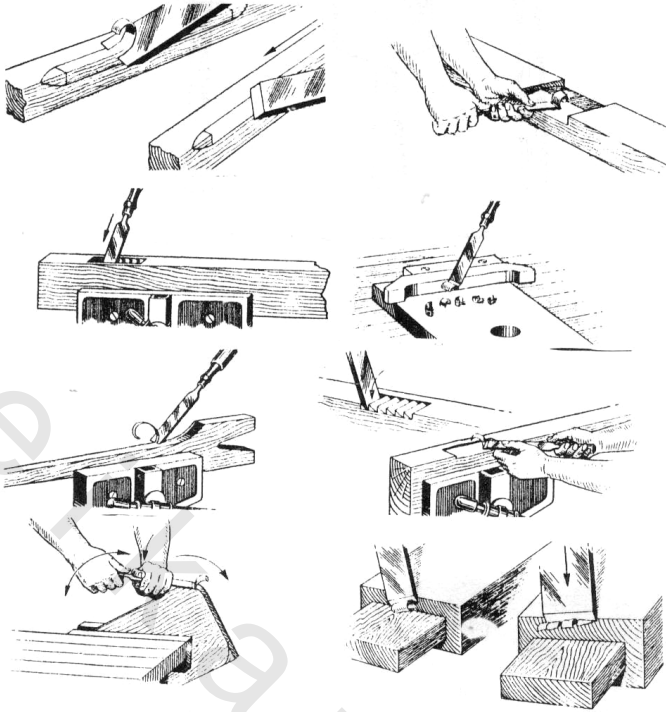
شكل ٨ - ٢١

الأزميل

شكل ٨ - ٢٢ يوضح إستعمال الأزاميل في عمليات النقر المختلفة . يراعى

الحذر عند إستخدام الأزميل حيث يسبب معظم الإصابات (أكثر من أي عدد يدوية أخرى).



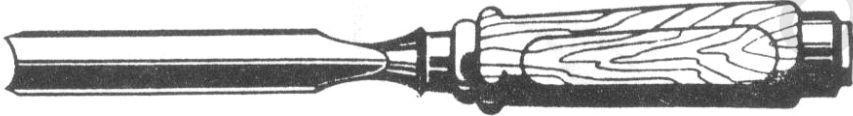


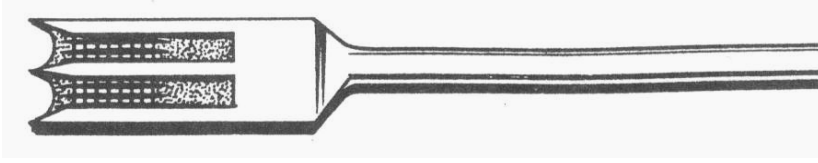
شكل ٨ - ٢٢

عمل مجرى نقر باستخدام أزميل

أنواع عدد النقر :

توجد أنواع وأشكال مختلفة لعدد النقر . تستعمل الأنواع العريضة منها في تنظيف وتسوية وإنهاء عمليات النقر واللسان .. لذلك فإن هذه الأنواع تسمى بأزاميل التسوية ، أما المظافر والأزاميل ذات النصل المقعر والدائري ، فإنها تستخدم في عمل المجاري النصف دائرية كما هو موضح بشكل ٨ - ٢٣ .



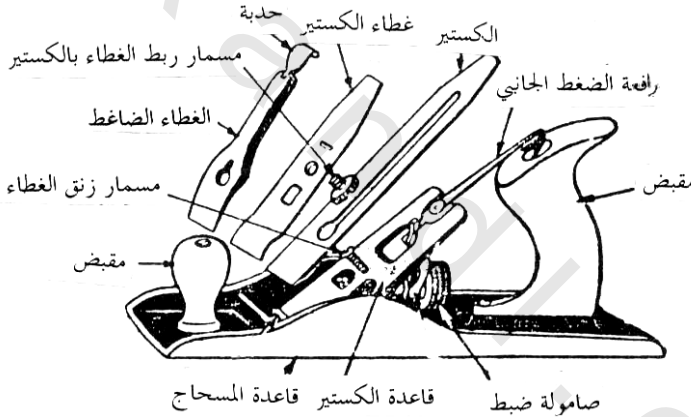


شكل ٨ - ٢٣

بعض أنواع الأزاميل والمظافر

المسحاج (الفارة) :

تستعمل المساحيج وماكينات سحج الأخشاب في تسوية الألواح والكتل الخشبية المختلفة ، كما تستعمل في الحصول على أسطح زاوية وجابية مضبوطة. يتكون المسحاج (الفارة) الموضحة بشكل ٨ - ٢٤ من جسم من الخشب الصلب ، ويوضع السلاح (الكستير) بداخل مجرى مائل ضيق ويثبت بواسطة غطاء خشبي . كما توجد أنواع أخرى من المساحيج مصنوع جميع أجزائها من حديد الصلب.



شكل ٨ - ٢٤

المسحاج .. (الفارة)

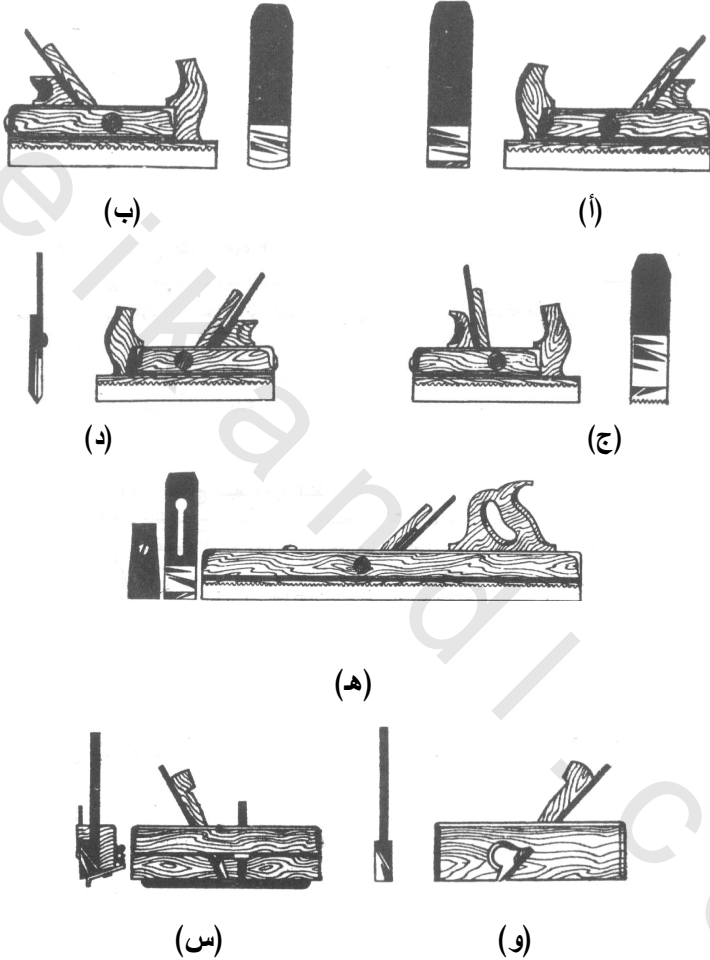
أنواع المساحيج اليدوية :

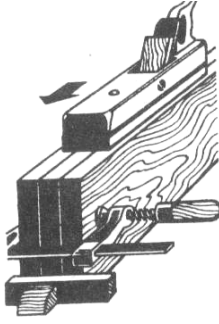
توجد أنواع وأشكال مختلفة من المساحيج (الفارات) . تتوقف أنواعها على تحديد زاوية الشفة والحد القاطع للسلاح (الكستير). تتراوح زاوية شفة الحد القاطع لسلاح المسحاج (سلاح الكستير) إلى ما بين

أساسيات هندسة الإنتاج

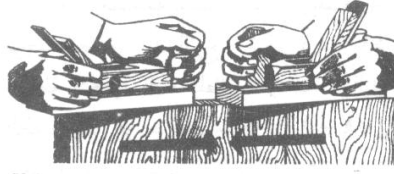
٢٥ ° . ٣٥ ° .. أى إنه كلما زادت زاوية الشفة .. كلما زاد طول الشطف عن المعتاد .. وبالتالي زاد مقدرة الحد القاطع على الكشط . هذا يعني إنه يتوقف إستخدام المسحاج على زاوية القطع وإتجاه السحج (إتجاه التسوية).

شكل ٨ - ٢٥ يوضح أكثر أنواع المساحيج إنتشاراً وإستخداماتها.





(ط)



(ح)

شكل ٨ - ٢٥

أنواع المساحيج المختلفة وإستخداماتها

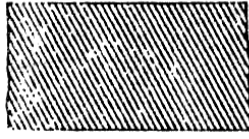
- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| (أ) مسحاج كشط بحد عدل. | (و) مفحار. |
| (ب) مسحاج كشط بحد محدب. | (س) مسحاج غنفاري. |
| (ج) مسحاج تمشيط. | (ح) طريقة تسوية الأسطح العمودية. |
| (د) مسحاج تمليس. | (ط) تسوية مجموعة من الألواح. |
| (هـ) مسحاج طويلة .. (الرابوه). | |

المبارد :

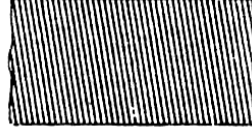
توجد أنواع وأحجام مختلفة من المبارد ، أهم أنواع المبارد المستخدمة في أعمال النجارة هي المبرد المبطن . نصف دائرة . الملفوف (ديل الفار) . والمثلث وعادة تكون أطوالها ما بين ٤ . ١٤ بوصة.

تستخدم المبارد لتنعيم الجوانب والمنحنيات الصغيرة التي يصعب الوصول إليها بالعدد الأخرى .

يتكون السطح القاطع للمبرد من أسنان بها خطوط متوازية مائلة بطول السطح . شكل ٨ - ٢٦ يوضح نماذج لأسنان قطع مفردة وأخرى مزدوجة.



(ب)



(أ)



(د)



(ج)



(هـ)

شكل ٨ - ٢٦

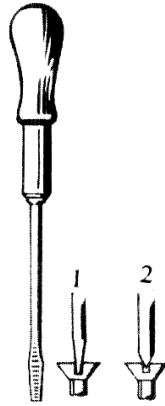
نماذج للأسنان القاطعة بالمبارد

المفكات :

يوجد المفك بأنواع وأحجام مختلفة ، تستعمل جميعها في عمليات ربط وفق المسامير.

للقاية ومنع حدوث إصابات ولزيادة الأمان عند استخدام المفكات المختلفة الأحجام ، فإنه يجب إتباع الإرشادات التالية :-

١. أن تكون جميع المفكات المستخدمة مزودة بمقابض محكمة بشكل ثابت ، بحيث تكون سليمة وأطرافها غير بالية أو غير مشقوقة كما هو موضح بشكل ٨ - ٢.
٢. يجب أن يكون طرف المفك يناسب شق رأس مسمار البريمة.



شكل ٨ - ٢٧

المفك

١. مفك بوضع صحيح .
٢. مفك بوضع خطأ .

الكماشة :

تستعمل الكماشة الموضحة بشكل ٨ - ٢٨ في نزع المسامير من الخشب.



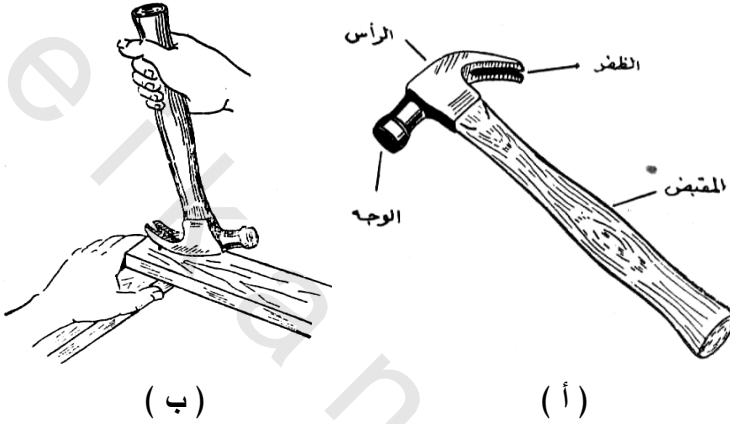
شكل ٨ - ٢٨

الكماشة

المطارق :

المطارق (الشواكوش) الموضح أحدها بشكل ٨ - ٢٩ (أ) هي العدة المناسبة لدق المسامير في الخشب . يفضل عند الطرق علي المسامير استخدام مطرقة ذات رأس مغناطيسي لتسهيل العمل وللمنع إصابة الأصابع .
عند نزع المسامير من الخشب .. يزلق ظفر المطرقة أسفل رأس المسمار ،

وتسحب اليد إلى أن تصير بزاوية 90^0 مع قطعة اللوح ، ولحماية الخشب فإنه يجب وضع قطعة رقيقة من الخشب أسفل رأس المطرقة لحماية اللوح الخشبي من ضغط رأس المطرقة عليه ، ثم ينزع المسامير كما هو موضح بشكل ٨ - ٢٩ (ب).
يجب المحافظة على نظافة وجه المطرقة لكفالة الطرق الآمن بها ، وينبغي أن يكون مقبضها مصنوع من مادة مقاومة للكسر ، وأن تثبت بالرأس بواسطة إسفين بحيث لا يكون الرأس سائبا أثناء الطرق .



شكل ٨ - ٢٩

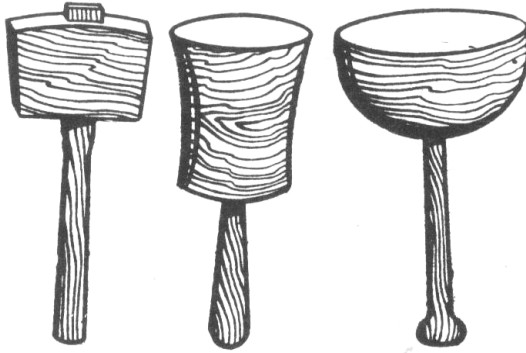
استخدام مطرقة بظفر في دق ونزع المسامير

(أ) مطرقة بظفر .

(ب) نزع المسامير باستخدام مطرقة بظفر .

الدقماق:

يوجد أشكال وأحجام مختلفة للدقماق الموضح بشكل ٨ - ٣٠ تستخدم جميعها في عمليات النقر والشق وغيرها من عمليات النجارة.



شكل ٨ - ٣٠

أنواع الدماق المستخدمة في عمليات النقر والشق

المرباط :

المرباط المعروفة في الوسط الفني باسم الزراجين أو القامطات الموضحة بشكل ٨ - ٣١ ، تستخدم في تثبيت أوضاع المشغولات أو ضغط أجزاء وضمها مع بعضها البعض أو كبسها ، لذلك يجب استخدامها بعناية بحيث لا تنساب أو تسقط من مجرد الإهتزازات .



شكل ٨ - ٣١

أنواع المرباط (الزراجين)

المصدات :

يجب المحافظة على نظافة المصدات (خوابير النضد) ، وللتحكم في مسك المشغولات المختلفة ، فإنه يجب دفع المصدات (الخوابير) في الفتحات الموجودة بالنضد ، بحيث يمكنها تثبيت المشغولات بشكل جيد في مواضعها في الوقت الذي

تكون فيه رؤوسها أسفل حافة المشغولة ، لتفادي تكون حواف حادة في المصدات ، كما يجب تخزين مصدات النضد لمسك المشغولات في جانب تزجة النجار ، لذلك يجب المحافظة على صلاحيتها وتركيبها بشكل صحيح لتفادي انزلاق المشغولات أو العدد .

المثاقب:

تفتح الثقوب أو تثقب في الخشب لوضع المسامير الحلزونية (البرمة) فيها وكذلك الكوالين ، أو لبدء النشر الداخلي وللزخرفة .
فيما يلي عرض أكثر أنواع المثاقب استخداماً .

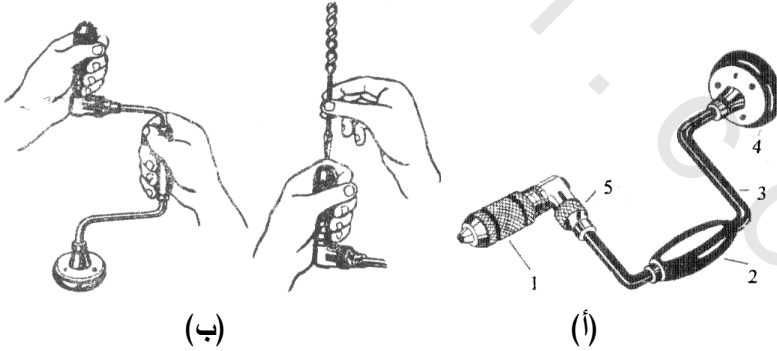
الملف :

يستعمل الملف الموضح بشكل ٨ - ٣٢ (أ) مع أى ثاقب (بنطة لها ساق مقطوعها مربع) .

هذا النوع من الملفات يحتوي على سقاطة تسمح للمقبض بالرجوع دون الحاجة لعكس حركة دوران الملف .

يوجد بظرف المثقاب فتحة مربعة يركب بها الساق المربعة للمثاقب (البنطة) كما هو موضح بشكل ٨ - ٣٢ (ب) .

يوصف مقاس الملف بمقدار نصف قطر دورانه.



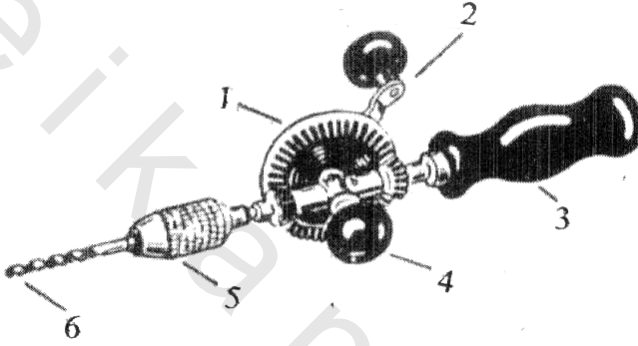
شكل ٨ - ٣٢

الملف اليدوي

- (أ) الملف اليدوي .
 (ب) طريقة تركيب الثاقب بالملف .
 ١. ظرف المثقاب .
 ٢. المقبض .
 ٣. إطار .
 ٤. ساند .
 ٥. ساقطة .

المثقاب اليدوي :

يستخدم المثقاب اليدوي الموضح بشكل ٨ - ٣٣ في عمل الثقوب ذات الأقطار الصغيرة التي لا تتجاوز ١٢ ملليمتر .



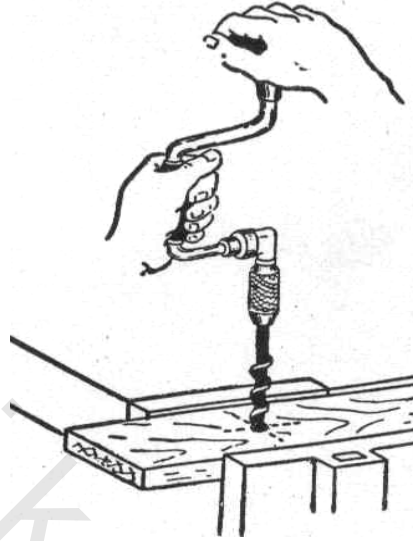
شكل ٨ - ٣٣

مثقاب يدوي

١. ترس السرعة .
 ٢. مرفق .
 ٣. مقبض .
 ٤. مقبض جانبي .
 ٥. ظرف المثقاب .
 ٦. ثاقب .. (بنطة) .

البريمة :

تتدرج أقطار البريمة من ١ / ١٦ إلى واحد بوصة . تستخدم عادة في عمل الثقوب المختلفة الأقطار ، وخاصة الثقوب ذات الأقطار الكبيرة كما هو موضح بشكل



شكل ٨ - ٣٤

فتح الثقوب بالبريمة

أدوات القياس والتخطيط :

يعتبر التخطيط والقياس الصحيح من أهم مراحل عمليات النجارة ، والتخطيط هو عبارة عن نقل الأبعاد الموجودة بالرسومات إلى المشغولات ، وقد يتسبب عدم الدقة في التخطيط والقياس إلى تلف المشغولات . لذلك يراعى نقل الأبعاد بدقة قبل البدء في عمليات التشغيل .

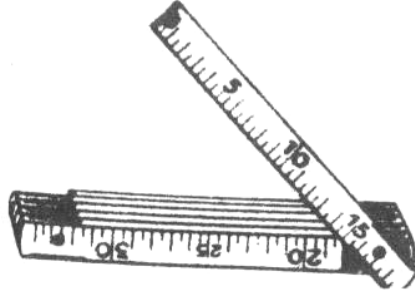
تتكون أدوات القياس والتخطيط من الآتي :-

١. مسطرة القياس ذات الوصلات :

مسطرة القياس ذات الوصلات شكل ٨ - ٣٥ تسمى بالمتر الخشبي ذو العقل ، ويعتبر من أهم أدوات القياس المستخدمة في عمليات النجارة .

تصنع وصلات مسطرة القياس من الخشب ، وتوصل وصلاتها مع بعضها البعض مفصلياً بمسامير برشام ، بحيث تسمح بفردا وطياها ، عادة يكون طولها متر واحد أو

متران ، مقسمة هذه الوصلات بالنظام المتري بالمليمترات من جهة وبالنظام الإنجليزي بالبوصات من الجهة الأخرى . دقة قياسها هو واحد ملليمتر .

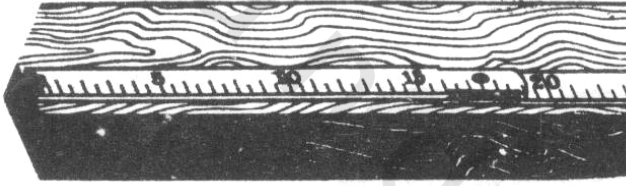


شكل ٨ - ٣٥

مسطرة القياس ذات الوصلات

٢. مسطرة القياس الطولية :

مسطرة القياس الطولية شكل ٨ - ٣٦ هي عبارة عن قضيب من الخشب الطولي المستقيم ، متوازي من كلا جانبيه ، مقطعه ٥٠×٢٤ ملليمتر ، وطوله من متر واحد إلى ٣ متر .. ويصل إلى ٥ متر . مقسم إلى سنتيمترات وملليمترات.

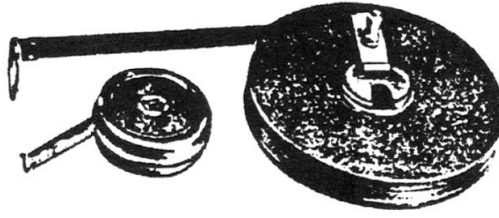


شكل ٨ - ٣٦

مسطرة القياس الطولية

٣. شريط القياس :

هو عبارة عن شريط من الصلب الرقيق أو الكتان ملفوف داخل علبة مستديرة شكل ٨ - ٣٧ ، يتراوح طوله من ١ متر . ٢٥ متر . يستخدم شريط القياس في قياس المسافات الطويلة ، مقسم بالنظامين المتري بالمليمترات والإنجليزي بالبوصات . وحدة تدريج ٠.٥ سم . يفضل النوع المصنوع من رقائق الصلب وذلك لعدم قابليته للاستطالة .



شكل ٨ - ٣٧

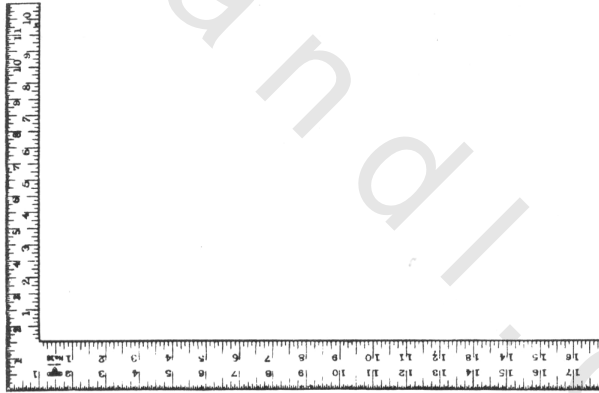
شريط القياس

٤. المعيار الخشبي (القداة) :

المعيار الخشبي يشبه مسطرة القياس ، إلا أنه غير مقسم . يستخدم في نقل المقاسات .

٥. الزاوية القائمة المعدنية :

تستخدم الزاوية القائمة المعدنية الموضحة بشكل ٨ - ٣٨ في قياس وتخطيط الزوايا القائمة لقطع الخشب الكبيرة .



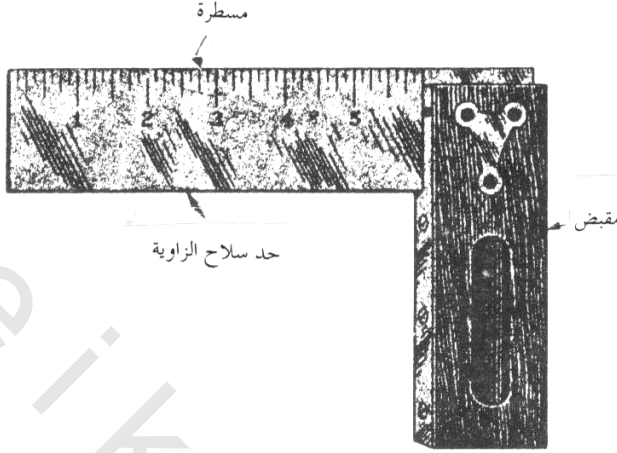
شكل ٨ - ٣٨

زاوية قائمة معدنية

٦. زاوية النجار القائمة :

تستخدم زاوية النجار القائمة الموضحة بشكل ٨ - ٣٩ (أ) في قياس وتخطيط الزوايا القائمة لقطع الخشب الصغيرة كما هو موضح بشكل ٨ - ٣٩ (ب) .

تصنع من الخشب أو الصلب ، يساعد ضلعها الخشبي (دليل الزاوية) على سهولة التخطيط ورسم الخطوط .



شكل ٨ - ٣٩

زاوية النجار القائمة

١. المقبض.

٢. حد السلاح.

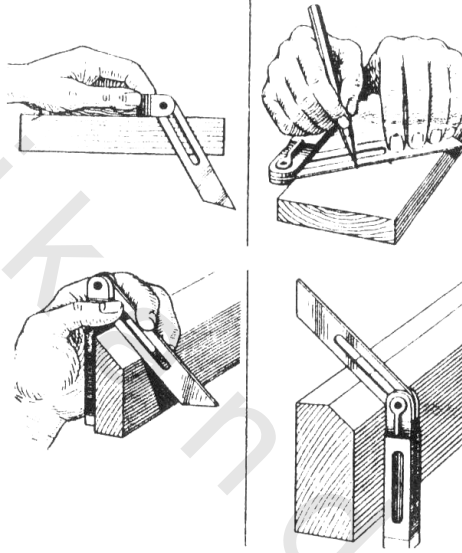
٣. المقاس.

٦. الزاوية المتحركة :

تتكون الزاوية المتحركة الموضحة بشكل ٨ - ٤٠ (أ) من مقبض خشبي ولسان من الصلب ومسمار تثبيت ، يمكن حركتها بأى زاوية ، لذلك فإنها تستخدم في تخطيط ونقل الزوايا المختلفة (الحادة والمنفرجة) كما هو موضح بشكل ٨ - ٤٠ (ب).



(أ)



(ب)

شكل ٨ - ٤٠

الزاوية المتحركة وإستخداماتها

(أ) زاوية متحركة.

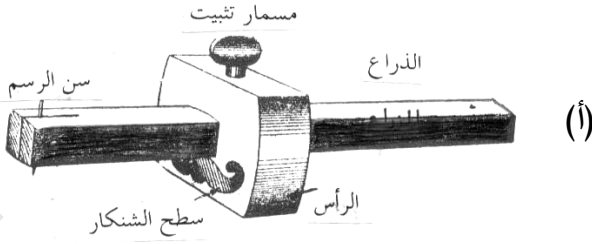
(ب) إستخدامات الزاوية المتحركة.

٧. الشنكار :

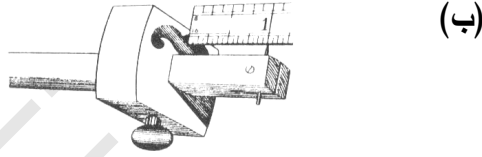
الشنكار الموضح بشكل ٨ - ٤١ (أ) ، يستعمل في رسم الخطوط الأفقية المتوازية لجوانب المشغولات.

شكل ٨ - ٤١ (ب ، ج) يوضحان طريقة ضبط الشنكار على القياس المطلوب وطريقة

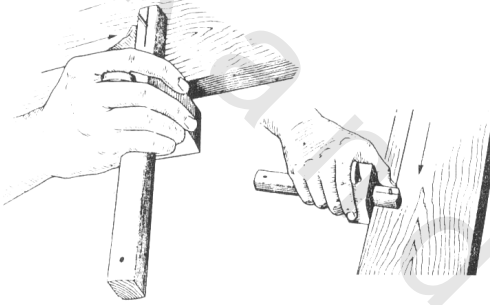
رسم الخطوط المتوازية لجانب مشغولة.



(أ)



(ب)



(ج)

شكل ٨ - ١

الشنكار

(أ) الشنكار.

(ب) طريقة ضبط الشنكار القياس المحدد.

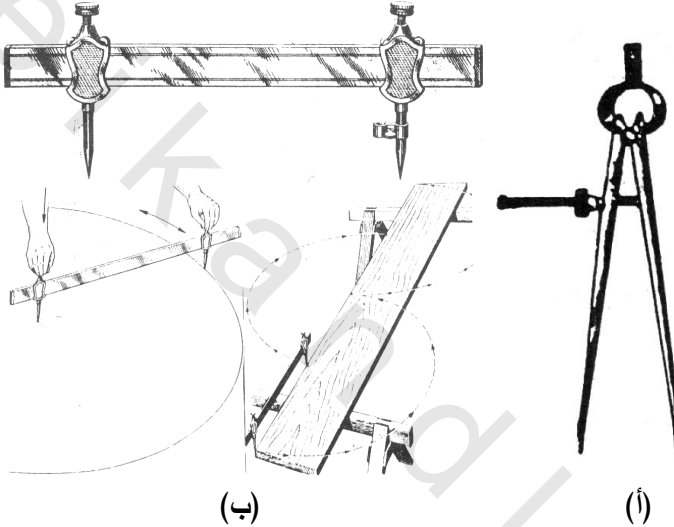
(ج) طريقة استعمال الشنكار.

٨. فرجار التقسيم :

فرجار التقسيم الموضح بشكل ٨ - ٢ (أ) يسمى بالوسط الفني بالبرجل العدل ، يصنع من الصلب المتوسط الصلادة ، ويتكون من ساقين مبطينين مستقيمين ينتهي

كل منهما بسن مدبب ، يحتوي رأس الفرجار على محور من الصلب الطري وورديتين أو أربعة ورد ، يثبت مسمار محوري داخل الثقبين الموجودين برأس الساقين ، بحيث يحتك إحتكاكاً ناعماً يسمح بحركة ضبط الفرجار ، أما الأنواع الكبيرة من هذا الفرجار الموضحة بشكل ٨ - ٤٢ (ب) فإننا تضبط ويتم إحكامها عن طريق مسمار ملولب يدوي .

يستعمل فرجار التقسيم الصغير وفرجار تقسيم الأبعاد الطويلة في تحديد ونقل الأبعاد وتقسيم الخطوط إلى أجزاء متساوية ، كما يستخدم في رسم الأقواس والدوائر .



شكل ٨ - ٤٢

فرجار التقسيم

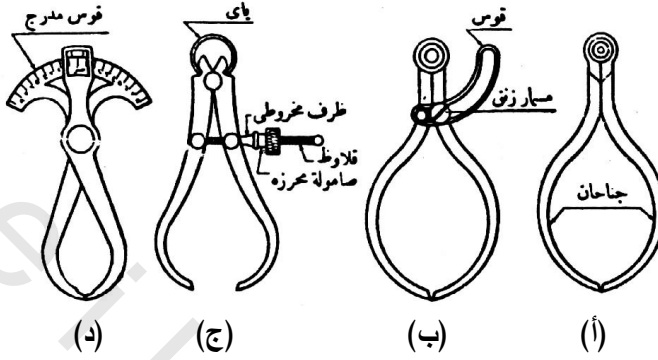
(أ) فرجار تقسيم صغير .

(ب) فرجار تقسيم الصغير وكبير ونماذج من إستخداماتهما .

٩. الفرجار الكروي :

الفرجار الكروي .. يسمى أيضا بفرجار القياس الخارجي ويعرف من ساقيه المنحنتين على شكل قوسي .

تصنع فراجير القياس الخارجية بتصميمات مختلفة كما هو موضح بشكل شكل ٨ - ٣ لتفي كافة الأغراض.



شكل ٨ - ٣

التصميمات المختلفة لفراجير القياس الخارجية

- (أ) فرجار القياس الخارجي البسيط ، من عيوبه إنه يفقد ضبط فتحته بسهولة.
- (ب) فرجار القياس الخارجي ذو القوس ، مزود بمسمار قلاووظ للتثبيت ، من عيوبه إنه يضبط بصعوبة.
- (ج) فرجار القياس الخارجي الدقيق ، مزود بنابض حلقي (ياي) spring وقلاووظ ذو سن دقيق يساعد على ضبط القياس بدقة كبيرة.
- (د) فرجار القياس الخارجي ذو القوس المدرج ، مزود بقوس مدرج يسمح بالحصول على القراءة المباشرة للقياس ، يتميز هذا الفرجار بإمكانية استخدامه للقياس الخارجي والداخلي.
- يستخدم فرجار القياس الخارجي لقياس ومراجعة الأقطار والأبعاد الخارجية للمشغولات المختلفة ، من خلال تلامس طرفا ساقيه على المشغولة المراد قياسها بلطف.

يراعى عند استخدام الفرجار أثناء استخدامه لقياس المشغولات أن يكون بشكل

عمودي على محور قطعة التشغيل.

يرفع الفرجار بلطف بعد إتمام عملية قياس القطر ، ويراجع القياس على قطعة نموذجية أو يستخدم القدم الصلب لمعرفة قيمة القياس.

١٠. شوكة العلام :

تستخدم شوكة العلام الموضحة بشكل ٨ - ٤٤ في رسم الخطوط ، وهي عبارة عن مخروط معدني قطره 4 إلى 6 ملليمتر وطوله يتراوح ما بين 150 . 200 ملليمتر .
يجلخ طرفيه بشكل مبسط كالسكين .

يستخدم طرفها المائل بزاوية ٩٠⁰ في رسم الخطوط التي أسفل من مستوى سطح قطعة الخشب.



شكل ٨ - ٤٤

شوكة العلام

الشروط التي يجب مراعاتها عند استخدام عدد النجارة اليدوية :

عند استخدام عدد النجارة اليدوية ، فإنه يجب مراعاة الشروط التالية :-

١. يجب أن تكون العدد مشحونة (مسنونة) جيداً ، وذلك لتخفيض الطاقة المطلوب بذلها إلى أدنى حد .

٢. التحكم الجيد بالجزء المراد تشغيله من قبل الفني .

٣. التخزين الآمن للعدد ، من خلال وضع أطرافها القاطعة في اتجاه واحد .

٤. التأكد من عدم إمكان سقوط العدد من النضد (التزجة) أو من دولااب العدد ، حيث يؤدي ذلك إلى إصابة الفني بالإضافة إلى تلف الحدود القاطعة للعدد .

٥. التنظيم وعدم إلقاء العدد والأجزاء الحادة والمسامير على الأرض ، حيث تؤدي ذلك

أساسيات هندسة الإنتاج

إلى إصابة قدم الفني بجروح بالغة.

معدات وماكينات النجارة الكهربائية

توجد معدات وماكينات نجارة كهربائية بأنواع وأشكال وأحجام مختلفة . تستخدم هذه المعدات والماكينات في عمليات النشر . التسوية . النقر . الحلية . الصنفرة وغيرها من عمليات النجارة المختلفة.

فيما يلي عرض لأكثر معدات وماكينات النجارة إنتشاراً.

معدات النشر الكهربائية :

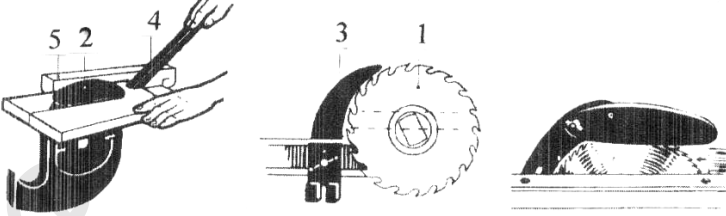
تستعمل المناشير الكهربائية المختلفة الأنواع والأشكال في قطع الخشب في حركة مستقيمة أو دائرية بالمقاس والشكل المطلوبين .

تعمل الحدود القاطع لسلاح المنشار (أسنان سلاح المنشار الصغيرة الحادة) على قطع ألياف الخشب من خلال الحركة الأمامية والخلفية ، ومن ثم تتطاير أجزاء الخشب الصغيرة المقطوعة على هيئة رايش من الفجوات الموجودة بين الأسنان ، ولمنع سلاح المنشار من الخنق (الحشر) أثناء عملية النشر ، فإنه يجب معالجة الأسنان بشحذها (سنها) وتفليجها (ثني أسنان سلاح المنشار واحدة إلى جهة اليمين والثانية إلى جهة اليسار بالتبادل وهكذا .

يتوقف النشر الجيد على استخدام نوع المنشار وعلى عدد الأسنان سلاحه ، وعلى تثبيت سلاح المنشار بالوضع الصحيح حتى يمكن استخدام المنشار بسهولة وأمان . توجد أنواع مختلفة من المناشير الكهربائية التي تتناسب مع جميع متطلبات أعمال النجارة . فيما يلي عرض لأكثر أنواع المناشير اليدوية إنتشاراً.

منشار الصينية الثابت :

يُثبت المنشار الصيني (منشار القرص الدائري) الموضح بشكل ٨ - ٤٥ على نضد ، يعمل على إنجاز عمليات نجارة واسعة ومتنوعة . تتشابه جميع المناشير الآلية التي تنتجها المصانع المختلفة من هذا النوع من حيث الأسس الفنية ، كما تعمل جميعها بطرق متشابهة . يعتبر هذا المنشار مناسب بصفة خاصة للنشر الطولي.



شكل ٨ - ٤٥

منشار دائري مثبت على نضد (تزجة) .

١. قرص المنشار الدائري .. (سلاح المنشار) .

٢. غطاء واقي .

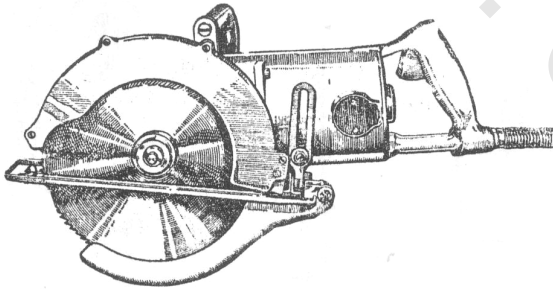
٣. إسفين شق .

٤. عصا دفع .

٥. قضيب دليلي

منشار الصينية اليدوي :

يستخدم منشار الصينية اليدوي (منشار القرص الدائري) الموضح بشكل ٨ - ٤٦ في النشر الطولي.

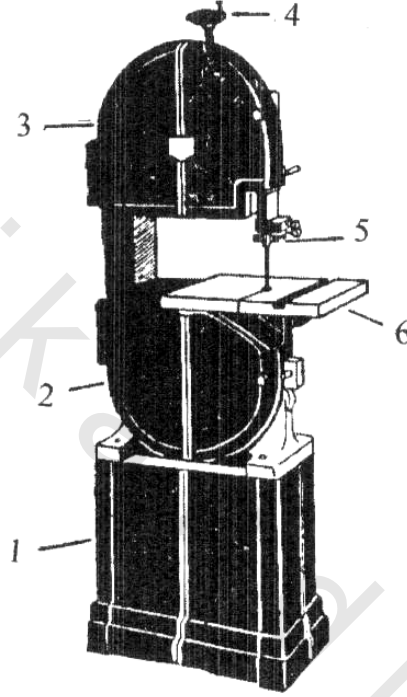


شكل ٨ - ٤٦

منشار الصينية اليدوي

منشار الشريط :

يعتبر منشار الشريط الموضح بشكل ٨ - ٤٧ من الماكينات الهامة والضرورية لأعمال النجارة المختلفة ، حيث يمكن استعماله للنشر المستوي المستقيم وكذلك النشر والقطع المنحني .



شكل ٨ - ٤٧

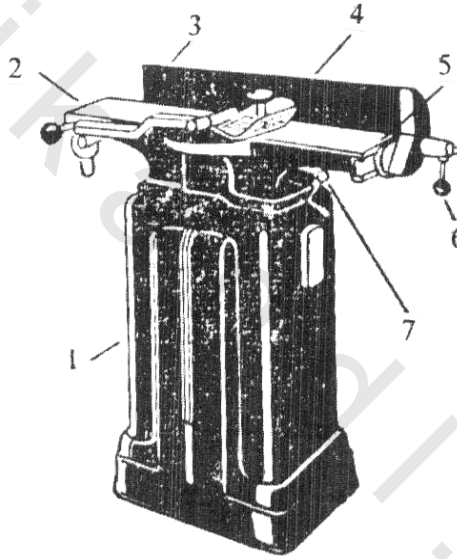
منشار الشريط

- ١ . قاعدة .
- ٢ . وقاء الطارة السفلي .
- ٣ . وقاء الطارة العلوي .
- ٤ . ضابط التوتر .
- ٥ . دليل .
- ٦ . صينية .

ماكينة الرابوه :

ماكينة الرابوه الموضحة بشكل ٨ - ٤٨ من الماكينات التي تدار بالقوة المحركة لتؤدي عمل المسحاة (الفارة اليدوية) .

تستخدم ماكينة الرابوه في القشط والتسوية (المسح) ، كما تستخدم في إنجاز العمليات المختلفة الأخرى بالإضافة إلى عملية القشط والتسوية (المسح) ، حيث يمكن للعامل ذو الخبرة أو الفني المدرب أداء العديد من العمليات عليها مثل عمليات الإفريز . السلبة . الشطف . كسر السوك الغير النافذة . الحليات .. ولكن لا يمكن للمبتدئين القيام بمثل هذه العمليات عليها .



شكل ٨ - ٤٨

ماكينة الرابوه

- ١ . قاعدة .
- ٢ . صينية خلفية .
- ٣ . سياج .
- ٤ . وقاء .
- ٥ . صينية أمامية .

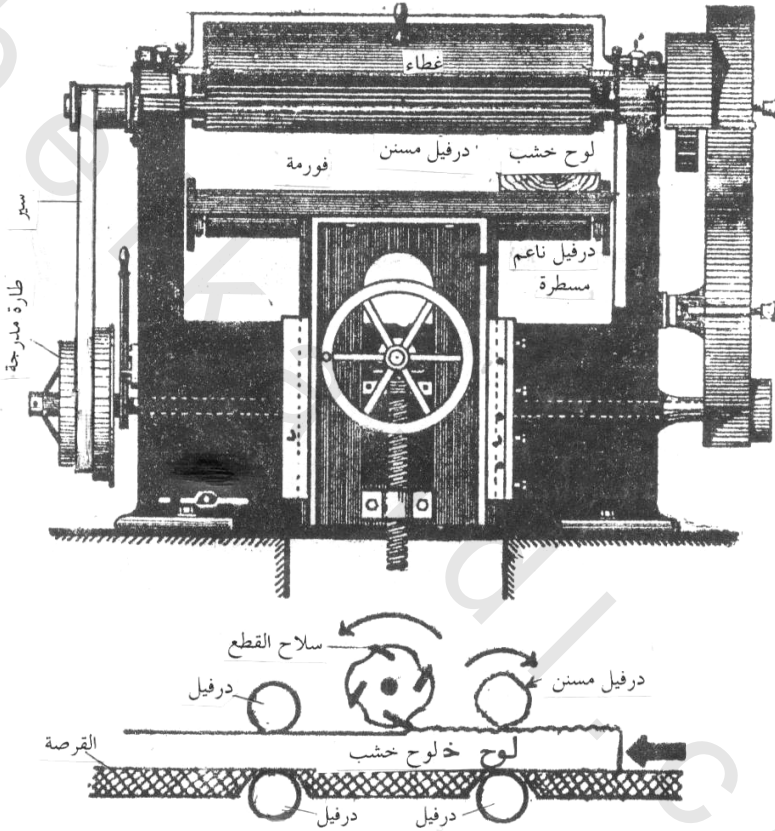
أساسيات هندسة الإنتاج

٦. ضابط السياج.

٧. ضابط الصيمية.

ماكينة التخانة :

ماكينة التخانة الموضحة بشكل ٨ - ٩ تعمل على ضبط سمك القطع الخشبية حسب المقاس المطلوب ، بالإضافة إلى عملية التسوية (المسح).

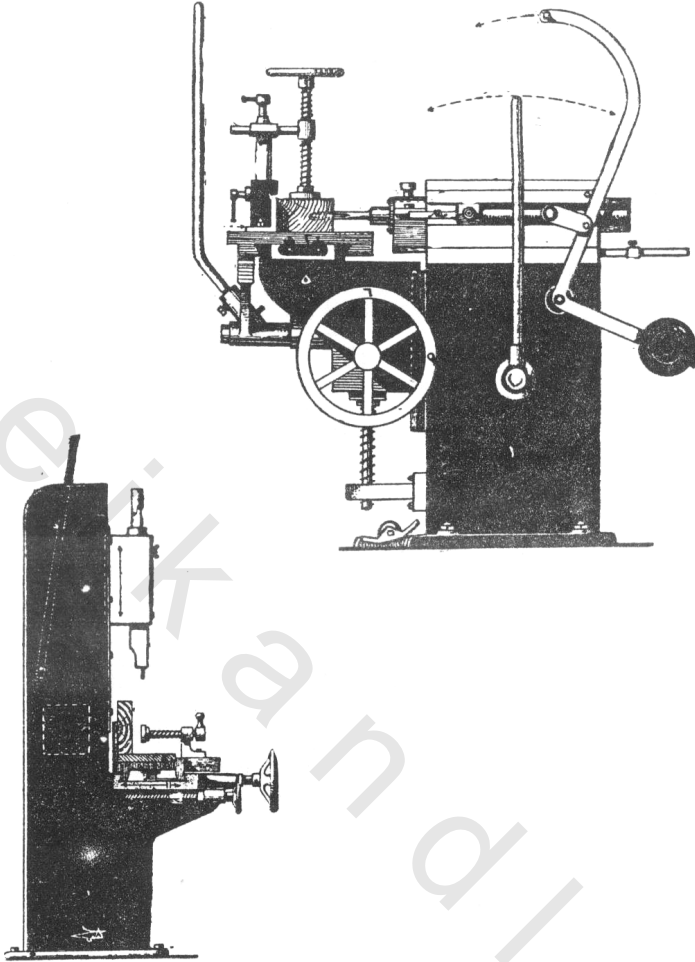


شكل ٨ - ٩

ماكينة التخانة

ماكينة النقر:

توجد ماكينات نقر أفقية كما توجد ماكينات نقر رأسية كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٠ ، تستعمل هذه الماكينات في عمل النقر لإستخدامه في عمل الوصلات الخشبية.

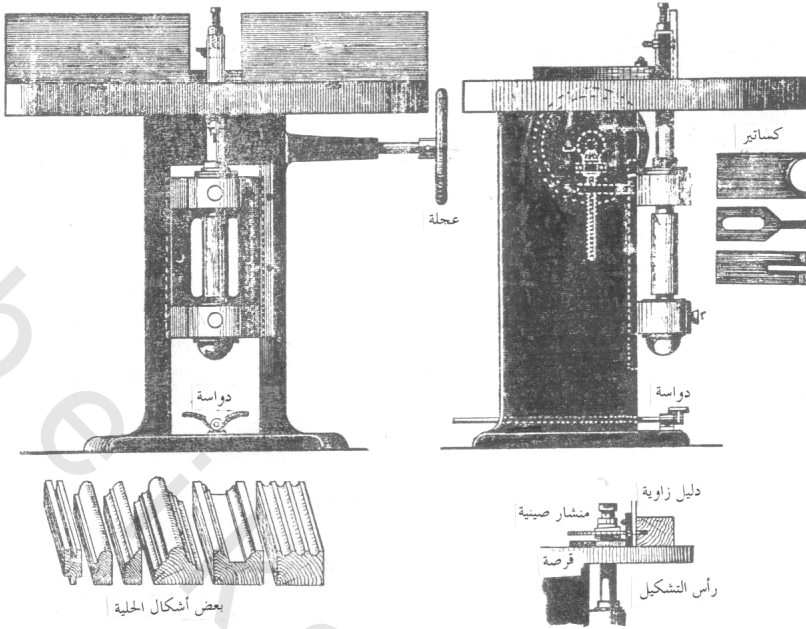


شكل ٨ - ٥٠

ماكينات النقر الأفقية والرأسية

ماكينة الحلية:

تستخدم ماكينات الحلية في عمل الحلية بالقطع الخشبية . تستعمل لعمل الحلية المطلوبة سكاكين ذات أشكال جانبية خاصة .. حسب الشكل المطلوب للحلية.
شكل ٨ - ٥١ يوضح ماكينة حلية وبعض الأشكال المنتجة منها

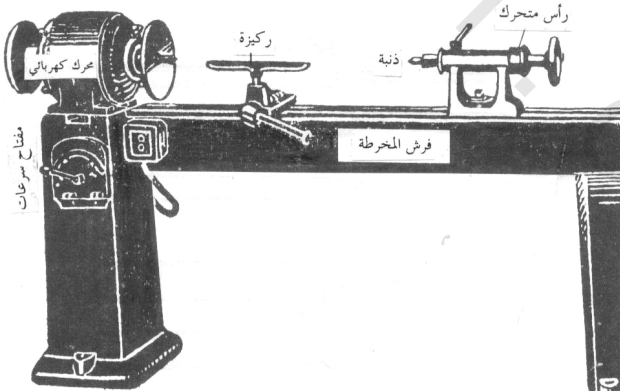


شكل ٨ - ٥١

ماكينة الحلية وبعض الأشكال المنتجة منها

مخرطة الخشب:

صممت مخرطة الخشب الموضحة بشكل ٨ - ٥٢ لخرط القطع الخشبية فقط .. وذلك بالاستعانة بعدد يدوية.

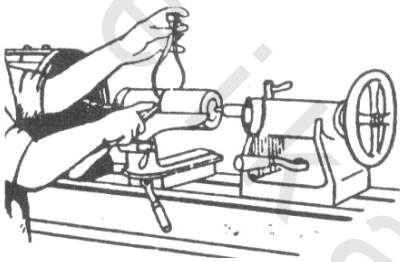


شكل ٨ - ٥٢

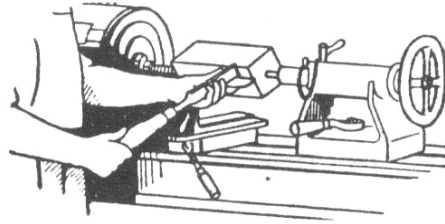
مخرطة الخشب

تستخدم الأزاميل المختلفة الأشكال والأحجام في خراط القطع الخشبية المختلفة الأحجام ، حيث تعمل اليد اليمنى للفني على مسك مقبض الأزميل ، وتعمل اليد اليسرى كدليل لتوجيه العدة الفاطعة (الأزميل) ، كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٣ وذلك لخراط المشغولات بالأشكال المطلوبة.

يستعان بالفرجار (البرجل) الكروي لتحديد الأقطار المطلوب تشغيلها حسب المقاسات المحددة المطلوبة.



(ب)



(أ)

شكل ٨ - ٥٣

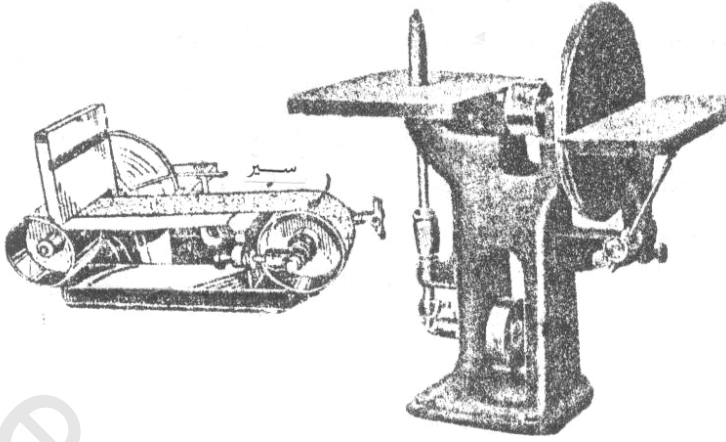
عمليات الخراط والقياس

(أ) خراط قطعة خشبية بالأزميل.

(ب) قياس القطر الخارجي باستخدام الفرجار الكروي.

ماكينة الصنفرة:

توجد ماكينة الصنفرة القرصية ، كما توجد ماكينة الصنفرة ذات الشريط الموضحان بشكل ٨ - ٥٤ . تستخدم ماكينات الصنفرة بصفة عامة في تشطيب وتنعيم أسطح المشغولات الخشبية.



شكل ٨ - ٥٤

ماكينات الصنفرة القرصية وذات الشريط

الوصلات الخشبية

تتكون المنتجات الخشبية في أغلب الأحيان من العديد من القطع التي تجمع مع بعضها البعض من خلال وصلات (تعاشيق) ، حيث توجد وصلات مختلفة ومتعددة . تستخدم الوصلة المناسبة (التعشيق المناسبة) حسب أبعاد القطع الخشبية المراد وصلها ومكانها ومقدار الأحمال التي تتلقاها.

فيما يلي عرض لأكثر أنواع الوصلات الخشبية إنتشاراً.

١. وصلة بالغراء :

يتم الوصل بهذه الطريقة بالغراء كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٥ ، وذلك بعد مسح وتسوية أماكن الوصل والتأكد من تطابقهما جيداً . تعتبر هذه الوصلة من الوصلات الضعيفة.

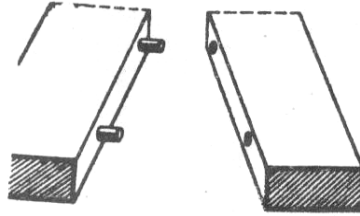


شكل ٨ - ٥٥

وصلة بالغراء

٢. وصلة الدسرة :

يتم الوصل بهذه الطريقة من خلال ثقب الجانبين وتثبيت محورين إسطوانيين من الخشب يتناسب أقطارهما مع أقطار الثقوب كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٦ ، ثم يلصق الجانبين بالغراء.

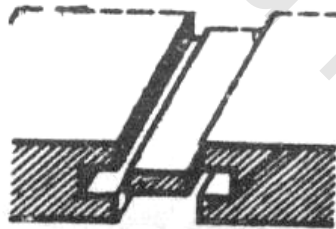


شكل ٨ - ٥٦

وصلة بدسرة

٣. وصلة بلسان خارجي :

يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل مجرى طولية بالجانبين المراد وصلهما ، وتركيب وصلة خارجية يتناسب أبعادها مع أبعاد المجرى من كلا الجانبين ، ثم يلصق الجانبين بالغراء كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٧.



شكل ٨ - ٥٧

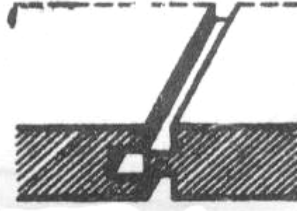
وصلة بلسان خارجي

٤. وصلة بلسان ومجرى :

يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل مجرى طولية بإحدى الجانبين المراد وصلهما ، والجانب الآخر يعمل له لسان ، بحيث يتناسب أبعاد اللسان مع أبعاد المجرى ، ثم يلصق

أساسيات هندسة الإنتاج

الجانبين بالغراء كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٨ .

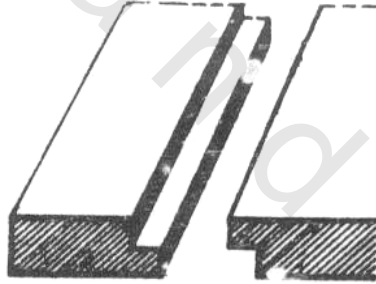


شكل ٨ - ٥٨

وصلة بلسان ومجرى

٥. وصلة نصف علي نصف :

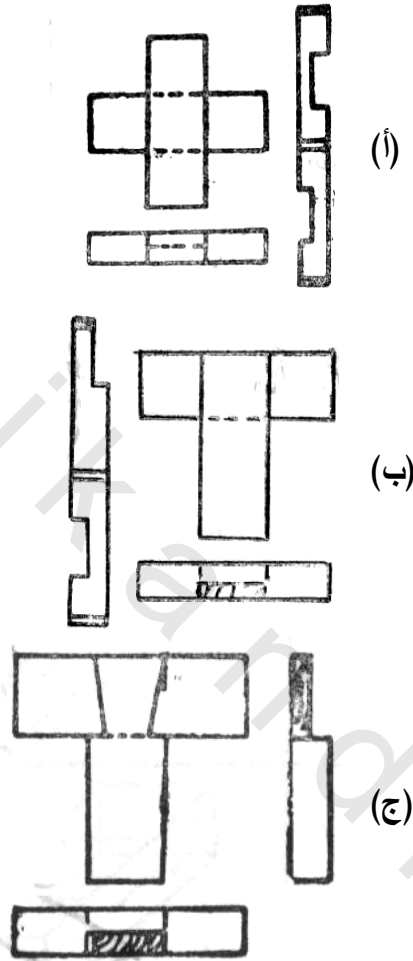
يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل إفريز بكلا الجانبين المراد وصلهما ، بحيث يكون عرض الإفريز مساوياً لنصف سمك اللوح كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٩ ، ثم يلصق الجانبين بالغراء أو تثبت الوصلة بالمسامير .



شكل ٨ - ٥٩

وصلة نصف على نصف

يمكن أن تكون الوصلة (نصف على نصف) متعامدة كما هو موضح بشكل ٨ - ٦٠ (أ) ، أو تكون وصلة على شكل حرف T كما هو موضح بشكل ٨ - ٦ (ب) ، أو تكون وصلة (نصف على نصف) غنقاري كما هو موضح بشكل ٨ - ٦٠ (ج) .



شكل ٨ - ٦٠

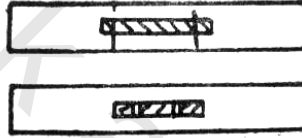
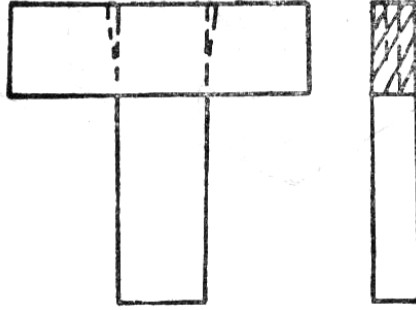
أنواع مختلفة من الوصلات نصف على نصف

- (أ) وصلة نصف على نصف متعامدة.
- (ب) وصلة نصف على نصف حرف T.
- (ج) وصلة نصف على نصف غنقاري.

٥. وصلة النقر واللسان :

أساسيات هندسة الإنتاج

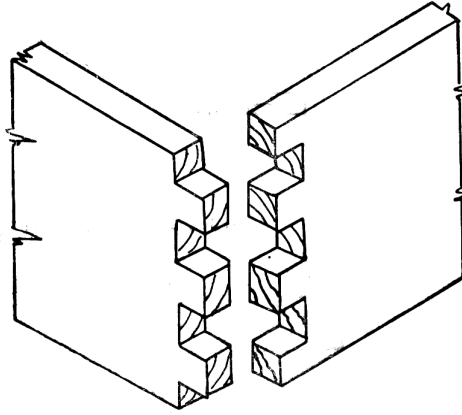
يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل تفريغ بالنقر من أحد الجانبين المراد وصلهما ، وعمل لسان بالجانب الآخر كما هو موضح بشكل ٨ - ٦١ ، ثم يلصق الجانبين بالغراء.



شكل ٨ - ٦١
وصلة بلسان ونقر

٦. وصلة بلسان ونقر غنفاري :

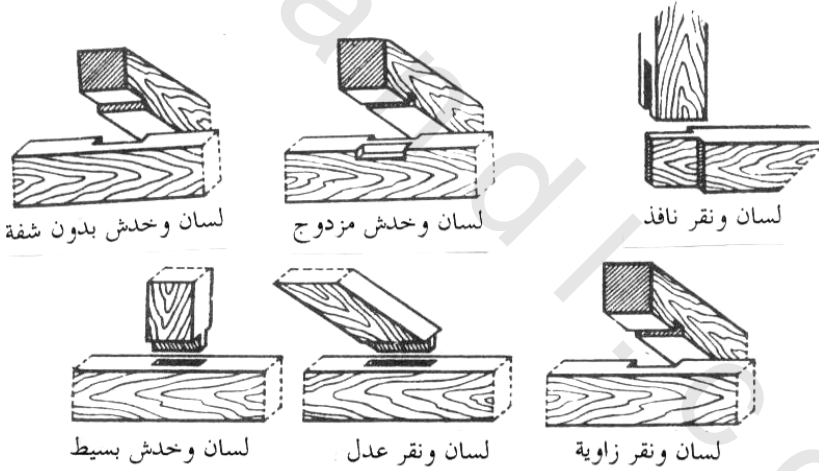
يتم الوصلات الركنية الموضحة بشكل ٨ - ٦٢ بواسطة عمل لسان والنقر أو الغنفاري والنقر ، يتم ذلك إما يدويا أو بالماكينة ، ثم يلصق الجانبين بالغراء.

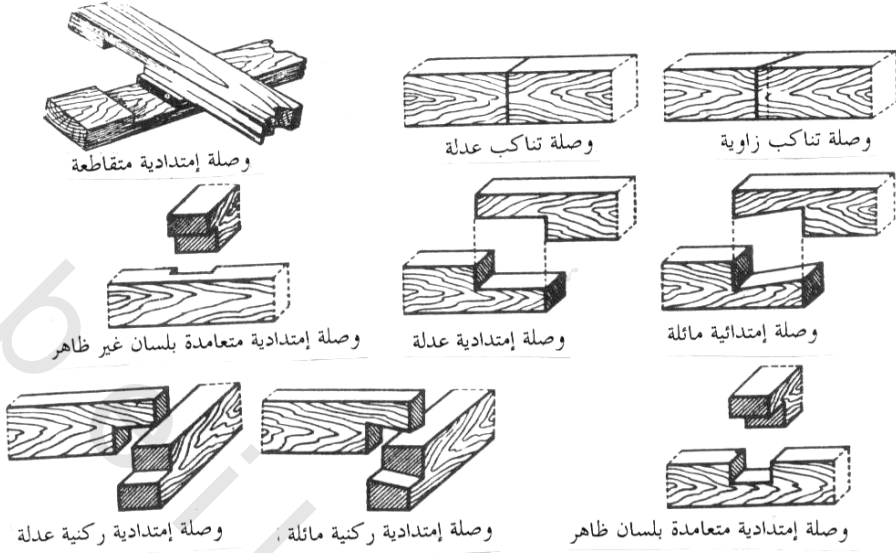


شكل ٨ - ٦٢

وصلة بلسان ونقر غنفاري

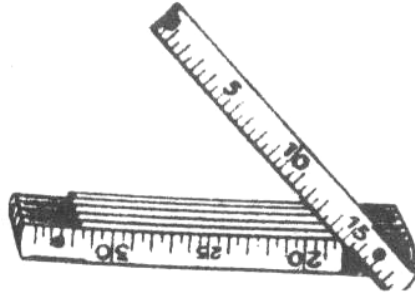
شكل ٨ - ٦٣ يوضح وصلات (الأعتاب) الكمرات المختلفة المستخدمة بكثرة في أعمال النجارة.





شكل ٨ - ٦٣

وص لات الأعتاب .. (الكمرات)

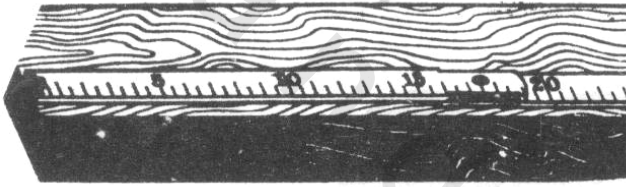


شكل ٨ - ٣٥

مسطرة القياس ذات الوصلات

٢. مسطرة القياس الطولية :

مسطرة القياس الطولية شكل ٨ - ٣٦ هي عبارة عن قضيب من الخشب الطولي المستقيم ، متوازي من كلا جانبيه ، مقطعه ٥٠×٢٤ ملليمتر ، وطوله من متر واحد إلى ٣ متر .. ويصل إلى ٥ متر . مقسم إلى سنتيمترات وملليمترات.

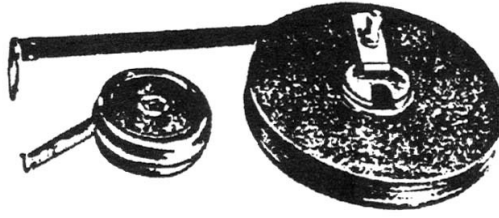


شكل ٨ - ٣٦

مسطرة القياس الطولية

٣. شريط القياس :

هو عبارة عن شريط من الصلب الرقيق أو الكتان ملفوف داخل علبة مستديرة شكل ٨ - ٣٧ ، يتراوح طوله من ١ متر . ٢٥ متر . يستخدم شريط القياس في قياس المسافات الطويلة ، مقسم بالنظامين المتري بالمليمترات والإنجليزي بالبوصات . وحدة تدريج ٠.٥ سم . يفضل النوع المصنوع من رقائق الصلب وذلك لعدم قابليته للاستطالة .



شكل ٨ - ٣٧

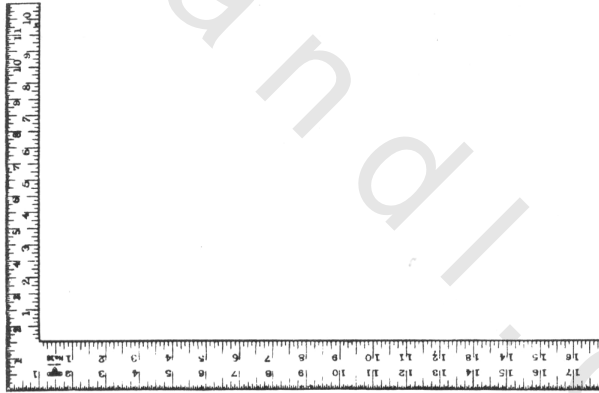
شريط القياس

٤. المعيار الخشبي (القداة) :

المعيار الخشبي يشبه مسطرة القياس ، إلا أنه غير مقسم . يستخدم في نقل المقاسات .

٥. الزاوية القائمة المعدنية :

تستخدم الزاوية القائمة المعدنية الموضحة بشكل ٨ - ٣٨ في قياس وتخطيط الزوايا القائمة لقطع الخشب الكبيرة .



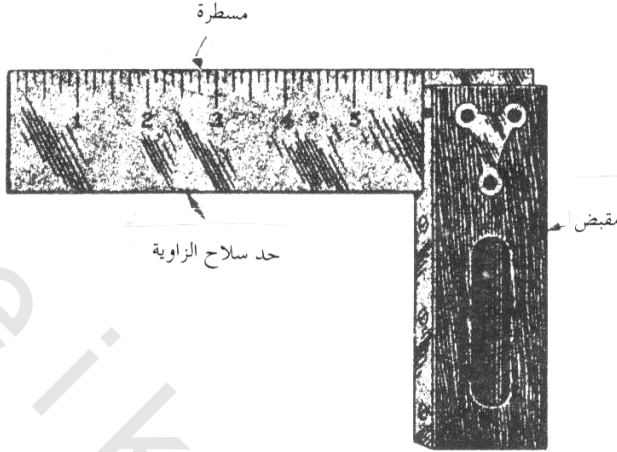
شكل ٨ - ٣٨

زاوية قائمة معدنية

٦. زاوية النجار القائمة :

تستخدم زاوية النجار القائمة الموضحة بشكل ٨ - ٣٩ (أ) في قياس وتخطيط الزوايا القائمة لقطع الخشب الصغيرة كما هو موضح بشكل ٨ - ٣٩ (ب) .

تصنع من الخشب أو الصلب ، يساعد ضلعها الخشبي (دليل الزاوية) على سهولة التخطيط ورسم الخطوط .



شكل ٨ - ٣٩

زاوية النجار القائمة

١. المقبض.

٢. حد السلاح.

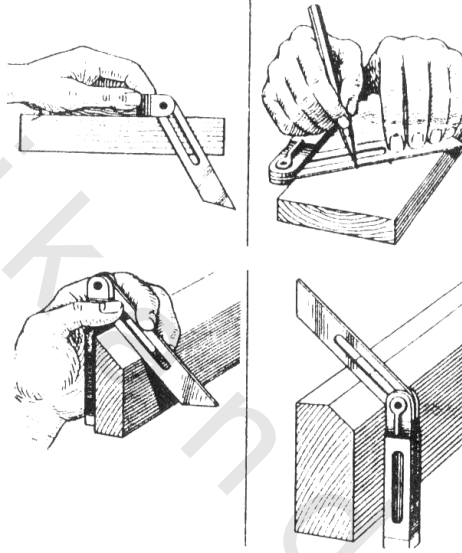
٣. المقاس.

٦. الزاوية المتحركة :

تتكون الزاوية المتحركة الموضحة بشكل ٨ - ٤٠ (أ) من مقبض خشبي ولسان من الصلب ومسمار تثبيت ، يمكن حركتها بأى زاوية ، لذلك فإنها تستخدم في تخطيط ونقل الزوايا المختلفة (الحادة والمنفرجة) كما هو موضح بشكل ٨ - ٤٠ (ب).



(أ)



(ب)

شكل ٨ - ٤٠

الزاوية المتحركة وإستخداماتها

(أ) زاوية متحركة.

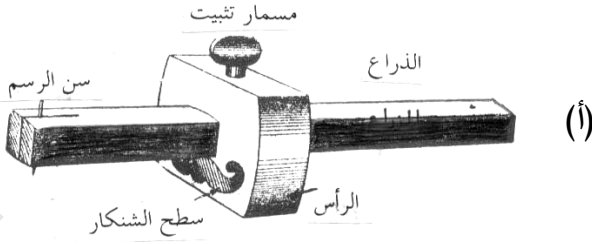
(ب) إستخدامات الزاوية المتحركة.

٧. الشنكار :

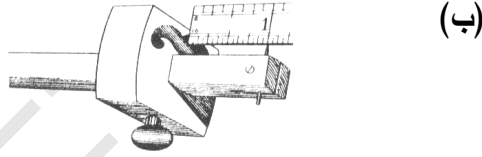
الشنكار الموضح بشكل ٨ - ٤١ (أ) ، يستعمل في رسم الخطوط الأفقية المتوازية لجوانب المشغولات.

شكل ٨ - ٤١ (ب ، ج) يوضحان طريقة ضبط الشنكار على القياس المطلوب وطريقة

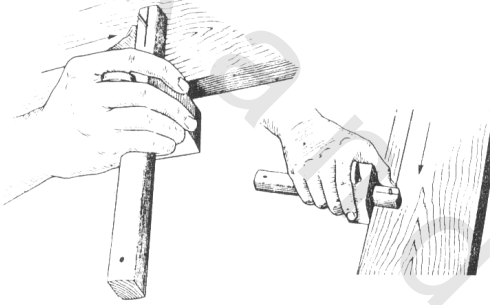
رسم الخطوط المتوازية لجانب مشغولة.



(أ)



(ب)



(ج)

شكل ٨ - ١

الشنكار

(أ) الشنكار.

(ب) طريقة ضبط الشنكار القياس المحدد.

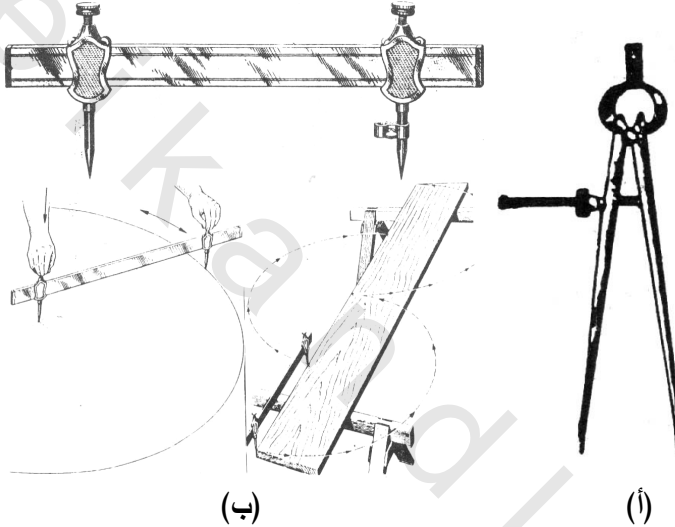
(ج) طريقة استعمال الشنكار.

٨. فرجار التقسيم :

فرجار التقسيم الموضح بشكل ٨ - ٢ (أ) يسمى بالوسط الفني بالبرجل العدل ، يصنع من الصلب المتوسط الصلادة ، ويتكون من ساقين مبططين مستقيمين ينتهي

كل منهما بسن مدبب ، يحتوي رأس الفرجار على محور من الصلب الطري ووردين أو أربعة ورد ، يثبت مسمار محوري داخل الثقبين الموجودين برأس الساقين ، بحيث يحتك إحتكاكاً ناعماً يسمح بحركة ضبط الفرجار ، أما الأنواع الكبيرة من هذا الفرجار الموضحة بشكل ٨ - ٤٢ (ب) فإننا تضبط ويتم إحكامها عن طريق مسمار ملول يدوي .

يستعمل فرجار التقسيم الصغير وفرجار تقسيم الأبعاد الطويلة في تحديد ونقل الأبعاد وتقسيم الخطوط إلى أجزاء متساوية ، كما يستخدم في رسم الأقواس والدوائر .



شكل ٨ - ٤٢

فرجار التقسيم

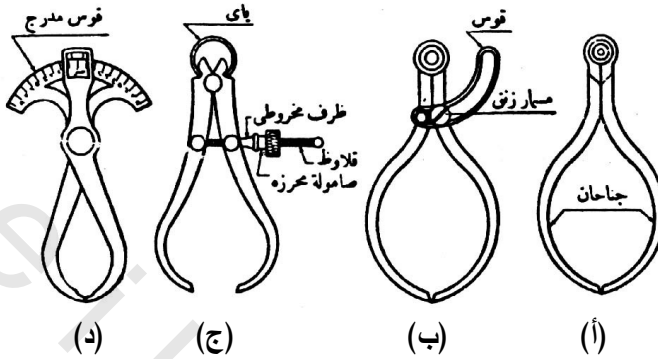
(أ) فرجار تقسيم صغير .

(ب) فرجار تقسيم الصغير وكبير ونماذج من إستخداماتهما .

٩. الفرجار الكروي :

الفرجار الكروي .. يسمى أيضا بفرجار القياس الخارجي ويعرف من ساقيه المنحنتين على شكل قوسي .

تصنع فراجير القياس الخارجية بتصميمات مختلفة كما هو موضح بشكل شكل ٨ - ٣ لتفي كافة الأغراض.



شكل ٨ - ٣

التصميمات المختلفة لفراجير القياس الخارجية

- (أ) فرجار القياس الخارجي البسيط ، من عيوبه إنه يفقد ضبط فتحته بسهولة.
- (ب) فرجار القياس الخارجي ذو القوس ، مزود بمسمار قلاووظ للتثبيت ، من عيوبه إنه يضبط بصعوبة.
- (ج) فرجار القياس الخارجي الدقيق ، مزود بنابض حلقي (ياي) spring وقلاووظ ذو سن دقيق يساعد على ضبط القياس بدقة كبيرة.
- (د) فرجار القياس الخارجي ذو القوس المدرج ، مزود بقوس مدرج يسمح بالحصول على القراءة المباشرة للقياس ، يتميز هذا الفرجار بإمكانية استخدامه للقياس الخارجي والداخلي.
- يستخدم فرجار القياس الخارجي لقياس ومراجعة الأقطار والأبعاد الخارجية للمشغولات المختلفة ، من خلال تلامس طرفا ساقيه على المشغولة المراد قياسها بلطف.

يراعى عند استخدام الفرجار أثناء استخدامه لقياس المشغولات أن يكون بشكل

عمودي على محور قطعة التشغيل.

يرفع الفرجار بلطف بعد إتمام عملية قياس القطر ، ويراجع القياس على قطعة نموذجية أو يستخدم القدم الصلب لمعرفة قيمة القياس.

١٠. شوكة العلام :

تستخدم شوكة العلام الموضحة بشكل ٨ - ٤٤ في رسم الخطوط ، وهي عبارة عن مخروط معدني قطره 4 إلى 6 ملليمتر وطوله يتراوح ما بين 150 . 200 ملليمتر .
يجلخ طرفيه بشكل مبسط كالسكين .

يستخدم طرفها المائل بزاوية ٩٠⁰ في رسم الخطوط التي أسفل من مستوى سطح قطعة الخشب.



شكل ٨ - ٤٤

شوكة العلام

الشروط التي يجب مراعاتها عند استخدام عدد النجارة اليدوية :

عند استخدام عدد النجارة اليدوية ، فإنه يجب مراعاة الشروط التالية :-

١. يجب أن تكون العدد مشحونة (مسنونة) جيداً ، وذلك لتخفيض الطاقة المطلوب بذلها إلى أدنى حد .

٢. التحكم الجيد بالجزء المراد تشغيله من قبل الفني .

٣. التخزين الآمن للعدد ، من خلال وضع أطرافها القاطعة في اتجاه واحد .

٤. التأكد من عدم إمكان سقوط العدد من النضد (التزجة) أو من دولااب العدد ، حيث يؤدي ذلك إلى إصابة الفني بالإضافة إلى تلف الحدود القاطعة للعدد .

٥. التنظيم وعدم إلقاء العدد والأجزاء الحادة والمسامير على الأرض ، حيث تؤدي ذلك

أساسيات هندسة الإنتاج

إلى إصابة قدم الفني بجروح بالغة.

معدات وماكينات النجارة الكهربائية

توجد معدات وماكينات نجارة كهربائية بأنواع وأشكال وأحجام مختلفة . تستخدم هذه المعدات والماكينات في عمليات النشر . التسوية . النقر . الحلية . الصنفرة وغيرها من عمليات النجارة المختلفة.

فيما يلي عرض لأكثر معدات وماكينات النجارة إنتشاراً.

معدات النشر الكهربائية :

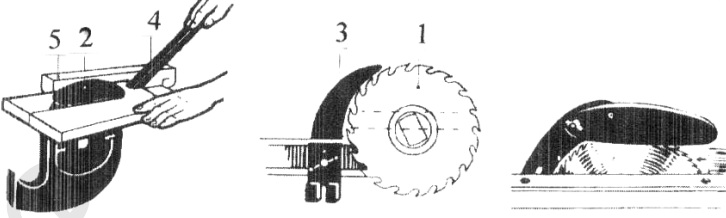
تستعمل المناشير الكهربائية المختلفة الأنواع والأشكال في قطع الخشب في حركة مستقيمة أو دائرية بالمقاس والشكل المطلوبين .

تعمل الحدود القاطع لسلاح المنشار (أسنان سلاح المنشار الصغيرة الحادة) على قطع ألياف الخشب من خلال الحركة الأمامية والخلفية ، ومن ثم تتطاير أجزاء الخشب الصغيرة المقطوعة على هيئة رايش من الفجوات الموجودة بين الأسنان ، ولمنع سلاح المنشار من الخنق (الحشر) أثناء عملية النشر ، فإنه يجب معالجة الأسنان بشحذها (سنها) وتفليجها (ثني أسنان سلاح المنشار واحدة إلى جهة اليمين والثانية إلى جهة اليسار بالتبادل وهكذا .

يتوقف النشر الجيد على استخدام نوع المنشار وعلى عدد الأسنان سلاحه ، وعلى تثبيت سلاح المنشار بالوضع الصحيح حتى يمكن استخدام المنشار بسهولة وأمان . توجد أنواع مختلفة من المناشير الكهربائية التي تتناسب مع جميع متطلبات أعمال النجارة . فيما يلي عرض لأكثر أنواع المناشير اليدوية إنتشاراً.

منشار الصينية الثابت :

يثبت المنشار الصينية (منشار القرص الدائري) الموضح بشكل ٨ - ٤٥ على نضد ، يعمل على إنجاز عمليات نجارة واسعة ومتنوعة . تتشابه جميع المناشير الآلية التي تنتجها المصانع المختلفة من هذا النوع من حيث الأسس الفنية ، كما تعمل جميعها بطرق متشابهة . يعتبر هذا المنشار مناسب بصفة خاصة للنشر الطولي.



شكل ٨ - ٤٥

منشار دائري مثبت على نضد (تزجة) .

١. قرص المنشار الدائري .. (سلاح المنشار) .

٢. غطاء واقي .

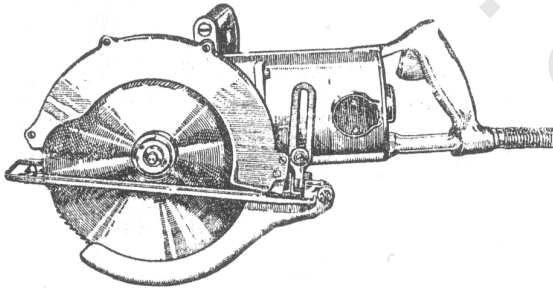
٣. إسفين شق .

٤. عصا دفع .

٥. قضيب دليلي

منشار الصينية اليدوي :

يستخدم منشار الصينية اليدوي (منشار القرص الدائري) الموضح بشكل ٨ - ٤٦ في النشر الطولي.

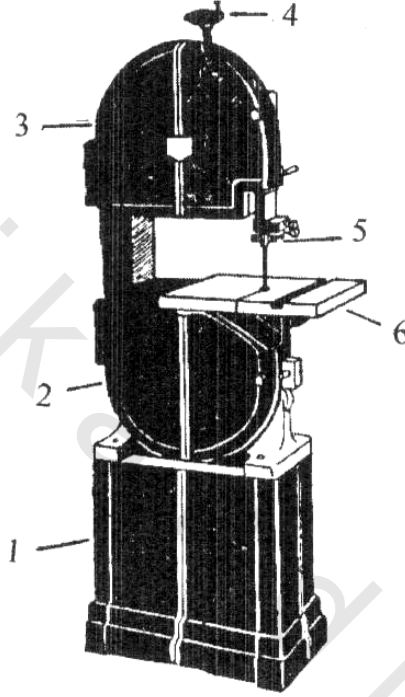


شكل ٨ - ٤٦

منشار الصينية اليدوي

منشار الشريط :

يعتبر منشار الشريط الموضح بشكل ٨ - ٧ من الماكينات الهامة والضرورية لأعمال النجارة المختلفة ، حيث يمكن استعماله للنشر المستوي المستقيم وكذلك النشر والقطع المنحني .



شكل ٨ - ٧

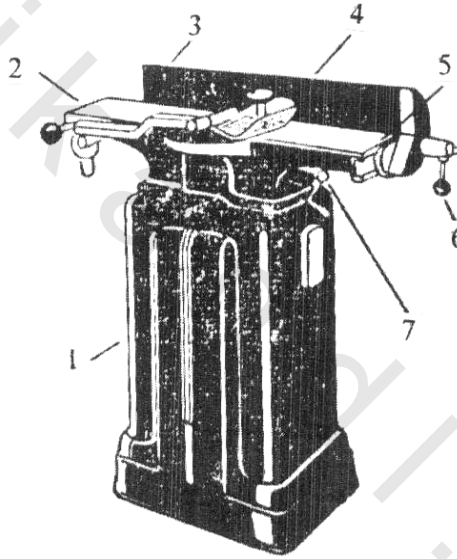
منشار الشريط

- ١ . قاعدة .
- ٢ . وقاء الطارة السفلي .
- ٣ . وقاء الطارة العلوي .
- ٤ . ضابط التوتر .
- ٥ . دليل .
- ٦ . صينية .

ماكينة الرابوه :

ماكينة الرابوه الموضحة بشكل ٨ - ٤٨ من الماكينات التي تدار بالقوة المحركة لتؤدي عمل المسحاة (الفارة اليدوية) .

تستخدم ماكينة الرابوه في القشط والتسوية (المسح) ، كما تستخدم في إنجاز العمليات المختلفة الأخرى بالإضافة إلى عملية القشط والتسوية (المسح) ، حيث يمكن للعامل ذو الخبرة أو الفني المدرب أداء العديد من العمليات عليها مثل عمليات الإفريز . السلبة . الشطف . كسر السوك الغير النافذة . الحليات .. ولكن لا يمكن للمبتدئين القيام بمثل هذه العمليات عليها .



شكل ٨ - ٤٨

ماكينة الرابوه

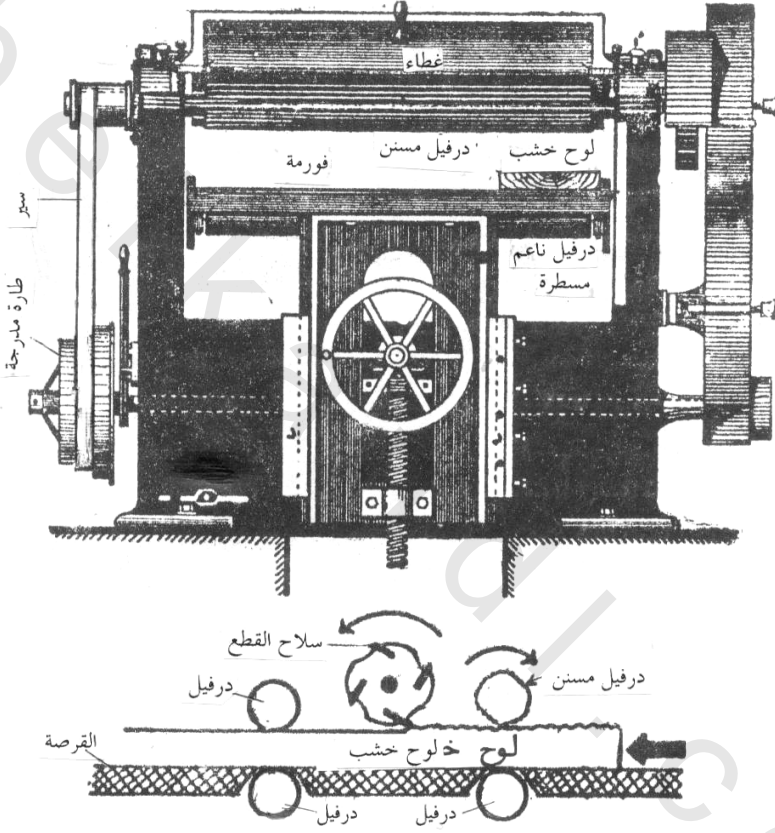
- ١ . قاعدة.
- ٢ . صينية خلفية.
- ٣ . سياج.
- ٤ . وقاء.
- ٥ . صينية أمامية.

٦. ضابط السياج.

٧. ضابط الصيمية.

ماكينة التخانة :

ماكينة التخانة الموضحة بشكل ٨ - ٩ تعمل على ضبط سمك القطع الخشبية حسب المقاس المطلوب ، بالإضافة إلى عملية التسوية (المسح).

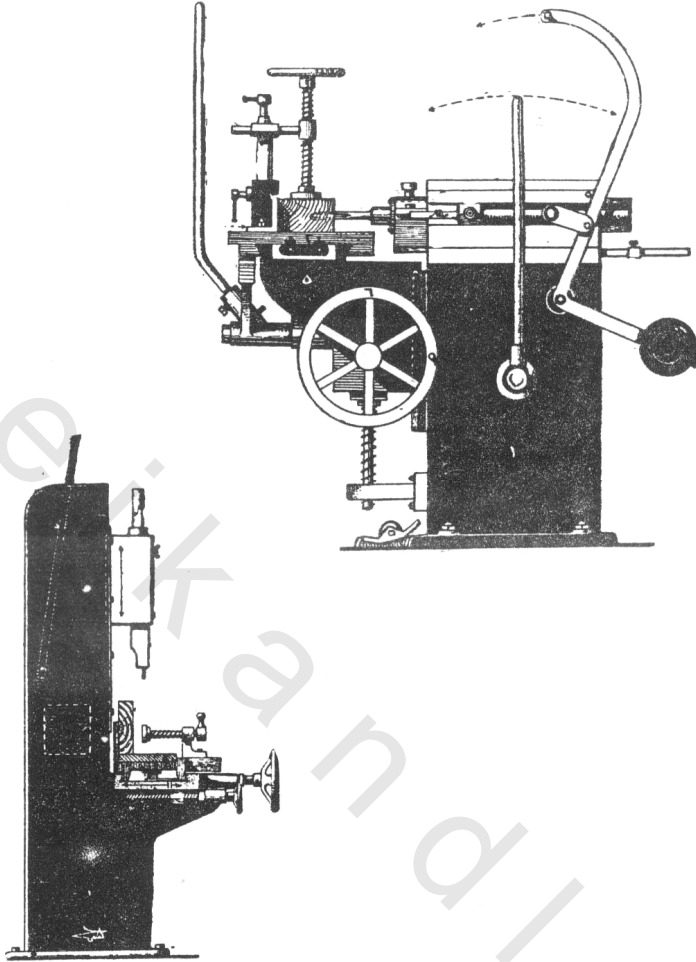


شكل ٨ - ٩

ماكينة التخانة

ماكينة النقر:

توجد ماكينات نقر أفقية كما توجد ماكينات نقر رأسية كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٠ ، تستعمل هذه الماكينات في عمل النقر لإستخدامه في عمل الوصلات الخشبية.

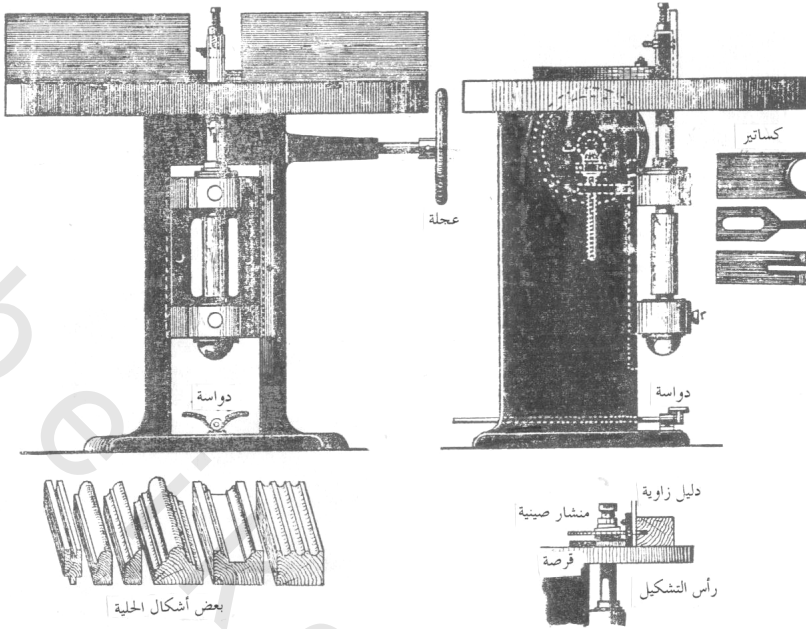


شكل ٨ - ٥٠

ماكينات النقر الأفقية والرأسية

ماكينة الحلية:

تستخدم ماكينات الحلية في عمل الحلية بالقطع الخشبية . تستعمل لعمل الحلية المطلوبة سكاكين ذات أشكال جانبية خاصة .. حسب الشكل المطلوب للحلية.
شكل ٨ - ٥١ يوضح ماكينة حلية وبعض الأشكال المنتجة منها

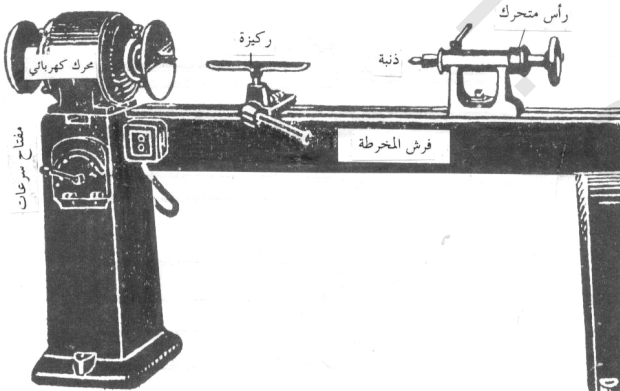


شكل ٨ - ٥١

ماكينة الحلية وبعض الأشكال المنتجة منها

مخرطة الخشب:

صممت مخرطة الخشب الموضحة بشكل ٨ - ٥٢ لخرط القطع الخشبية فقط .. وذلك بالإستعانة بعدد يدوية.

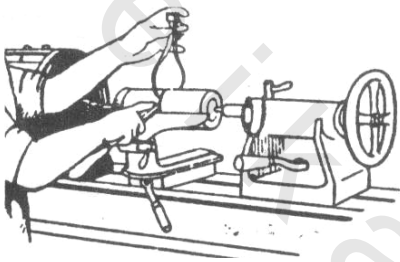


شكل ٨ - ٥٢

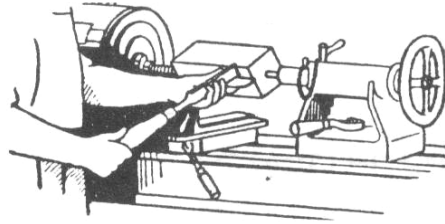
مخرطة الخشب

تستخدم الأزاميل المختلفة الأشكال والأحجام في خراط القطع الخشبية المختلفة الأحجام ، حيث تعمل اليد اليمنى للفني على مسك مقبض الأزميل ، وتعمل اليد اليسرى كدليل لتوجيه العدة الفاطعة (الأزميل) ، كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٣ وذلك لخراط المشغولات بالأشكال المطلوبة.

يستعان بالفرجار (البرجل) الكروي لتحديد الأقطار المطلوب تشغيلها حسب المقاسات المحددة المطلوبة.



(ب)



(أ)

شكل ٨ - ٥٣

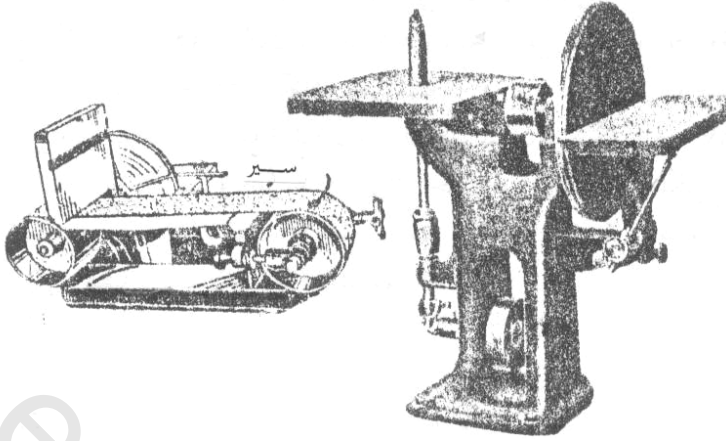
عمليات الخراط والقياس

(أ) خراط قطعة خشبية بالأزميل.

(ب) قياس القطر الخارجي باستخدام الفرجار الكروي.

ماكينة الصنفرة:

توجد ماكينة الصنفرة القرصية ، كما توجد ماكينة الصنفرة ذات الشريط الموضحان بشكل ٨ - ٥٤ . تستخدم ماكينات الصنفرة بصفة عامة في تشطيب وتنعيم أسطح المشغولات الخشبية.



شكل ٨ - ٥٤

ماكينات الصنفرة القرصية وذات الشريط

الوصلات الخشبية

تتكون المنتجات الخشبية في أغلب الأحيان من العديد من القطع التي تجمع مع بعضها البعض من خلال وصلات (تعاشيق) ، حيث توجد وصلات مختلفة ومتعددة . تستخدم الوصلة المناسبة (التعشيق المناسبة) حسب أبعاد القطع الخشبية المراد وصلها ومكانها ومقدار الأحمال التي تتلقاها.

فيما يلي عرض لأكثر أنواع الوصلات الخشبية إنتشاراً.

١. وصلة بالغراء :

يتم الوصل بهذه الطريقة بالغراء كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٥ ، وذلك بعد مسح وتسوية أماكن الوصل والتأكد من تطابقهما جيداً . تعتبر هذه الوصلة من الوصلات الضعيفة.

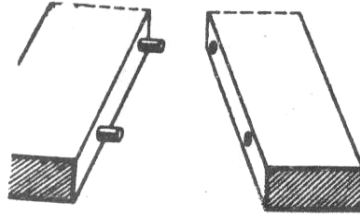


شكل ٨ - ٥٥

وصلة بالغراء

٢. وصلة الدسرة :

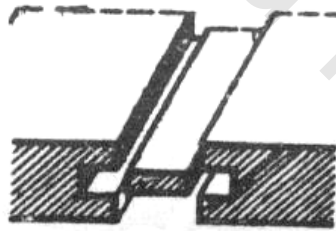
يتم الوصل بهذه الطريقة من خلال ثقب الجانبين وتثبيت محورين إسطوانيين من الخشب يتناسب أقطارهما مع أقطار الثقوب كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٦ ، ثم يلصق الجانبين بالغراء.



شكل ٨ - ٥٦
وصلة بدسرة

٣. وصلة بلسان خارجي :

يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل مجرى طولية بالجانبين المراد وصلهما ، وتركيب وصلة خارجية يتناسب أبعادها مع أبعاد المجرى من كلا الجانبين ، ثم يلصق الجانبين بالغراء كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٧.

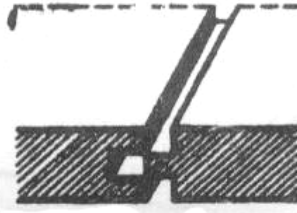


شكل ٨ - ٥٧
وصلة بلسان خارجي

٤. وصلة بلسان ومجرى :

يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل مجرى طولية بإحدى الجانبين المراد وصلهما ، والجانب الآخر يعمل له لسان ، بحيث يتناسب أبعاد اللسان مع أبعاد المجرى ، ثم يلصق

الجانبين بالغراء كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٨ .

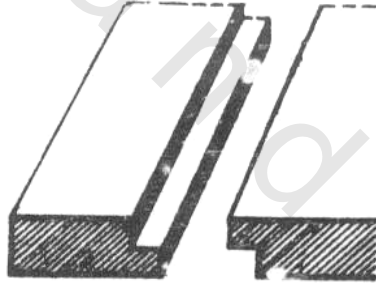


شكل ٨ - ٥٨

وصلة بلسان ومجرى

٥. وصلة نصف علي نصف :

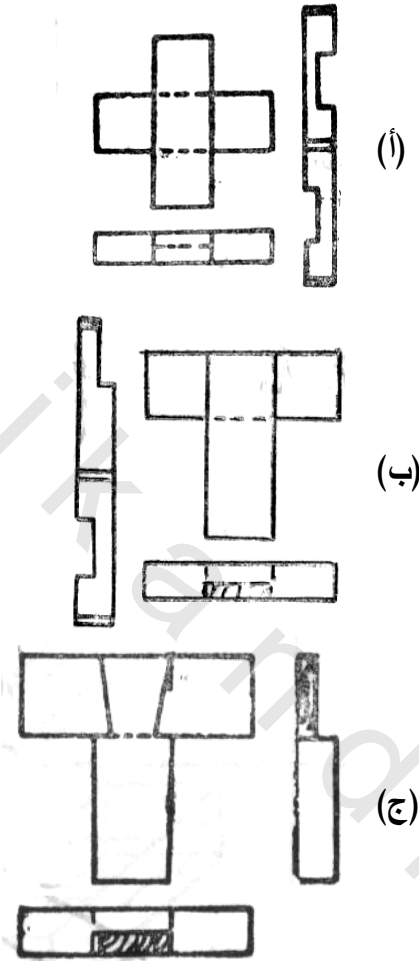
يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل إفريز بكلا الجانبين المراد وصلهما ، بحيث يكون عرض الإفريز مساوياً لنصف سمك اللوح كما هو موضح بشكل ٨ - ٥٩ ، ثم يلصق الجانبين بالغراء أو تثبت الوصلة بالمسامير .



شكل ٨ - ٥٩

وصلة نصف على نصف

يمكن أن تكون الوصلة (نصف على نصف) متعامدة كما هو موضح بشكل ٨ - ٦٠ (أ) ، أو تكون وصلة على شكل حرف T كما هو موضح بشكل ٨ - ٦ (ب) ، أو تكون وصلة (نصف على نصف) غنقاري كما هو موضح بشكل ٨ - ٦٠ (ج) .



شكل ٨ - ٦٠

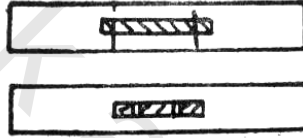
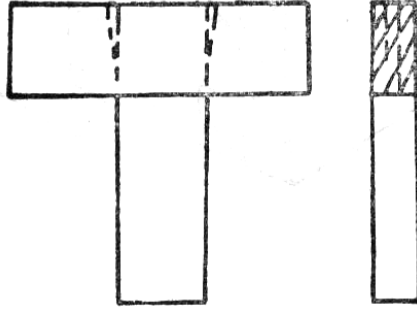
أنواع مختلفة من الوصلات نصف على نصف

- (أ) وصلة نصف على نصف متعامدة.
- (ب) وصلة نصف على نصف حرف T.
- (ج) وصلة نصف على نصف غنقاري.

٥. وصلة النقر واللسان :

أساسيات هندسة الإنتاج

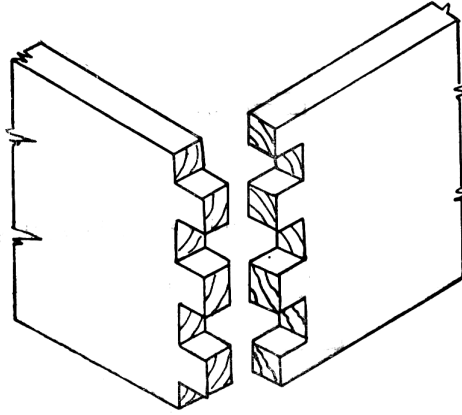
يتم الوصل بهذه الطريقة بعمل تفريغ بالنقر من أحد الجانبين المراد وصلهما ، وعمل لسان بالجانب الآخر كما هو موضح بشكل ٨ - ٦١ ، ثم يلصق الجانبين بالغراء.



شكل ٨ - ٦١
وصلة بلسان ونقر

٦. وصلة بلسان ونقر غنفاري :

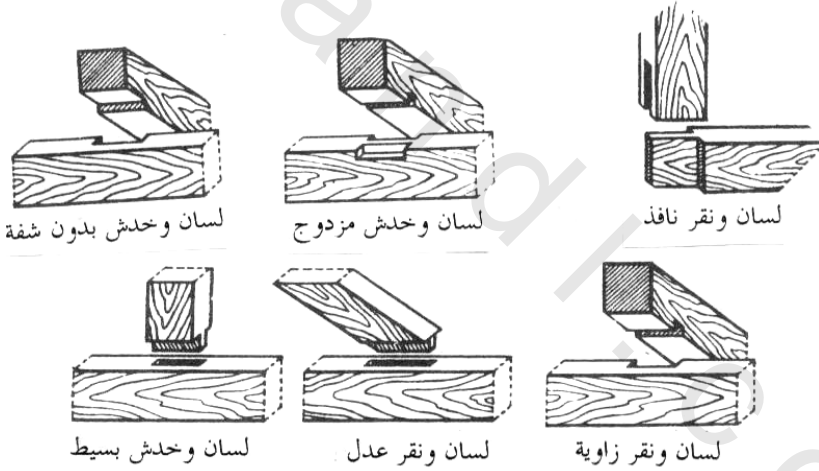
يتم الوصلات الركنية الموضحة بشكل ٨ - ٦٢ بواسطة عمل لسان والنقر أو الغنفاري والنقر ، يتم ذلك إما يدويا أو بالماكينة ، ثم يلصق الجانبين بالغراء.

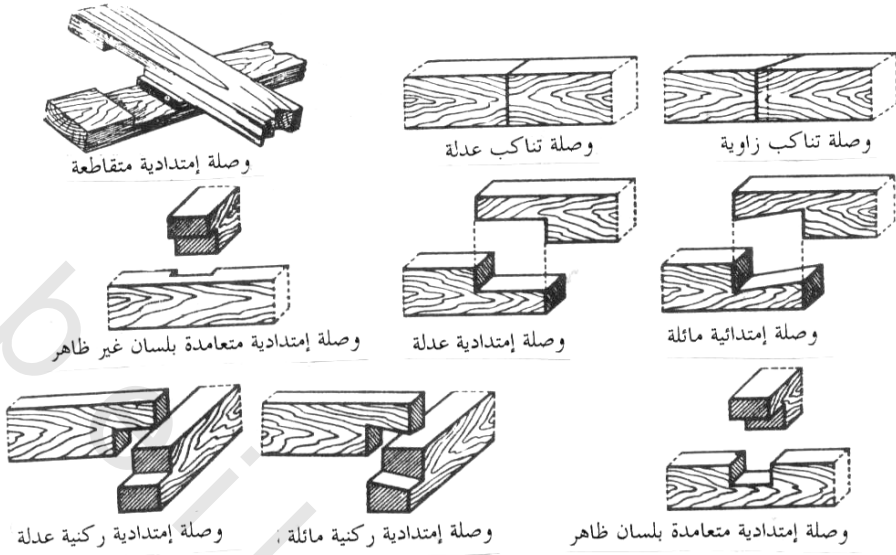


شكل ٨ - ٦٢

وصلة بلسان ونقر غنفاري

شكل ٨ - ٦٣ يوضح وصلات (الأعتاب) الكمرات المختلفة المستخدمة بكثرة في أعمال النجارة.





شكل ٨ - ٦٣

وص لات الأعتاب .. (الكمرات)

الباب التاسع

9

القياس وضبط الجودة

مُهَيِّد

من المبادئ الأساسية الهامة في عمليات القياس هو استخدام أدوات أو أجهزة قياس مناسبة للأجزاء المراد قياسها ، ويتم ذلك من خلال اختيار الأدوات أو الأجهزة حسب أهمية هذه الأجزاء ، من حيث تركيبها أو طريقة تشغيلها لتحقيق درجة الدقة المطلوبة.

يتناول هذا الباب عرضاً لأهم أدوات وأجهزة القياس المستخدمة في الورش الميكانيكية والمصانع الإنتاجية مثل القدمات ذات الوردية . الميكرومترات . قوالب القياس . المبين ذات وجه الساعة وغيرها.

كما يتعرض لضبط جودة الإنتاج .. أى درجة وفاء المنتج لاحتياجات ورغبات المستهلك ، حيث يتم ذلك في عدة مراحل مترابطة مع بعضها البعض ، وهى التصميم الجيد من خلال اختيار المواد التي يصنع منها هذه المنتجات بالأبعاد الدقيقة التي تحقق جودة التصنيع مع صفة التبادلية .

هذا إلى جانب الجودة في عناصر هامة أخرى ، التي تؤثر تأثيراً بالغاً على جودة الإنتاج ، مثل الجودة في عمليات التغليف - التخزين - النقل والمناولة .. بالإضافة إلى خدمات ما بعد البيع ، وهذا ما يسمى بالضبط المتكامل للجودة ، للوصول إلى الجودة المطلوبة في الإنتاج .

القياس

Measurement

يعرف القياس بأنه النتيجة التي يمكن الحصول عليها من خلال مقارنة قيم غير معروفة بقيم أخرى معروفة المقدار والكم ، وعلى سبيل المثال لا يمكن تحديد وزن أى سلعة (خفيفة أو ثقيلة) إلا بعد مقارنتها بالأوزان النمطية ، ولا يمكن الحصول على نتيجة لبعد أو لقياس دقيق لأحد الأبعاد الميكانيكية إلا بعد استخدام الأدوات والأجهزة النمطية كالمسطرة أو القدمة ذات الورنية أو الميكرومتر إلخ ، ولا يمكن الحصول على قياس لدرجات الحرارة إلا عن طريق استخدام الترمومتر ، وبذلك يمكن التعبير عن القياس بأنه مقدار دقيق يعطى بالأرقام للتحديد أى قيمة سواء للأبعاد . الأقطار . الزوايا . الخشونة . القوى . الأحجام . الأوزان إلخ .

ومن ثم فإن القياس الدقيق والمعايرة يعتبران من العناصر أو الدعامات الأساسية التي تقوم عليها الصناعات بصفة عامة والصناعات الحديثة بصفة خاصة ، لما لها من دور فعال في مطابقة المنتجات المصنعة للمواصفات الفنية والقياسية ، وبالتالي تبادلية المنتجات.

المعايرة

Calibration

هي نتيجة لتحديد الكمية التي يمكن الحصول عليها ، وذلك من خلال مقارنة قيم غير معروفة بقيم نمطية معروفة المقدار والكم . يستخدم لهذا الغرض (مسطرة . قدمة . ميكرومتر . قوالب ومحددات قياس . زاوية . ترمومتر . ميزان إلخ) ، للتأكد من قيمة معينة من كمية مقاسة ، كمساحة ثابتة بين سطحين ، أو بعد معين والذي يسمى بالمقياس الخطي ، أو قيمة ميل بين سطحين ، أو درجة حرارة ، أو قيمة وزن . وتكون أدوات وأجهزة القياس المستخدمة .. هي تلك الأجهزة التي تبين القيمة

المراد قياسها على تدرج بشكل أرقام عديدة ، ويكون الطول المراد قياسه أو الزاوية المراد قياسها هي الكمية المقاسة.

وسائل القياس: Measurement devices:

لإمكان تصنيع المنتجات المختلفة ، فإنه يجب استخدام أدوات وأجهزة القياس . تختلف هذه الأدوات والأجهزة باختلاف درجة الدقة المطلوبة وأهمية الجزء المراد قياسه وعلاقته بالأجزاء المكمل له .. وأنواع أدوات وأجهزة القياس هي كالآتي:-

١. أدوات قياس الأطوال البسيطة.
٢. أدوات قياس غير مباشرة كالفراجير (البراجل) بأنواعها وأشكالها المختلفة.
٣. أدوات قياس مباشرة مثل القدمات ذات الورنية بأنواعها وأشكالها - الميكرومترات بأنواعها وأشكالها المختلفة ، وهي الأدوات الأكثر انتشاراً بالورش الميكانيكية والمصانع الإنتاجية.
٤. أدوات وأجهزة الفحص والمقارنة مثل قوالب ومحددات القياس - المبينات ذات وجه الساعة .. وهي أدوات وأجهزة قياس ذات دقة عالية.
٥. أدوات وأجهزة قياس خشونة الأسطح.

أدوات قياس الأطوال

أدوات قياس الأطوال هي مقاييس خطية مقسمة (مدرجة) ، بحيث يبلغ أصغر بعد بين خطوط التقسيم ملليمتر واحد ، ولا يمكن قياس نصف ملليمتر إلا بدقة محدودة ، لأن العين المجردة لها إمكانية محدودة للتمييز بين خطين ، لذلك يمكن فقط تقدير المسافة بين خطين يبلغ البعد بينهما ملليمتر واحد.

مساطر الصلب

Steel Rules

القياس بالمساطر هو أقدم وأبسط الطرق ، وبالرغم من الوصول إلى التقدم الكبير

في أدوات وأجهزة القياس الدقيقة .. إلا أنها مازالت تستخدم بالمصانع والورش للقياس بجانب هذه الأدوات.

تستعمل المساطر المصنوعة من الخشب أو البلاستيك للرسومات الهندسية ، ونظراً لأن المساطر التي تستخدم بالمصانع والورش معرضة للتلوث بالزيوت والشحومات ، لذلك فإنها تصنع من الصلب الغير قابل للصدأ لتحملها وعدم تأثرها بالزيوت بالإضافة إلى مقاومتها للخدش كما يسهل تنظيفها.

تعتبر المساطر المدرجة من أدوات قياس الأطوال البسيطة ، حيث تستخدم لقراءة القيمة المطلوب قياسها مباشرة دون تكبير.

تعرف المسطرة الصلب (بالقدم) حيث طولها المعتاد 30 سنتيمتر وهي تتماثل تقريباً مع طول القدم الذي يساوي 12 بوصة.

تصنع المسطرة الموضحة بشكل ٩ - ١ بأطوال مختلفة وهي كما يلي:-

١٠٠ . ٣٠٠ . ٤٠٠ . ٥٠٠ ملليمتر .. تتدرج في الطول لتصل إلى ٢٠٠٠

ملليمتر أي ٢ متر.



شكل ٩ - ١

المسطرة

المساطر بصفة عامة حافتها مدرجة بالسنتيمترات والملليمترات وأنصاف الملليمترات من جهة وبالبوصات وأجزائها من الجهة الأخرى ، كما توجد مساطر أخرى مدرجة من كلا جانبيها بالسنتيمترات وأجزائها فقط أو بالبوصات وأجزائها فقط.

تختلف مساطر الصلب بعضها عن بعض من حيث الشكل والطول والعرض والسبك ، كما يختلف نوع الصلب تبعاً لتصميم دور الصناعة الذي ينتجها لتغطية

المتطلبات المتعددة في الصناعة.

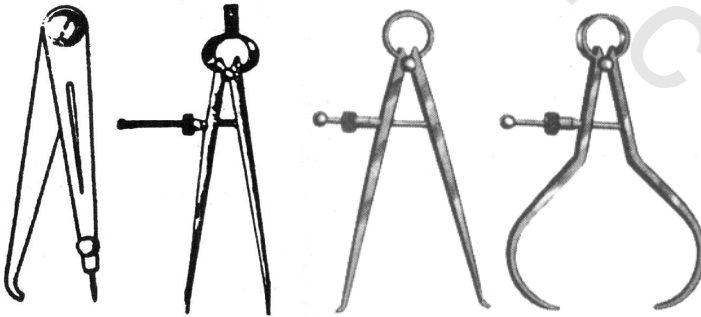
أدوات القياس الغير مباشرة

Indirect Measurement Instruments

يجرى تحديد قيمة بعض القياسات باستخدام وسائل قياس وسيطة ، وهي ما تسمى بأدوات القياس الغير مباشرة أو أدوات القياس الناقلة .. وهى عبارة عن مجموعة من الفراجير (البراجل) المختلفة الأشكال ، وتسمى بأدوات القياس الناقلة حيث أنها تنقل المقاييس المختلفة من المساطر أو من المشغولات النموذجية إلى المشغولة المراد قياسها.

تستخدم الفراجير الموضحة بشكل ٩ - ٢ في نقل القياسات من المسطرة (القدم الصلب) إلى القطع المطلوب تشغيلها ، حيث يستخدم في رسم الخطوط المتوازية وفي التحقيق من توازي الأسطح الخارجية أو الداخلية للمشغولات ، كما يستخدم في مقارنة قياس الأجزاء الأسطوانية بمشغولات أخرى نموذجية ، ومراجعة وفحص توازي الأسطح الداخلية للثقوب.

تصنع الفراجير من الصلب الذي لا يصدأ أو من الصلب المتوسط الصلادة ، بأنواع مختلفة يختلف كل منها عن الآخر باختلاف أشكال ساقها. وتتكون الفراجير بصفة عامة عن ساقين مثبتتين بمسمار بحيث يكونا قابلا للحركة.



(أ) (ب) (ج) (د)

شكل ٩ - ٢

أنواع الفراجير

(أ) فرجار القياس الخارجي.

(ب) فرجار القياس الداخلي.

(ج) فرجار التقسيم.

(د) فرجار بشوكة.

القدمة ذات الورنية

Vernier Caliper

تعتبر القدمة ذات الورنية من أهم أدوات القياس المستخدمة في ورش تشغيل المعادن ، وذلك بسبب إمكانياتها المتعددة في القياس وبساطة تصميمها وسهولة إستخدامها ، وهي ملائمة بصفة خاصة للقياسات السريعة ، حيث يمكن أن يجرى بها قياسات خارجية وداخلية بجانب قياس الأعماق.

تصنع القدمة ذات الورنية من الصلب الذي لا يصدأ وهي عبارة عن مسطرة مقسمة بالمليمترات من جهة وبالبوصات من الجهة الأخرى ، ينتهي طرفها بالفك الثابت بحيث يتعامد معها تعامداً تاماً.

تتكون القدمة ذات الورنية الموضحة بشكل ٩ - ٣ من الأجزاء التالية :-

١. المسطرة : تحتوي على التقسيم الرئيسي بالمليمترات والبوصات.
٢. الفك الثابت : يوجد بنهاية المسطرة ويستخدم مع الفك المتحرك لقياس الأبعاد والأقطار الخارجية.
٣. الفك المتحرك : يوجد بنهاية الورنية المنزلقة ويستخدم مع الفك الثابت لقياس الأبعاد والأقطار الخارجية.
٤. حد القياس الثابت : مثبت بالورنية المنزلقة ويستخدم مع حد القياس المتحرك

للقياس الداخلي.

٥. حد القياس المتحرك : مثبت بالورنية المنزلقة ويستخدم مع حد القياس الثابت للقياس الداخلي.

٦. ساق قياس الأعماق : مثبت بالورنية المنزلقة ويتحرك معها ويستخدم لقياس الارتفاعات وأطوال الثقوب (الأعماق).

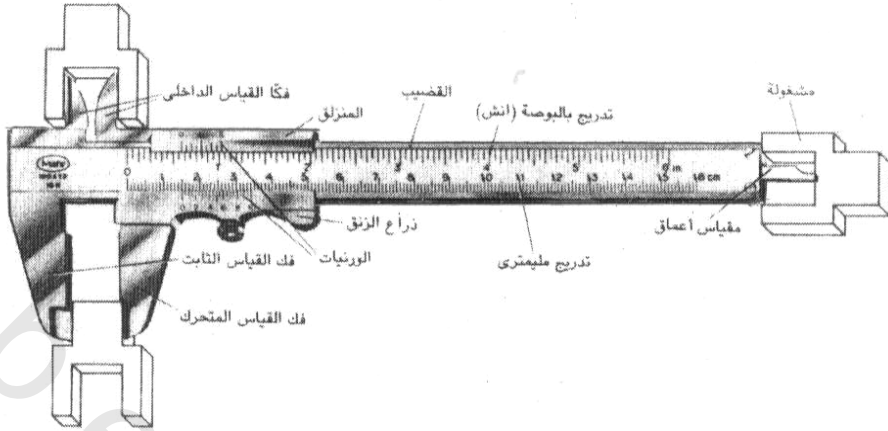
٧. الورنية المنزلقة: تنزلق على المسطرة وتحمل التقسيم المساعد بالمليمترات والبوصات.

٨. التقسيم المساعد : الغرض منه هو تكبير الأجزاء الصغيرة من المليمتر أو الأجزاء الصغيرة للبوصة لسهولة قراءتها.

٩. مسمار تثبيت : لتثبيت الورنية المنزلقة على القياس المطلوب عن الحاجة لذلك. تنزلق الورنية التي تنتهي بالفك المتحرك والتي تحمل التقسيم المساعد بالمليمترات والبوصات على المسطرة ، وذلك لتحديد القياس بدقة .. يطلق عليها (الورنية) Vernier نسبة إلى إسم مخترعها.

يختلف دقة القياس من قدمة إلى أخرى (٠.١ أو ٠.٠٥ أو ٠.٠٢ ملليمتر) باختلاف تقسيم الورنية المنزلقة.

تعتبر القدمة ذات الورنية من أكثر أدوات القياس انتشارا بين الوسط الفني لميزاتها المتعددة وأهمها صغر حجمها وقياساتها العامة ، لذلك فقد سميت بالقدمة ذات الورنية جامعة الأغراض.



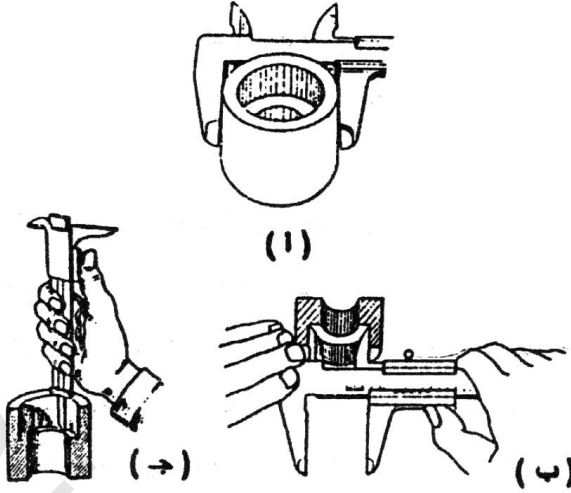
شكل ٩ - ٣

القدمة ذات الورنية

مميزات القدمة ذات الورنية: Advantages of Vernier caliper

توجد عدة أشكال للقدمة ذات الورنية التي يختلف استخدام كل منها عن الأخرى باختلاف الجزء المطلوب قياسه ، وبصفة عامة تتميز القدمة ذات الورنية بالصفات التالية:-

١. تصنع من الصلب الذي لا يصدأ.
٢. ملائمة للقياسات السريعة.
٣. ذو حجم مناسب.
٤. سهولة الاستخدام.
٥. استخدامها للقياسات العامة كما هو موضح بشكل ٩ - ٤.



شكل ٩ - ٤

استخدام القدمة في القياسات العامة

(أ) قياس الأبعاد والأقطار الخارجية.

(ب) قياس الأبعاد والأقطار الداخلية.

(ج) قياس الارتفاعات والأعماق.

٥. إمكان تثبيتها على القياس المطلوب.

٦. تجمع بين النظامين المتري بالمليمترات والإنجليزي بالبوصات وأجزاء كل منهما .

تصل الدقة بكل منهما إلى ٠.٠٢ ملليمتر ، ٠.٠٠١ بوصة .

٧. تتدرج أطوال القدمة لإمكان استخدامها لقياس المشغولات ذات الأبعاد والأقطار

الكبيرة لتصل إلى ١٥٠٠ ملليمتر أى ١.٥ متر ، والتي تتميز بنفس الدقة السابق

ذكرها.

نظرية الورنية : Vernier Theory

لا يمكن تصميم أداة قياس يقسم عليها السنتيمتر الواحد إلى ١٠٠ جزء

ليساوى الجزء الواحد منه ٠.١ ملليمتر .. وإذا فرض تم ذلك فلا يمكن قراءة الأجزاء

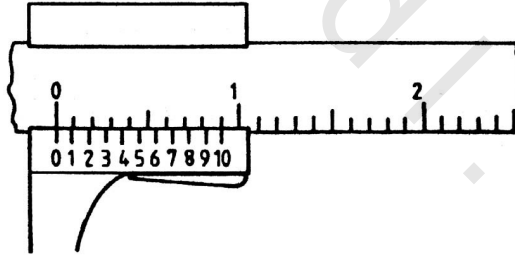
الصغيرة بالعين المجردة.

لذلك فقد صممت دور الصناعة ورنية تحمل تدريجا بمثابة تقسيم مساعد للتقسيم الأساسي وهي عبارة عن تكبير للأجزاء الصغيرة لأقسام القياس الأساسي. تنزلق الورنية على المسطرة .. لذلك سميت بالورنية المنزلة . تستخدم الورنية المنزلة مع التقسيم الأساسي بالمسطرة لإمكان قراءة الأجزاء الصغيرة بالعين المجردة بسهولة ودقة ، حيث يصل دقة قراءة القدمة إلى ٠.١ أو ٠.٠٥ أو ٠.٠٢ ملليمتر للقياس المتري ، وإلى ٠.٠٠١ بوصة للقياس الإنجليزي .

نظام تدريج الورنية المنزلة دقة ٠.١ ملليمتر:

System of slide Vernier graduation 0.1mm

شكل ٩ - ٥ يوضح رسم تخطيطي لجزء من القدمة أثناء انطباق صفر التقسيم الرئيسي بالمسطرة مع صفر التقسيم المساعد بالورنية. أخذت مسافة من المسطرة مقدارها ٩ ملليمتر ، وقسمت إلى ١٠ أقسام متساوية على الورنية المنزلة ، بحيث ينطبق صفر التقسيم الأساسي بالمسطرة مع صفر التقسيم المساعد بالورنية ، وينتهي التدريج التاسع بالمسطرة بمحاذاة التدريج العاشر بالتقسيم المساعد بالورنية.



شكل ٩ - ٥

نظام تدريج الورنية المنزلة دقة ٠.١ ملليمتر

بذلك يكون القسم الواحد بالورنية = ٩ مم ÷ ١٠ أجزاء = ٠.٩ ملليمتر وهذا يعنى أن الفرق بين قيمة القسم الواحد من التقسيم الأساسي بالمسطرة وقيمة القسم الواحد بالتقسيم المساعد بالورنية = ١ - ٠.٩ = ٠.١ ملليمتر.

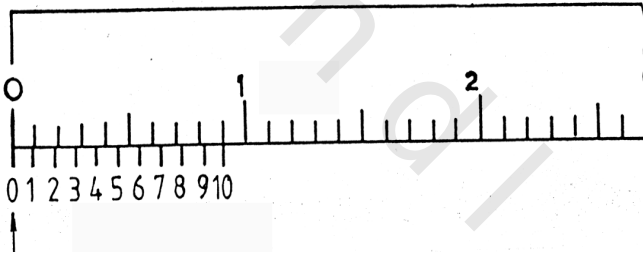
وهي دقة قياس الورنية المنزلقة أو دقة القدمة ذات الورنية.
وهكذا وبناء على طريقة تقسيم الورنية السابق ذكرها ، فإنه يمكن تدرج
الورنية المنزلقة دقة ٠.٠٥ ملليمتر أو ٠.٠٢ ملليمتر.

قراءات مختلفة للقدمة ذات الورنية دقة ٠.١ ملليمتر:

Different readings of Vernier Caliper 0.1 mm

فيما يلي رسم تخطيطي يوضح قراءات مختلفة للقدمة ذات الورنية دقة ٠.١ ملليمتر ، وذلك نتيجة لتحرك الورنية المنزلقة على مسطرة القدمة لتحديد المسافة بين
الفكين الثابت والمتحرك.
مثال ١ :

عند تلامس الفك الثابت للقدمة مع الفك المتحرك ينطبق صفر المسطرة مع صفر
التقسيم المساعد بالورنية المنزلقة كما هو موضح بشكل ٩ - ٦ ، الذي يشير إليه
السهم حيث لا توجد قراءة ، أو القراءة تساوى صفر.

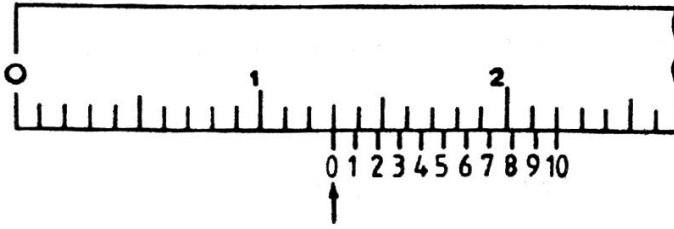


شكل ٩ - ٦

قراءة القدمة = صفر

مثال ٢ :

عند تحرك الورنية المنزلقة على المسطرة ليتجاوز صفر الورنية ١٠ ملليمتر
لينطبق على القسم الثالث من التقسيم الأساسي بالمسطرة كما هو موضح بشكل ٩ -
٧ ، حيث يشير السهم إلى صفر التقسيم المساعد بالورنية المنزلقة لتحديد قراءة
المليمترات الصحيحة بمسطرة القدمة وهي تساوى ١٣ ملليمتر.



شكل ٩ - ٧

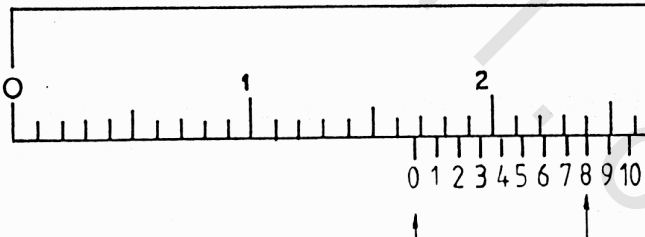
قراءة القدمة = ١٣ ملليمتر

مثال ٣ :

عند تحرك الورنية المنزلقة على المسطرة كما هو موضح بشكل ٩ - ٨ ليتجاوز صفر الورنية ١٦ ملليمتر ، ليشير السهم الصغير لتحديد قراءة بالمليمترات الصحيحة على المسطرة وهي ما بين ١٦ ملليمتر، ١٧ ملليمتر، أى أن القياس أكبر من ١٦ ملليمتر وأقل من ١٧ ملليمتر.

هذا يعنى أن قراءة المليمترات الصحيحة هي ١٦ ملليمتر ، يضاف إليها جزء من المليمتر الذي يشير إليه السهم الكبير بالتقسيم المساعد بالورنية المنزلقة وهو ٠.٨ ملليمتر.

∴ قراءة القدمة = ١٦ + ٠.٨ = ١٦.٨ ملليمتر



شكل ٩ - ٨

قراءة القدمة = ١٦.٨ ملليمتر

القدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر :

Vernier Caliper 0.05 mm

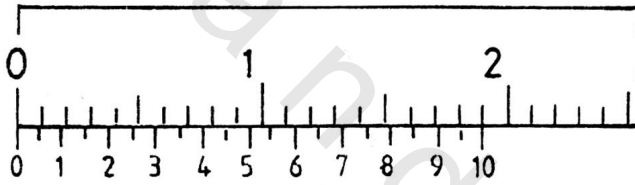
أساسيات هندسة الإنتاج

تتكون القدمة ذات الورنية دقة $\frac{1}{20}$ أو 0.05 ملليمتر من نفس أجزاء القدمة ذات الورنية دقة 0.1 ملليمتر باختلاف تدرج الورنية المنزلة لإمكان قياس أدق. يوجد نظامين للورنية المنزلة دقة 0.05 ملليمتر هما كالآتي:-

النظام الأول لتدرج الورنية المنزلة دقة 0.05 ملليمتر:

شكل ٩ - ٩ يوضح رسم تخطيطي للقدمة أثناء انطباق صفر التقسيم الأساسي بالمسطرة مع صفر التقسيم المساعد بالورنية المنزلة.

أخذت مسافة من مسطرة القدمة مقدارها 19 ملليمتر وقسمت إلى 20 قسم (أقسام متساوية) على الورنية ، بحيث يبتدئ صفر التقسيم الأساسي بالمسطرة مع صفر التقسيم المساعد بالورنية ، وينتهي آخر تدرج بمحاذاة التدرج التاسع عشر من المسطرة.



شكل ٩ - ٩

النظام الأول لتدرج الورنية المنزلة دقة 0.05 ملليمتر

بذلك يكون كل قسم من أقسام الورنية = 19 ملليمتر ÷ 20 جزء = $\frac{19}{20}$ ملليمتر وهذا يعني أن الفرق بين قيمة القسم الواحد من القياس الأساسي بالمسطرة وقيمة قسم واحد من التقسيم المساعد بالورنية.

$$= 1 - \frac{19}{20} = \frac{1}{20} \text{ أو } 0.05 \text{ ملليمتر}$$

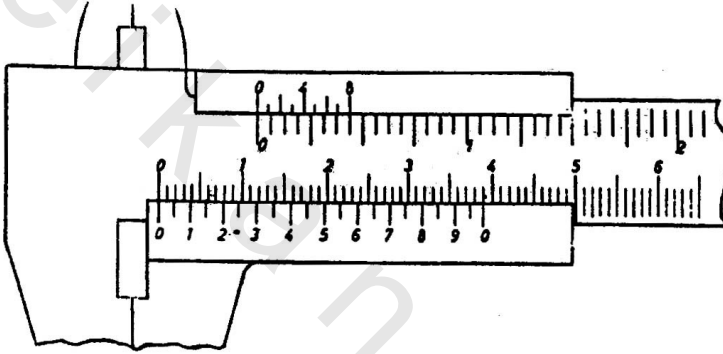
وهي دقة قياس الورنية المنزلة أو دقة قياس القدمة ذات الورنية.

النظام الثاني لتدريج الورنية المنزلقة دقة 0.05 ملليمتر :

تتشابه القدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر بالنظام الأول مع القدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر بالنظام الثاني من حيث الأجزاء والشكل العام ودقة القياس، ويختلفان من حيث نظام تدريج الورنية، ويعتبر هذا النظام (نظام تدريج الورنية) هو الأكثر انتشاراً بالنسبة للقممات المنزلقة دقة 0.05 ملليمتر.

شكل ٩ - ١٠ يوضح جزء من القدمة ذات الورنية دقة $\frac{1}{20}$ أو 0.05 ملليمتر

بالنظام الثاني أثناء انطباق صفر المسطرة مع صفر الورنية.



شكل ٩ - ١٠

النظام الثاني لتدريج الورنية المنزلقة دقة 0.05 ملليمتر

أخذت مسافة قدرها 39 ملليمتر من المسطرة وقسمت إلى 20 قسم (أقسام متساوية) على الورنية المنزلقة، بحيث يبتدئ صفر الورنية بمحاذاة صفر المسطرة وينتهي آخر تدريج بمحاذاة التدريج التاسع والثلاثون من المسطرة.

بذلك يكون كل قسم من أقسام الورنية = 39 مم ÷ 20 جزء = $\frac{39}{20}$ مم

الذي يقابلها قسمين من أقسام المسطرة قيمتها = 2 مم

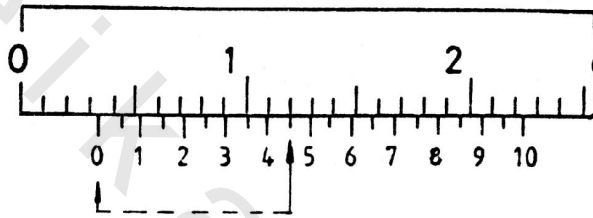
وهذا يعني أن الفرق بين قيمة القسمين من التقسيم الأساسي بالمسطرة وقيمة القسم الواحد من التقسيم المساعد بالورنية المنزلقة.

$$= 2 - \frac{39}{20} = \frac{40}{20} - \frac{39}{20} = \frac{1}{20} \text{ مم .. أي } 0.05 \text{ ملليمتر.}$$

وهي دقة قياس الورنية المنزلقة أو دقة القدمة ذات الورنية.

قراءات مختلفة للقدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر :
مثال ١ :

شكل ٩ - ١١ رسم تخطيطي لجزء من القدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر الذي يوضح قيمة قياس وهو كالآتي:-



شكل ٩ - ١١

قراءة القدمة = 3.45 ملليمتر

السهم الصغير يشير إلى صفر الورنية لتحديد قراءة الملليمترات الصحيحة على المسطرة وهي ما بين 3 ، 4 ملليمتر.

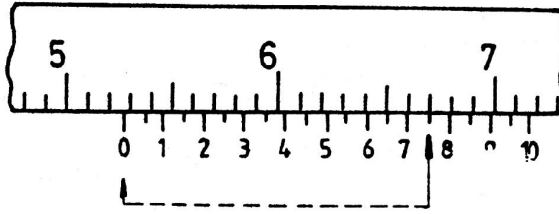
أي أن القياس أكبر من 3 ملليمتر وأقل من 4 ملليمتر.

وهذا يعني أن قراءة الملليمترات الصحيحة = 3 ملليمتر، يضاف إليها جزء من الملليمتر الذي يشير إليه السهم الكبير بالتقسيم المساعد بالورنية المنزلقة لتكون قراءة القدمة.

$$= 3 + 0.45 = 3.45 \text{ ملليمتر.}$$

مثال ٢ :

شكل ٩ - ١٢ رسم تخطيطي لجزء من القدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر الذي يوضح قيمة قياس وهو كالآتي:-



شكل ٩ - ١٢

قراءة القدمة = ٥٢.٧٥ ملليمتر

السهم الصغير يشير إلى صفر الورنية لتحديد قراءة الملليمترات الصحيحة على المسطرة وهي ما بين 52 ، 53 ملليمتر. أي أن القياس أكبر من 52 ملليمتر وأقل من 53 ملليمتر.

.. هذا يعني أن قراءة الملليمترات الصحيحة = 52 ملليمتر، يضاف إليها جزء من الملليمتر الذي يشير إليه السهم الكبير بالتقسيم المساعد بالورنية المنزقة لتكون قراءة القدمة.

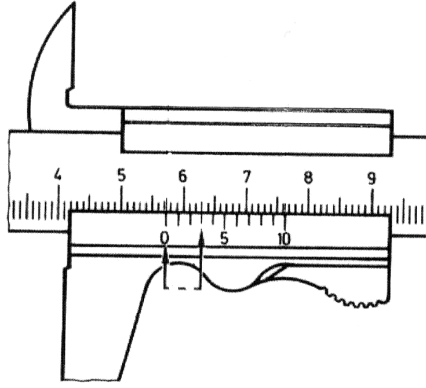
$$= 52 + 0.75 = 52.75 \text{ ملليمتر.}$$

مثال ٣ :

عند تحرك الورنية المنزقة على المسطرة كما هو موضح بشكل ٩ - ١٣ ليتجاوز صفر الورنية ٥٧ ملليمتر ، ليشير السهم الصغير لتحديد قراءة بالملليمترات الصحيحة على المسطرة وهي ما بين ٥٧ ملليمتر، ٥٨ ملليمتر، أي أن القياس أكبر من ٥٧ ملليمتر وأقل من ٥٨ ملليمتر.

هذا يعني أن قراءة الملليمترات الصحيحة هي ٥٧ ملليمتر ، يضاف إليها جزء من الملليمتر الذي يشير إليه السهم الكبير بالتقسيم المساعد بالورنية المنزقة وهو ٠.٣ ملليمتر.

$$\therefore \text{قراءة القدمة} = ٥٧ + ٠.٣ = ٥٧.٣ \text{ ملليمتر}$$

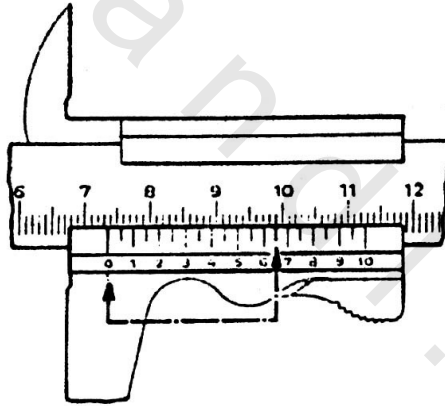


شكل ٩ - ١٣

قراءة القدمة = ٥٧.٣ ملليمتر

مثال ٤ :

شكل ٩ - ١٤ يوضح جزء من القدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر الذي يوضح قيمة قياس.



شكل ٩ - ١٤

قراءة القدمة = 73.65 مم

السهم الصغير يشير إلى صفر الورنية لتحديد قراءة الملليمترات الصحيحة على المسطرة وهي ما بين 73 ، 74 ملليمتر.
.. أي أن القياس أكبر من 73 ملليمتر وأقل من 74 ملليمتر.

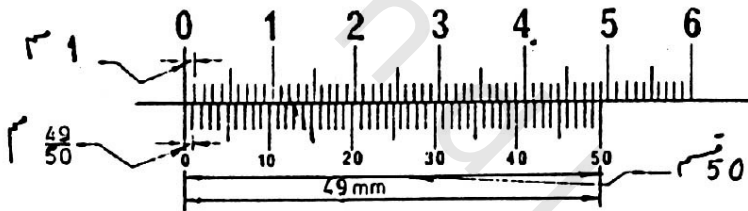
وهذا يعني أن القراءة الصحيحة = 37 ملليمتر، يضاف إليها جزء من الملليمتر الذي يشير إليه السهم الكبير بالتقسيم المساعد بالورنية المنزلقة كالآتي:-
 قيمة كسر الملليمتر الواضحة على الورنية = 0.6 + 0.05 = 0.65 ملليمتر.
 ∴ قراءة القدمة = 73 + 0.65 = 73.65 ملليمتر.

القدمة ذات الورنية دقة 0.02 ملليمتر

Vernier Caliper 0.02 mm

تتكون القدمة ذات الورنية دقة 0.02 ملليمتر من نفس أجزاء القدمة ذات الورنية دقة 0.1 ، 0.05 ملليمتر، باختلاف تدرج الورنية المنزلقة الموضحة بشكل 9 - 10 لإمكان قياسات أدق.

أخذت مسافة مقدارها 49 ملليمتر من المسطرة وقسمت إلى 50 قسم (أقسام متساوية) على الورنية المنزلقة بحيث يبتدئ صفر الورنية بمحاذاة صفر المسطرة وينتهي آخر تدرج بمحاذاة التدرج 49 من المسطرة.



شكل 9 - 10

تدرج الورنية المنزلقة دقة 0.02 ملليمتر

بذلك يكون كل قسم مدرجاً من الورنية المنزلقة

$$= 49 \text{ مم} \div 50 \text{ جزء} = \frac{49}{50} \text{ مم}$$

هذا يعني أن الفرق بين قيمة القسم الواحد من القياس الأساسي بالمسطرة وقيمة

القسم الواحد من التقسيم المساعد بالورنية

$$= 1 - \frac{49}{50} = \frac{1}{50} \text{ مم} \text{ أي } 0.02 \text{ مم}$$

أساسيات هندسة الإنتاج

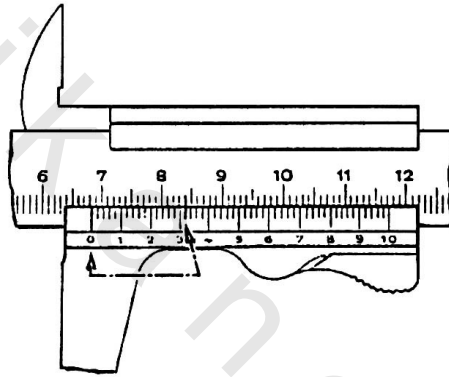
وهي دقة قياس الورنية المنزلة أو دقة قياس القدمة ذات الورنية.

قراءات للقدمة ذات الورنية دقة 0.02 ملليمتر :

فيما يلي قراءات مختلفة للقدمة ذات الورنية دقة 0.02 ملليمتر وذلك نتيجة لتحرك الورنية المنزلة لتحديد مسافة بين الفكين الثابت والمتحرك.

مثال :

شكل ٩ - ١٦ يوضح جزء من القدمة ذات الورنية دقة 0.02 ملليمتر، والسهم يشير إلى قراءة القياس وهو كالآتي:-



شكل ٩ - ١٦

قراءة المقدمة = 68.32 مم

السهم الصغير الذي يشير إلى صفر الورنية لتحديد قراءة المليمترات الصحيحة على المسطرة وهي ما بين 68 ، 69 ملليمتر.

أي أن القياس أكبر من 68 ملليمتر وأقل من 69 ملليمتر.

.. هذا يعني أن قراءة المليمترات الصحيحة = 68 ملليمتر.

يضاف إليها جزء من المليمتر الذي يشير إليه السهم الكبير بالتقسيم المساعد بالورنية المنزلة لتكون قراءة القدمة

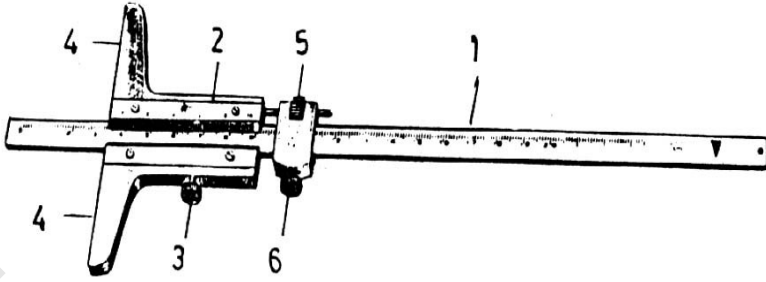
$$= 68 + 0.3 + 0.02 = 68.32 \text{ ملليمتر.}$$

قدمة قياس الأعماق : Depth Gauges Vernier

تستخدم قدمة قياس الأعماق في قياس الأعماق وأطوال الثقوب . صممت ورنية قدمة الأعماق بذراعين ممتدين لإرتكازهما على أسطح المشغولات المراد قياس أعماقها ، وذلك ضماناً لتثبيتها على المشغولات بشكل أفقي.

يتميز القياس باستخدام قدمة قياس الأعماق عن القياس بالقدمة ذات الورنية ، بدقة قياس الأولى وذلك لارتكاز ذراعي الورنية على سطح المشغولة ، مما يؤكد الحصول على قياسات أدق .

تتكون قدمة قياس الأعماق الموضحة بشكل ٩ - ١٧ من الأجزاء الآتية :-



شكل ٩ - ١٧

قدمة قياس الأعماق

١. المسطرة.
٢. المنزلقة.
٣. مسمار تثبيت المنزلقة.
٤. الذراعين.
٥. محدد الضبط الدقيق.
٦. مسمار تثبيت محدد الضبط الدقيق.

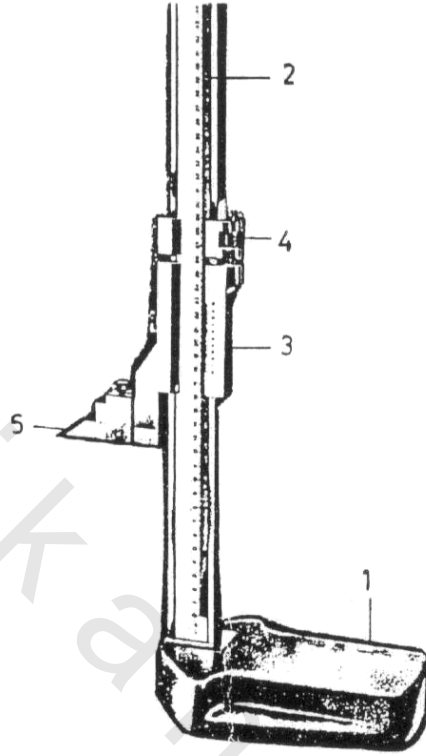
قدمة قياس الارتفاعات : Vernier Height Gauge

تعتبر قدمة قياس الارتفاعات من أهم أدوات الشنكرة (التخطيط والعلام) .. لذلك يسمونها الفنيين بالشنكار الحساس.

تستخدم قدمة قياس الارتفاعات في قياس الارتفاعات ، واختبار استواء المشغولات ، ولمراجعة ارتفاع الثقوب والمشقيات ، ورسم خطوط الشنكرة العرضية المتوازية ، وذلك مع الاستعانة بزهره الاستواء.

توضع قدمة قياس الارتفاعات بصندوقها الخاص بعد الانتهاء من استخدامها وذلك للمحافظة عليها.

تتكون قدمة قياس الارتفاعات الموضحة بشكل ٩ - ١٨ من الأجزاء الآتية:-



شكل ٩ - ١٨

قدمة قياس الارتفاعات

١. القاعدة: عبارة عن كتلة معدنية ثقيلة الوزن مصنوعة من الزهر على شكل مربع أو مستدير ، الغرض منها هو حمل المسطرة والورنية والمؤشر بشكل رأسي.
٢. المسطرة: مثبتة بوضع عمودي على القاعدة ، ومدرجة بالنظامين المتري بالمليمترات والإنجليزي بالبوصات ، أو بإحدهما حسب تصميم دور الصناعة المنتجة.
٣. الورنية المنزلقة: يوجد بها التقسيم المساعد بالمليمترات والبوصات وتحمل المؤشر وتنزلق على المسطرة العمودية.
٤. محدد الضبط الدقيق: يستخدم للحركة الدقيقة التي تحمل المؤشر.
٥. المؤشر: مصنوع من الصلب المقسى ، ينتهي بجزء مصنوع من الصلب الصلب أو

من الكربيد مشطوف لاستخدامه لرسم خطوط الشنكرة على قطع التشغيل المعدنية .
يثبت المؤشر بمسمار قلاووظ لإمكان فكّه ووضعهُ بالمكان المخصص له في صندوق القدمة ، كما يمكن استبداله.

الميكرومترات

Micrometers

تختلف أهمية قطع التشغيل المصنعة باختلاف أدوات القياس المستخدمة والدقة المطلوبة من أجلها ، أو حسب أهمية الجزء وطريقة تركيبه وتعامله مع باقي الأجزاء ، لذلك فقد صممت القدمات المنزلقة المتعددة الأشكال والأطوال لقياس المشغولات المختلفة التي يصل دقتها إلى ٠.١ أو ٠.٠٥ أو ٠.٠٢ ملليمتر . لكن هناك أجزاء ميكانيكية تحتاج عند تجمعها إلى دقة أكثر أثناء التشغيل .. الأمر الذي يترتب عليه ضرورة استخدام أدوات قياس أكثر دقة مثل الميكرومترات التي تفوق القدمات بصفة عامة بدرجة كبيرة ، حيث أن دقة قياسها تبلغ ٠.٠١ ملليمتر ، وتصل إلى ٠.٠٠١ ملليمتر في الميكرومترات ذات الورنية.

وتعتبر الميكرومترات من أكثر أدوات القياس انتشارا في المصانع والورش ، وذلك لدقة قراءتها وسهولة استخدامها.

تستخدم الميكرومترات بصفة عامة لإتاحة الدقة في قياس الأجزاء والمشغولات بدرجة أكبر من دقة القدمات المنزلقة ، وذلك عن طريق التحكم في الحركة المحورية لقلاووظ عمود القياس ، ولاحتمال سوء استخدام الميكرومترات من خلال الضغط على الأجزاء أو المشغولات أثناء قياسها بدوران أسطوانة القياس الخارجية .. لذلك فقد زودت جميع الميكرومترات بمسمار تحسس (عجلة تفويت) لتحديد وانتظام قوة الضغط على الأجزاء المراد قياسها أثناء استخدامها ، لضمان دقة القياس بالإضافة إلى المحافظة على قلاووظ عمود القياس .. وبالتالي درجة حساسية الميكرومتر.

أنواع الميكرومترات : Types of micrometers

توجد أنواع أساسية من الميكرومترات التي تختلف أشكالها باختلاف نوع القياس

المطلوب من أجله وهي كالآتي :-

١. ميكرومتر القياس الخارجي.

٢. ميكرومتر قياس الداخلي.

٣. ميكرومتر قياس الأعماق.

٤. ميكرومتر قياس سن القلاووظ.

كما توجد ميكرومترات أخرى للقياسات الخاصة مثل ميكرومتر قياس أقطار

الأسلاك - ميكرومتر قياس سكاكين الفريز - ميكرومتر قياس أسنان التروس -

ميكرومتر قياس سمك المواسير - ميكرومتر قياس أعماق الخوابير وغيرها.

الميكرومترات من أدوات القياس الدقيقة والحساسة ، حيث تتأثر من خلال

انتقال حرارة يد الفني الذي يستخدمها ، لذلك فقد زودت جميع الميكرومترات الحديثة

بقطع من البكالييت المعروفة بعدم تأثرها بانتقال الحرارة ، بتغليف الأجزاء التي يلامسها

يد الفني أثناء استخدامها.

صممت أدوات وأجهزة القياس لاستخدامها عند درجة حرارة ثابتة قدرها عشرون

درجة مئوية (20°C) ، لذلك توصي الشركات المنتجة باستخدامها عند هذه الدرجة ،

وفي حالة استخدام أى ميكرومتر لفترات طويلة ، فانه يجب تثبيته على حامله الخاص

لتلافى التمدد الطولي.

ميكرومتر القياس الخارجي : Outside Micrometer

يستخدم ميكرومتر القياس الخارجي في قياس الأبعاد والأقطار الخارجية

للمشغولات والأجزاء ذات الأسطح المشطبة الدقيقة.

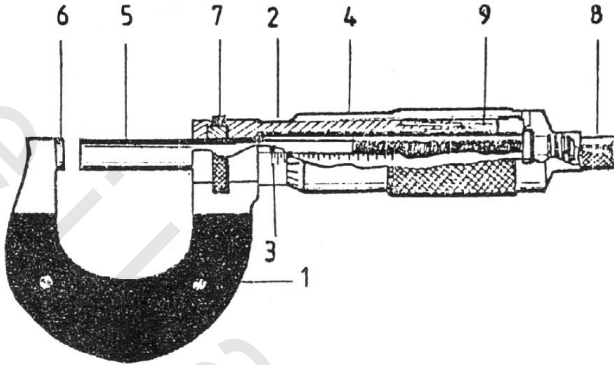
يتكون ميكرومتر القياس الخارجي الموضح بشكل ٩-١٩ من الأجزاء الآتية:-

١. الإطار: هو الهيكل الرئيسي الذي يحمل جميع أجزاء الميكرومتر ، وهو على شكل

قوس أو على شكل حرف U.

يصنع الإطار من سبيكة تتكون من النيكل والزنك والنحاس الأحمر وهي سبيكة غير قابلة للصدأ.

عادة يثبت عند موضع حملة مادة عازلة كالبكالييت (بكلا جانبي الإطار) ، وذلك لمنع انتقال حرارة اليد إليه أثناء استخدامه.



شكل ٩ - ١٩

ميكرومتر القياس الخارجي

٢. أسطوانة القياس الداخلية: مثبتة بالإطار وتحمل التقسيم الرئيسي بالمليمترات وأنصاف المليمترات.

٣. التقسيم الرئيسي: هو تقسيم طولي بأسطوانة القياس الداخلية بجميع أنواع الميكرومترات بطول ٢٥ ملليمتر فقط ، مهما كان نطاق قياسه . عادة يقسم بالمليمترات من الجهة العليا وأنصاف المليمترات من الجهة السفلى.

٤. أسطوانة القياس الخارجية: عبارة عن جلبة أسطوانية أو غلاف أسطواني بقلووظ داخلي خطوته ٠.٥ ملليمتر ، وهي نفس خطوة قلاووظ عمود القياس.

يوجد ببداية أسطوانة القياس الخارجية مخروط مقسم إلى ٢٥ قسم (أقسام متساوية) ، حيث يقابل التقسيم الرئيسي الأفقي الذي يحدد قيمة القياس بدقة. أثناء دوران أسطوانة القياس الخارجية (الغلاف الأسطواني) تتحول الحركة

الدائرية إلى حركة مستقيمة بعمود القياس في اتجاه قاعدة الارتكاز أو عكسها ، حسب اتجاه الدوران.

٥. عمود القياس: هو العمود المتحرك الذي يحصر الجزء المراد قياسه بينه وبين قاعدة الارتكاز المقابلة له.

يوجد بنهاية عمود القياس قلاووظ خارجي خطوته ٠.٥ ملليمتر (الجزء الداخلي الموضح بقطاع الميكرومتر) معشق مع القلاووظ الداخلي لأسطوانة القياس الخارجية.

عند دوران أسطوانة القياس الخارجية في اتجاه عقارب الساعة ، يتحرك عمود القياس حركة مستقيمة في اتجاه قاعدة الارتكاز ، لينحصر الجزء المراد قياسه بين عمود القياس وقاعدة الارتكاز.

٦. قاعدة الارتكاز: مثبتة بالإطار ، ينحصر الجزء المراد قياسه بينها وبين عمود القياس.

٧. فرملة حلقيّة: تستخدم بمثابة صامولة لتثبيت عمود القياس عند الحاجة إلى ذلك ، وتحل الفرملة عند استخدام الميكرومتر لقياس آخر.

٨. مسمار تحسس: يسمى أيضا بعجلة التفويت ، مثبت بنهاية أسطوانة القياس الخارجية ، الغرض منه هو تحديد قوة الضغط أثناء القياس ، لضمان دقة وحساسية الميكرومتر وتأكيدا لصحة القياس.

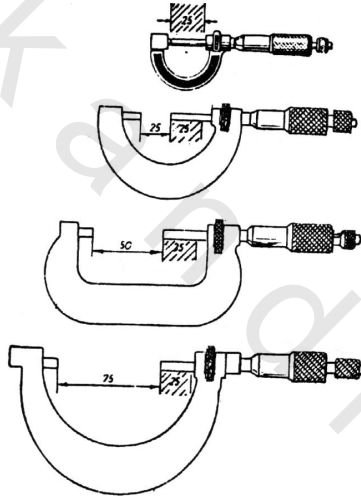
٩. حلقة ضبط الخلوص: مثبتة على نهاية قلاووظ أسطوانة القياس الداخلية ، الغرض منها هو ضبط الخلوص بين عمود القياس وأسطوانة القياس الداخلية ، وأيضاً لضبط أسطوانة القياس الخارجية على الصفر ، وذلك في حالة وجود أى خلوص أثناء اختبار الميكرومتر من حين لآخر.

للحفاظ على دقة وحساسية الميكرومترات المختلفة ، فقد وضع عند تصنيعها كساء من معدن صلد بالجزء الأمامي لعمود القياس ، وأيضاً على الجزء الأمامي

لقاعدة الارتكاز (الجزأين المعرضان للاحتكاك بالمشغولات المراد قياسها) وذلك للحفاظ عليهما من التآكل ، نتيجة لكثرة احتكاكيهما بالمشغولات المعدنية المختلفة أثناء عمليات القياس.

نطاق قياس الميكرومتر : Micrometer Measuring Range

ميكرومترات النظام المتري بجميع أنواعها وأشكالها وأحجامها .. طول مشوار عمود القياس بكل منها هو ٢٥ ملليمتر ، والغرض من تصنيعه بهذه الصورة وعدم زيادة طول مشوار عمود القياس هو المحافظة على دقة وحساسية الميكرومتر. أما مدى نطاق قياس الميكرومتر الموضح بشكل ٩ - ٢٠ فإنه يزيد بمقدار ٢٥ ملليمتر كالاتي:-



شكل ٩ - ٢٠

نطاق قياس الميكرومتر

- ميكرومتر قياس صفر - ٢٥ ملليمتر.
- ميكرومتر قياس ٢٥ - ٥٠ ملليمتر.
- ميكرومتر قياس ٥٠ - ٧٥ ملليمتر.
- ميكرومتر قياس ٧٥ - ١٠٠ ملليمتر.

• ميكرومتر قياس ١٠٠ - ١٢٥ ملليمتر .

• ميكرومتر قياس ١٢٥ - ١٥٠ ملليمتر .

.. ويزيادة قدرها ٢٥ ملليمتر .. ليصل مدي نطاق قياس الميكرومتر إلى ٥٠٠

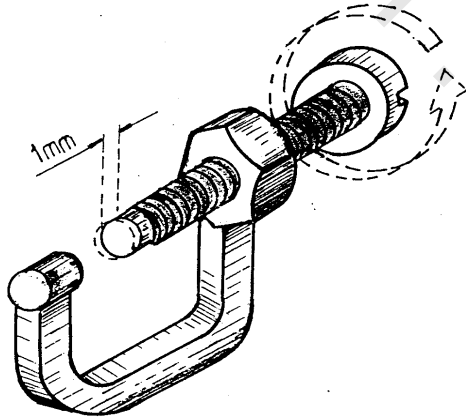
ملليمتر .

نظرية الميكرومتر

Micrometer Theory

بنيت نظرية الميكرومتر على فكرة محدد الضبط الدقيق بالقدمة ذات الورنية ، ومحدد الضبط الدقيق عبارة عن مسمار قلاووظ وصامولة ، الغرض منهما هو التحكم الدقيق في حركة الورنية.

∴ الحركة الأساسية التي بنيت عليها نظرية تصميم الميكرومتر ، هي تحويل الحركة الدائرية إلى حركة مستقيمة ، من خلال التحكم في حركة دوران مسمار قلاووظ بصامولة مثبت بها قاعدة على شكل حرف U كما هو موضح بشكل ٩ - ٢١ . فإذا كانت خطوة سن قلاووظ المسمار والصامولة واحد ملليمتر ، فإنه عند دوران المسمار دورة كاملة .. ينتج عنه تحرك المسمار إلى الأمام أو إلى الخلف حسب اتجاه الدوران ، مسافة قدرها واحد ملليمتر .



شكل ٩ - ٢١

نظرية الميكرومتر

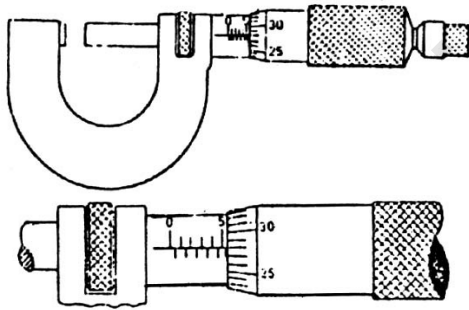
خطوة قلاووظ عمود القياس المعتادة والأكثر انتشارا بالميكرومترات ، هي ٠.٥ ملليمتر ، والغرض من صِفْرِ الخطوة هو الحصول علي الحركة الدقيقة أثناء القياس . علما بأنه يوجد ميكرومترات أخرى خطوة قلاووظ عمود قياسها هو واحد ملليمتر .. وهى أقل انتشارا . سنتناول في هذا الباب شرح نظام تدرّيج كل منهما .. مع عرض لقراءات مختلفة لهما .

الميكرومترات التي خطوة قلاووظ عمود قياسها ٠.٥ ملليمتر ، يوجد بمخروط أسطوانة قياسها تدرّيج مقسم إلى ٥٠ قسم . والميكرومترات التي خطوة قلاووظ عمود قياسها واحد ملليمتر ، يوجد بمخروط أسطوانة قياسها تدرّيج مقسم إلى ١٠٠ قسم . الغرض من هذه الأقسام هو تكبير الأجزاء الصغيرة .. مما يرفع دقة القراءة ، حيث تضاف هذه الأجزاء إلى قيمة القياس الأساسي بالتقسيم الرئيسي بأسطوانة القياس الداخلية ، للحصول على قراءة دقيقة .

قراءات مختلفة للميكرومتر:

مثال ١:

شكل ٩ - ٢٢ يوضح قراءة لميكرومتر صفر - ٢٥ ملليمتر ، دقة ٠.٠١ ملليمتر، ولزيادة الإيضاح فقد تم تكبير رأس الميكرومتر . أوجد قيمة القراءة ؟



شكل ٩ - ٢٢

قراءة الميكرومتر = 5.78 ملليمتر

أساسيات هندسة الإنتاج

قراءة الميكرومتر كالآتي :-

خط التقسيم الطولي الرئيسي بأسطوانة القياس الداخلية مقسم من أعلى بالمليمترات الصحيحة ومن أسفل بأنصاف المليمترات.. وهذا يعني أن خطوة قلاووظ عمود القياس = 0.5 ملليمتر.

قراءة التقسيم الرئيس العلوي = 5 ملليمتر

قراءة التقسيم الرئيسي السفلي = جزء واحد فقط = 0.5 ملليمتر

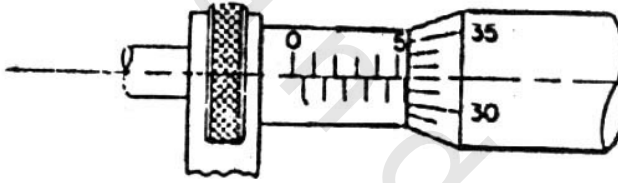
قراءة مخروط أسطوانة القياس = 28 جزء = $\frac{1}{2} \times \frac{28}{50} = 0.28$ ملليمتر

∴ قراءة الميكرومتر = 5 + 0.5 + 0.28 = 5.78 ملليمتر

مثال 2 :

شكل ٩ - ٢٣ يوضح قراءة لميكرومتر خارجي صفر . 25 ملليمتر ، دقة 0.01

ملليمتر . أوجد قيمة قراءة الميكرومتر ؟



شكل ٩ - ٢٣

قراءة الميكرومتر 5.82 ملليمتر

قراءة التقسيم الرئيسي العلوي = 5 ملليمتر.

قراءة التقسيم الرئيسي السفلي = جزء واحد = 0.5 ملليمتر.

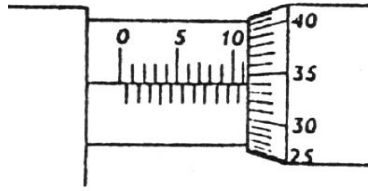
قراءة مخروط أسطوانة القياس = 32 جزء = $\frac{1}{2} \times \frac{32}{50} = 0.32$ ملليمتر.

∴ قراءة الميكرومتر = 5 + 0.5 + 0.32 = 5.82 ملليمتر

مثال ٣ :

شكل ٩ - ٢٤ يوضح قراءة لميكرومتر خارجي صفر . 25 ملليمتر ، دقة 0.01

ملليمتر . أوجد قيمة قراءة الميكرومتر ؟



شكل ٩ - ٢٤

قراءة الميكرومتر = 11.34 ملليمتر

قراءة التقسيم الرئيسي العلوي = 11 ملليمتر.

قراءة مخروط أسطوانة القياس = 34 جزء = $\frac{1}{50} \times \frac{34}{50} = 0.34$ ملليمتر.

∴ قراءة الميكرومتر = 0.34 + 11 = 11.34 ملليمتر.

الميكرومترات الداخلية : Inside Micrometers

تتشابه الميكرومترات الداخلية بصفة عامة مع الميكرومترات الخارجية من حيث خطوة عمود القياس والتقسيم الرئيسي بأسطوانة القياس ، وتختلف الميكرومترات الداخلية عن الخارجية من حيث وجود فكين (نقطتين ارتكاز) أو ثلاثة فكوك (ثلاثة نقط ارتكاز) بدلا من الإطار الذي على شكل قوس أو على شكل حرف U ، بالإضافة إلى القراءة العكسية بخط التقسيم الرئيسي بالميكرومترات الداخلية ، حيث صمم التدرج الرئيسي بأسطوانة القياس الداخلية بشكل عكسي عن ما هو متبع بالميكرومترات الخارجية.

توجد أشكال مختلفة للميكرومترات الداخلية ، لإمكان قياس الأبعاد والأقطار الداخلية لكافة المشغولات والأجزاء الدقيقة لتفي بالمتطلبات الصناعية المختلفة. فيما يلي عرض لجميع أشكال الميكرومترات الداخلية.

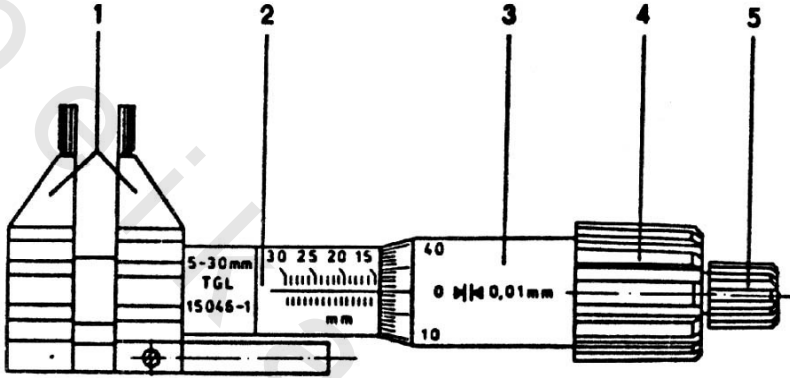
الميكرومتر الداخلي ذو الفكين دقة ٠.٠١ ملليمتر:

Inside Micrometer With Two Jaws 0.01 mm

يستخدم الميكرومتر الداخلي ذو الفكين دقة ٠.٠١ ملليمتر في قياس الأبعاد

والأقطار الداخلية للمشغولات والأجزاء الدقيقة.

صمم السطح الخارجي لمقدمة كل من فكي القياس على شكل قوس ، ليكون تلامس كل منهما مع السطح الداخلي للجزء المراد قياسه على شكل نقطة.
يتكون الميكرومتر الداخلي ذو الفكين دقة ٠.٠١ ملليمتر الموضح بالرسم التخطيطي بشكل ٩ - ٢٥ من الأجزاء الآتية:-



شكل ٩ - ٢٥

الميكرومتر الداخلي ذو الفكين دقة ٠.٠١ ملليمتر

١. فكي القياس .. (الفك الثابت والفك المتحرك).
٢. أسطوانة القياس الداخلية التي تحمل التقسيم الرئيسي بشكل عكسي.
٣. أسطوانة القياس الخارجية.
٤. غلاف أسطواني من الباكليت ، لعدم تسرب حرارة اليد للميكرومتر.
٥. مسمار تحسس.

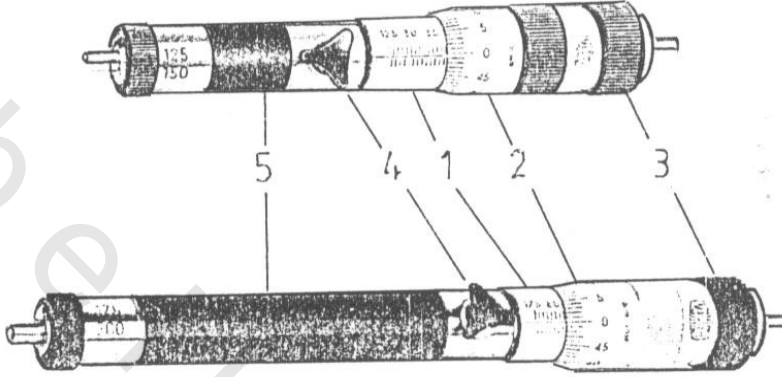
الميكرومتر الداخلي المجهز بقطع امتداد:

Inside Micrometer With Extension Pieces

يتشابه الميكرومتر الداخلي المجهز بقطع امتداد مع الميكرومتر الخارجي في التقسيم الرئيسي بأسطوانة القياس الداخلية ، وتدرج مخروط أسطوانة القياس الخارجية.

obeikandi.com

يستخدم الميكرومتر الداخلي المجهاز بقطع امتداد في قياس الأبعاد والأقطار الداخلية الكبيرة ، كما يستخدم بعد ربط وتثبيت ذراع التطويل في قياسات الأقطار الداخلية العميقة كما هو موضح بشكل ٩ - ٢٦ .



شكل ٩ - ٢٦

الميكرومتر الداخلي المجهاز بقطع امتداد

- ١ . أسطوانة القياس الداخلية.
- ٢ . أسطوانة القياس الخارجية.
- ٣ . عجلة تفويت .. (عجلة التحسس).
- ٤ . مسمار تثبيت.
- ٥ . قطع امتداد.

ملاحظة : 

يجب تلامس فكي الميكرومتر للسطح الداخلي للمشغولة بشكل عمودي مع حركة الميكرومتر بحركة متأرجحة ، للتأكد من التلامس الجيد وصحة القياس.

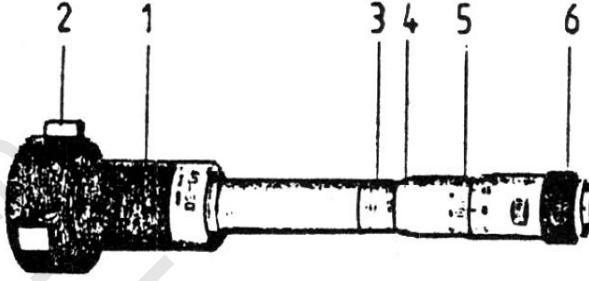
الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز:

Three Point Inside Bore Micrometer

يعتبر الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز من أفضل أنواع الميكرومترات الداخلية في قياس أقطار المشغولات الداخلية الهامة ، وذلك لوجود ثلاثة أذرع

يتلامسون مع سطح القطر الداخلي للمشغولة ، على هيئة نقط ارتكاز أثناء عملية القياس ، ليعطى قياسات ذات دقة عالية.

يتكون الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز الموضح بشكل ٩ - ٢٧ من الأجزاء الآتية:-



شكل ٩ - ٢٧

الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز

١. الهيكل.

٢. نقط الارتكاز.

٣. أسطوانة القياس الداخلية.

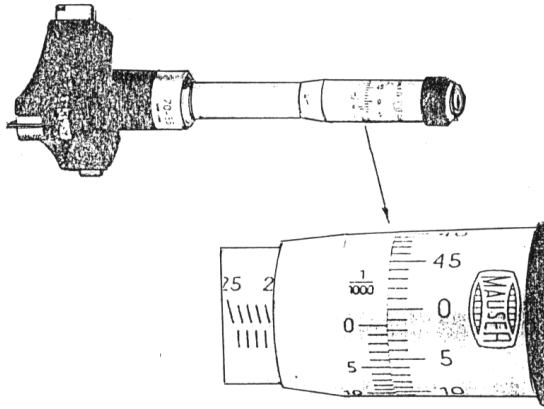
٤. أسطوانة القياس الخارجية.

٥. الورنية.

٦. عجلة تفويت.. (عجلة التحسس).

يستخدم الميكرومتر الداخلي ذو الثلاثة نقط ارتكاز في قياس الأقطار الداخلية ومجاري الأقطار الداخلية من ٦ . ٣٠٠ . ملليمتر.

زود الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز بورنية شكل ٩ - ٢٨ تحمل تقسيم دقته ٠.١ ملليمتر، ليصل دقة قياسه إلى ٠.٠٠١ ملليمتر.



شكل ٩ - ٢٨

زود الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز بورنية

ليصل دقة قياسه إلى ٠.٠٠٠١ ملليمتر

يستخدم الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز في قياس الأقطار الداخلية ،
ومجارى الأقطار الداخلية ، ذود الميكرومتر بورنية تحمل تقسيم دقته ٠.١ ملليمتر ،
ليصل دقة قياسه إلى ٠.٠٠٠١ ملليمتر.

العناية بالميكرومترات

الميكرومترات هي أجهزة قياس مباشرة، بنيت نظريتها على دوران مسمار قلاووظ،
داخل صامولة لتتحول الحركة الدائرية إلى حركة مستقيمة، وبذلك يمكن قياس الأبعاد
والأقطار بدقة تصل إلى 0.001 مم.

يتوقف أداء الميكرومترات على طريقة استعمالها والعناية التي تجرى بها عمليات
القياس ، ولارتفاع ثمنها وللمحافظة على دقتها وحساسيتها لكي تكون بحالة جيدة ،
يجب اتباع الإرشادات التالية :-

١. عدم دوران جسم الميكرومتر بغرض الوصول السريع إلى البعد المطلوب قياسه
أثناء أو بعد عملية القياس ، حيث تؤثر هذه الطريقة على التآكل السريع في
قلاووظ عمود القياس.

٢. عدم استخدام الميكرومتر كمحدد قياس فرجاري ، حيث يؤثر ذلك على الضغط على قلاووظ عمود القياس.
٣. يجب استخدام عجلة التفويت (مسمار التحسس) أثناء عملية القياس وذلك للحصول على القياس الدقيق ، بالإضافة إلى المحافظة على دقة وحساسية الميكرومتر.
٤. يجب ترك مسافة صغيرة بين فكي قياس ميكرومتر 0 . 25 مم عند تخزينه .. أي عدم تخزينه وفكيه متلاصقين ، لأنه بمضي مدة طويلة قد ينتج تآكل في سطحي القياس.
٥. يجب المحافظة على الميكرومترات من الصدمات والصدأ وعدم وضعها أو تخزينها في وسط العدد بالأدراج.
٦. يجب مراعاة أن الميكرومترات تتمدد بالحرارة، لذلك يجب استخدامها من خلال الجانبين البكاليت لعدم تأثرها بحرارة اليد ، ويفضل إستخدامها وتخزينها عند درجة حرارة ٢٠°م.
٧. عدم ترك الميكرومترات لفترات طويلة على المخارط بأعلى الرأس الثابت (بأعلى صندوق تروس السرعات) بدون حاجز واقى من الحرارة ، حيث ارتفاع درجات الحرارة تأثر تأثيراً بالغاً على دقتها وحساسيتها وبالتالي على دقة القياس ، بل يجب وضعها على ألواح خشبية أو على مسطحات من الكاوتشوك أثناء استخدامها على آلات الإنتاج المختلفة.
٨. عدم تنظيف الميكرومتر أو تلميعها بأوراق الصنفرة مهما كانت نعومتها.
٩. يراعى عدم تنظيف أجزاء الميكرومتر الداخلية بالبنزين ، وتزييته بزيت خفيف خاص بالأجهزة الدقيقة في مكان واحد فقط هو لولب عمود القياس.
١٠. التأكد من دقة وحساسية الميكرومترات بمراجعتها دورياً بقياس مجموعة قوالب قياس بأبعاد مختلفة.

١١. تحفظ الميكرومترات في العلب، وتخزن في الأماكن المخصصة لها.
١٢. عند تخزين الميكرومترات لفترات طويلة، يجب تغليفها بأوراق شمعية وحفظها بأماكن مغلقة بعيدة عن الرطوبة ، ويوصي أن تكون في درجة حرارة قدرها 20 درجة مئوية.

اختبار دقة قياس الميكرومترات :

يوصي بمراجعة واختبار دقة قياس الميكرومترات من حين لآخر بواسطة قوالب القياس ذات الأسطح المتوازية ، لضبطها أو للتأكد من دقتها.

قوالب القياس

Gauge Blocks

قوالب القياس عبارة عن مجسمات قياس (محددات قياس)، وهي تمثل أدق وسيلة قياس واختبار في الورشة، ويمكن استخدام قوالب القياس العيارية سواء للقياس المباشر، أو لمقارنة القياسات من أجل مراقبة جودة الإنتاج أو لضبط أجهزة القياس. تنقسم قوالب القياس إلى نوعين أساسيين هما:-

١. قوالب القياس المتوازية

٢. قوالب قياس الزوايا

أولاً: قوالب القياس المتوازية : Parallel Gauge Blocks

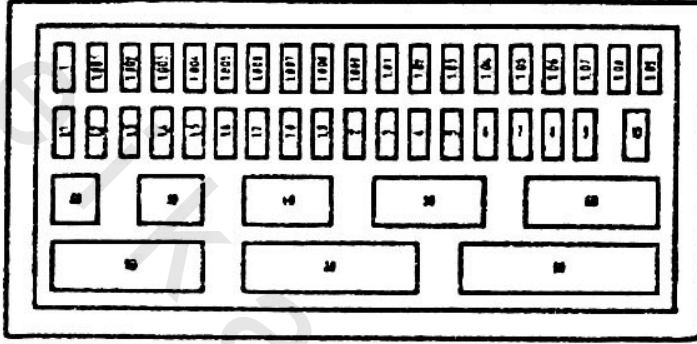
عبارة عن كتل قياس علي شكل متوازي مستطيلات ذات أسطح قياس متوازية بالغة الدقة، وتعتبر من أهم وأدق أنواع قنود القياس، اخترعها العالم السويدي جوهانسن (Johansson) عام 1891 ميلادية، وبدأ أول إنتاج تجاري لها على نطاق محدود عام 1911 ميلادية. تسمى بالوسط الفني بقوالب جوهانسن نسبة إلى مخترعها، كما تسمى بمحددات القياس المنزلقة Slip Gauge نسبة إلى سهولة انزلاقها.

تتميز قوالب القياس المتوازية بإمكان جميع أي عدد من قوالب القياس العيارية لتكوين مقاس معين ، وفي هذه الحالة يتم إزاحة القوالب في مقابلة بعضها البعض ،

أساسيات هندسة الإنتاج

مع تسليط الضغط الخفيف لكي تتماسك القوالب ببعضها البعض بقوة الالتصاق الموجودة على أسطحها.

تتداول قوالب القياس المتوازية بالأسواق التجارية على هيئة مجموعات بصناديق خشبية كما هو موضح بشكل ٩ - ٢٩ ، وتختلف هذه المجموعات عن بعضها البعض باختلاف أطوال القوالب وعددها.



شكل ٩ - ٢٩

مجموعة قوالب قياس متوازية مكونة من 45 قالب

تصنع قوالب القياس من الصلب السبائكي المعامل حرارياً والخالي من الاجهادات الداخلية، وهي قوالب صغيرة الحجم على شكل متوازي مستطيلات، وعادة يكون مقطعها كما هو موضح بشكل ٩ - ٣٠ بالقياسات التالية:-

(أ) أبعاد القوالب التي تزيد قياساتها عن 10 مم هي 9 × 35 مم.

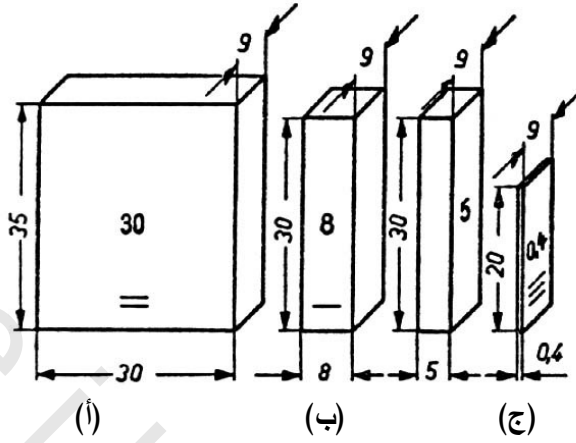
(ب) أبعاد القوالب التي قياساتها ما بين 10.5 مم هي 9 × 30 مم.

(ج) أبعاد القوالب التي قياساتها أقل من 5 مم هي 9 × 20 مم.

يجهز السطحان المتوازيان تجهيزاً عالي الدقة بحيث يصل إلى درجة فائقة من النعومة والاستواء واللمعان ، بحيث يعتبر سطح كل منهما سطحاً مسطحاً ضوئياً Optical flat Surface.

المسافة بين سطحي القياس المتوازيين تمثل طول القالب وهي مسجلة على

سطح القالب بالحفر ، وتعتبر هي البعد الاسمي وكمرجع للقياس.



شكل ٩ - ٣٠

أبعاد قوالب القياس

(أ) قوالب قياس أبعادها 9×35 مم ، تستخدم في قياس الأبعاد الأكبر من 10 ملليمتر.

(ب) قوالب قياس أبعادها 9×30 مم ، تستخدم في قياس الأبعاد ما بين 10 . 5 ملليمتر.

(ج) قوالب قياس أبعادها 9×20 مم . تستخدم في القياس الأقل من 5 ملليمتر.

فئات قوالب القياس : Gauge Block Grades

تعتبر قوالب القياس المنزلة من أهم أنواع أدوات الضبط والمقارنة ، وهي الأساس الذي يعاير ويضبط عليها جميع أدوات وأجهزة القياس.

تصنع قوالب القياس بأربعة درجات (رتب) متفاوتة في الدقة ، فيما يلي فئات (رتب) القوالب متدرجة تبعاً لدرجات دقتها:-

١. القوالب الإمامية .. يرمز لها بالرمز 0 0 .
٢. قوالب المراجع .. يرمز لها بالرمز 0 .
٣. قوالب التفتيش .. يرمز لها بالرمز 1 .

٤. قوالب التشغيل .. يرمز لها بالرمز ٢ .

تصنع القوالب الإمامية التي يرمز لها بالرمز 0 0 بأقل تفاوتات ممكنة عملياً. توجد في معامل الأبحاث والمعايرة فقط في حجرات مكيفة قياسية ، وتستخدم هذه القوالب المصنعة بهذه الدرجة من الجودة بمثابة مراجع فقط (أي مصادر قياس أساسية) ، وذلك لمراجعة الرتبة أو الفئة التي تليها .. مثل مراجعة محددات القياس الفائقة الدقة.

توجد قوالب المراجع التي يرمز لها بالرمز 0 في معامل القياس في حجرات مكيفة ، وتستخدم في مراجعة الفئة التي تليها .. مثل مراجعة محددات القياس العادية وضبط أجهزة القياس ، وتحديد الأبعاد الدقيقة في صناعة الضبعات.

وتوجد قوالب التفتيش التي يرمز لها بالرمز 1 في حجرات التفتيش المكيفة الموجودة بالمصانع المختلفة، وتستخدم في مراجعة الفئة التي تليها.. مثل مراجعة وضبط محددات القياس الأقل دقة، ولضبط العدد والضبعات وما أشبه ذلك.

كما توجد قوالب التشغيل التي يرمز لها بالرمز 2 في ورش الإنتاج والتشغيل ، وتستخدم في ضبط ماكينات التشغيل وفي عمليات التخطيط والشنكرة وقياس أبعاد الأجزاء المصنعة التي تحتاج إلى عناية ودقة عالية.

لصق قوالب القياس :

عند انزلاق جزء ذو سطح نظيف مستوي بدرجة استواء عالية مع جزء آخر ذو سطح مماثل وتحت ضغط خفيف ، فإن هذين الجزأين يلتصقا ببعضهما البعض ، ويرجع ذلك إلى تجاذب ذرات كل من السطحين الأملسين وإلى الضغط الجوي. ولدرجة دقة استواء ونعومة قوالب القياس العالية ، فإن أسطح قياسها تلتصق مع بعضها البعض بالدك والضغط ، لتصل درجة تحملها إلى قوة شد تعادل 125 كجم.

إرشادات :

يراعى عند لصق قوالب القياس إتباع الإرشادات الموضحة بشكل ٩ - ٣١ وهي كالآتي :-

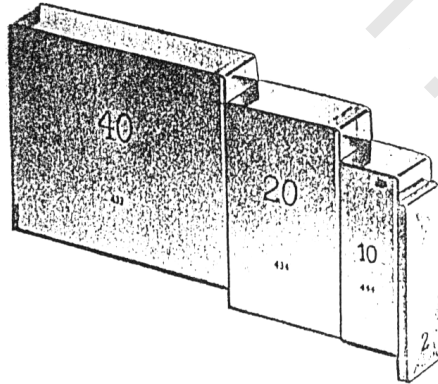
١. يجب تنظيف أسطح قوالب القياس المراد تجميعها جيداً.
٢. يوضع القالبان أحدهما فوق الآخر بحيث تكون مسافة التلامس أقل ما يمكن ولتكن 2 ملليمتر.



شكل ٩ - ٣١

لصق القوالب

3. يستمر في انزلاق القالب العلوي على القالب السفلي مع الدوران جهة اليمين واليسار حتى يلتصقا.
4. يجب تجميع القوالب جميعاً تصاعدياً بالنسبة لأطوالها كما هو موضح بشكل ٩ - ٣٢.



شكل ٩ - ٣٢

تجميع قوالب القياس جميعاً تصاعدياً بالنسبة لأطوالها
بذلك يمكن تجهيز أي بعد سواء باستخدام مجموعة قوالب قياس (بضغط كل قالبين
فوق بعضهما مع ذلك أي بتحريك أسطح التلامس حتى يلتصقا) أو باستخدام قالب
واحد له نفس القياس إن وجد.

مجموعات قوالب القياس : Gauge Block Sets

تنتج دور الصناعة قوالب قياس على هيئة مجموعات متدرجة في الطول (كل
مجموعة داخل صندوق خشبي)، وتختلف كل مجموعة عن الأخرى باختلاف عدد قوالب
القياس وأطوالها.

يتراوح عدد قوالب القياس بالمجموعات المختلفة كما يلي:-
103 - 91 - 83 - 47 - 46 - 41 - 38 - 36 - 32 - 26
- 14 كما تنتج بعض الشركات الصناعية مجموعات أخرى لقوالب القياس مختلفة في
الأطوال والأعداد.

فيما يلي الجداول من ٩ - ١ إلى ٩ - ٤ التي توضح أطوال قوالب القياس لأربعة
مجموعات مختلفة وهي كالآتي :-

جدول ٩ - ١

المجموعة الأولى

عدد القوالب	أطوال القوالب بالمليمترات	مقدار الزيادة في كل قالب
1	1.005	
49	1.01 . 1.49	0.01
49	0.5 . 24.5	0.5
4	25 . 100	25
١٠٣	المجموع	

جدول ٩ - ٢

المجموعة الثانية

عدد القوالب	أطوال القوالب بالمليمترات	مقدار الزيادة في كل قالب
9	1.001 . 1.009	0.001
49	1.01 . 1.49	0.01
4	1.6 . 1.9	0.1
19	0.5 . 9.5	0.5
10	10 : 100	10
91	المجموع	

جدول ٩ - ٣

الجموعة الثالثة

عدد القوالب	أطوال القوالب بالمليمترات	مقدار الزيادة في كل قالب
1	1.005	
19	1.01 . 1.19	0.01
8	1.2 . 1.9	0.1
9	1 . 9	1
10	10 . 100	10
47	المجموع	

جدول ٩ - ٤

الجموعة الرابعة

عدد القوالب	أطوال القوالب بالمليمترات	مقدار الزيادة في كل قالب
1	1.005	
9	1.01 . 1.19	0.01
9	1.1 . 1.9	0.1
10	1 . 10	1
3	50 ، 30 ، 20	
32	المجموع	

أمثلة :

فيما يلي أمثلة لتكوين مجموعة أبعاد من خلال ضغط وذلك مجموعة مختارة من قوالب القياس من المجموعات السابق ذكرها:-

مثال 1 :

يراد اختيار مجموعة قوالب قياس لتكوين البعد 87.995 ملليمتر عن طريق استخدام المجموعة الأولى لقوالب القياس السابق توضيحها .. أوجد القوالب المختارة ؟
الحل :

تتبع هذه الطريقة للحصول على القوالب المختارة لتكوين البعد المطلوب.

1- يكتب البعد المطلوب تكوينه.....87.995

2- اختيار قالب يحتوي على رقم 0.005 مم،

ويكتب على اليسار.....

$$\begin{array}{r} 1.005 - \\ 86.990 \\ \hline 1.005 \end{array}$$
 الباقي من الطرح

3- اختيار قالب يحتوي على الرقم

0.090 مم، ويكتب على اليسار

4- اختيار 3 قوالب مقاس 25 مم

الباقي بعد الطرح

5- اختيار قالب بالقياس الباقي.....

وهو 10.5 مم

..... + = 10.5

..... بالجمع = 87.995 مم

∴ القوالب المختارة لتكوين البعد المطلوب هي ستة قوالب كما يلي:-

1.005 مم ، 1.490 مم ، 25 مم ، 25 مم ، 10.5 مم.

مع ملاحظة تجميع القوالب جميعاً تصاعدياً بالنسبة لأطوالها كما يلي:-

$$1.005 - 1.49 - 10.5 - 25 - 25 - 25 \text{ مم}$$

مثال 2 :

يراد اختيار مجموعة قوالب لتكوين البعد 69.469 ملليمتر عن طريق استخدام المجموعة الثانية لقوالب القياس السابق توضيحها. أوجد القوالب المختارة؟.

الحل :

$$\begin{array}{l}
 \text{1- يكتب البعد المطلوب تكوينه} \dots\dots\dots 69.469 \\
 \text{2- اختيار قالب يحتوي على الرقم} \quad \begin{array}{r} 1.007 - \\ \hline 68.490 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{٧.٠٠٠ مم ويكتب على اليسار} \dots\dots \\ \text{الباقي بعد الطرح} \dots\dots\dots \end{array} \\
 \text{3- اختيار القالب 1.49 يكتب على اليسار} \quad \begin{array}{r} 1.490 - \\ \hline 67.000 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{١.٤٩٠ +} \\ \text{الباقي بعد الطرح} \dots\dots\dots \end{array} \\
 \text{4- اختيار القالب 7 مم ويكتب على} \quad \begin{array}{r} 7.000 \\ \hline 60.000 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{٧.٠٠٠ +} \\ \text{اليسار..} \\ \text{الباقي بعد الطرح} \dots\dots\dots \end{array} \\
 \text{5- اختيار القالب 60 مم} \dots\dots\dots \begin{array}{r} 60.000 \\ \hline 00.0000 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{60.000 +} \\ \hline \text{بالجمع 69.497 + مم} \end{array}
 \end{array}$$

∴ القوالب المختارة لتكوين البعد المطلوب هي أربعة قوالب كما يلي:-

1.007 مم ، 1.49 مم ، 7 مم ، 60 مم.

مثال 3 :

يراد اختيار مجموعة قوالب لتكوين البعد 99.995 ملليمتر عن طريق استخدام المجموعة الثالثة لقوالب القياس السابق توضيحها. أوجد القوالب المختارة ؟

الحل:

$$1- \text{ يكتب البعد المطلوب تكوينه} \dots\dots\dots 99.995$$

أساسيات هندسة الإنتاج

١.٠٠٥ +	$\frac{1.005 -}{98.990}$	٢- اختيار قالب يحتوي على الرقم 0.005 الباقي
+1.190	$\frac{1.190 -}{97.800 =}$	3- اختيار قالب يحتوي على الرقم 0.19 مم الباقي
+1.800	$\frac{1.800 -}{96.000 =}$	٤- اختيار قالب يحتوي على الرقم 0.8 مم الباقي
+6.000	$\frac{6.000 -}{90.000 =}$	5- اختيار القالب 6 مم الباقي
$\frac{90.000 +}{\text{بالجمع} + 99.995 \text{ مم}}$	$\frac{90.000 -}{00.0000 =}$	6- اختيار القالب 90 مم

∴ القوالب المختارة لتكوين البعد المطلوب هي خمسة قوالب كما يلي:-

1.005 مم ، 1.19 مم ، 1.8 مم ، 90 مم.

ملاحظة :

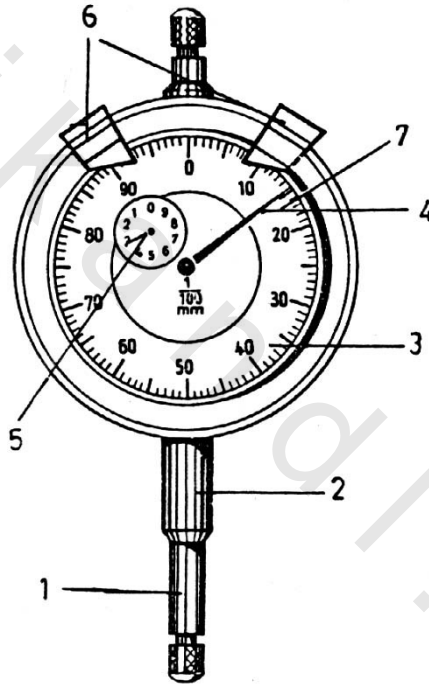
مقدار الانحراف في توازي أو استواء مجموعة قوالب قياس مقدارها ١٠٠ ملليمتر ، لا يزيد عن ± 0.2 ميكرومتر .. أي 0.002 ملليمتر ، ويصل مقدار الانحراف إلى حده الأعلى ± 0.55 ميكرومتر أي 0.055 ملليمتر لمقاسات مجموعة القوالب التي تزيد عن 470 ملليمتر.

وتعتبر درجة الحرارة القياسية التي تدرج عندها أدوات وأجهزة القياس بصفة عامة هي 20 درجة مئوية أو 68 درجة فهرنهايت ، حيث إن المعادن تتأثر أطوالها بدرجة الحرارة ، ومن ثم فإن القياسات يجب أن تجرى عند الدرجة القياسية السابق ذكرها .. وهذا هو السبب في اشتراط وجود تكييف هواء بمعامل القياس.

مبين القياس ذو القرص المدرج

Dial Indicator

يعتبر مبین القياس ذو القرص المدرج من أكثر أنواع أجهزة القياس البينانية انتشاراً ، حيث يمكن بيان قيمة القياس أو مقدار الانحراف في أبعاد المشغولات مكبرة بنسبة ١ : ١٠٠ (للمبينات التي دقة قياسها ٠.٠١ ملليمتر) كما هو موضح بشكل ٩ - ٣٣ ، ونسبة ١ : ١٠٠٠ (للمبينات التي دقة قياسها ٠.٠٠١ ملليمتر) ، كما تصل نسبة التكبير إلى ١ : ٢٠٠٠ (للمبينات الفائقة الدقة التي تبلغ دقة قياسها ٠.٠٠٠٥ ملليمتر .. أي (٠.٥ ميكرون)).



شكل ٩ - ٣٣

مبین القياس ذو القرص المدرج

١. عمود التحسس.
٢. اسطوانة التثبيت.
٣. قرص دائري مقسم إلى ١٠٠ قسم.

أساسيات هندسة الإنتاج

٤. المؤشر الكبير.

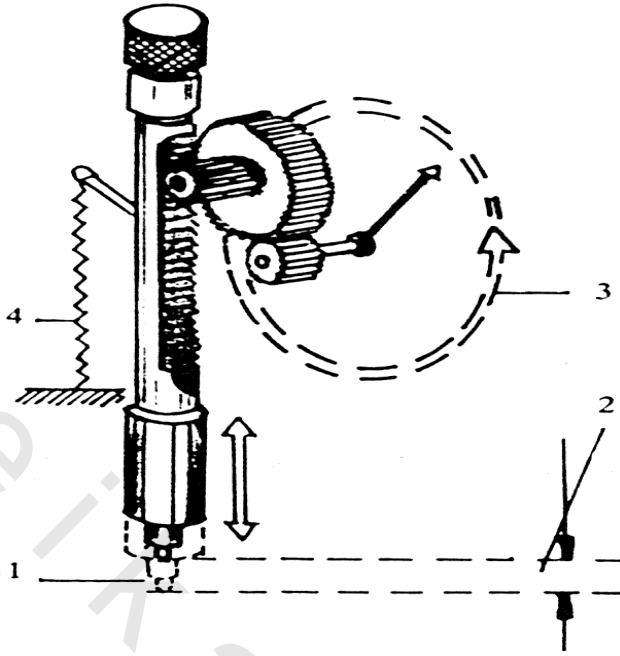
٥. المؤشر الصغير وتدرجات تشير إلى المليمترات الكاملة.

٦. علامات ضبط مقدار التفاوتات المسموح بها.

٧. تدرجات تشير إلى ٠.٠١ ملليمتر.

يتكون مابين القياس ذو القرص المدرج بصفة عامة كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل ٩ - ٣٤ من جريدة مسننة ومجموعة تروس لتكبير نقل الحركة ، ونابض لولبي (ياى) ، ومؤشران إحداهما كبير والآخر صغير . القرص المدرج لمبين القياس مقسم إلى ١٠٠ جزء (أجزاء متساوية) ، بحيث يعادل الجزء الواحد ٠.٠١ ملليمتر ، ويشير التدرج الدائري الصغير إلى المليمترات الكاملة ، أى إنه عند تحرك المؤشر الكبير دورة كاملة ، ينتج عنه تحرك المؤشر الصغير قسم واحد فقط .. أى ملليمتر واحد.

يوجد بنهاية عمود التحسس جريدة مسننة ، الغرض منها هو دوران ترس صغير لنقل الحركة إلى مجموعة تروس ، الذي ينتج عنها تحرك المؤشر ليوضح مقدار الانحراف بدقة عالية.



شكل ٩ - ٣٤

رسم تخطيطي يوضح الترتيب الميكانيكية لمبين قياس بأبسط صورة

١. إصبع عمود التحسس.

٢. مسافة تحرك عمود التحسس.

٣. مسار المؤشر.

٤. نابض لولبي (ياي).

مميزات مبيّنات القياس:

Advantages of measurement indicator gauges

تتميز مبيّنات القياس بصفة عامة بالصفات التالية :-

١. صغيرة الحجم وخفيفة الوزن.

٢. سهولة التداول والتخزين.

أساسيات هندسة الإنتاج

٣. مريحة في ضبطها وقراءتها.
٤. يمكن من خلال القرص المدرج القابل للدوران ضبط مؤشر المبين على وضع الصفر في أى مكان بمحيط القرص.
٥. يتيح فحصاً سريعاً للقياس المراد اختباره ، ومن ثم فإنه يوضح قياس المشغولة الفعلية واقعاً بين الحدين السماحيين للقياس ، أى داخل نطاق التجاوزات المسموح بها أو خارج هذا النطاق.
٦. يمكن من خلال التجهيزات الخاصة بها استخدامها بأفضل صورة.

أدوات وأساليب قياس الزوايا

Angle Measuring Equipment & Techniques

يتم تخطيط وقياس الزوايا المختلفة (الحادة . القائمة . المنفرجة) باستخدام زوايا ثابتة ذات قيم ثابتة أو باستخدام زوايا متحركة ، وهى أدوات قابلة للضبط ومزودة بمعايير مدرجة لتحديد قيم الزوايا المطلوب تخطيطها أو فحصها.

وتعرف وحدات قياس الزوايا بالدرجات والدقائق والثواني . يستخدم لقياس الزوايا أو تخطيطها أنواع مختلفة من الزوايا.

فيما يلي عرض لجميع أنواع الزوايا المستخدمة في عمليات التخطيط والفحص ، ونظام تدريج الزوايا المتحركة ذات الورنية القابلة للضبط ، مع عرض قراءات مختلفة لكل منها على حدة.

الزوايا : Angles

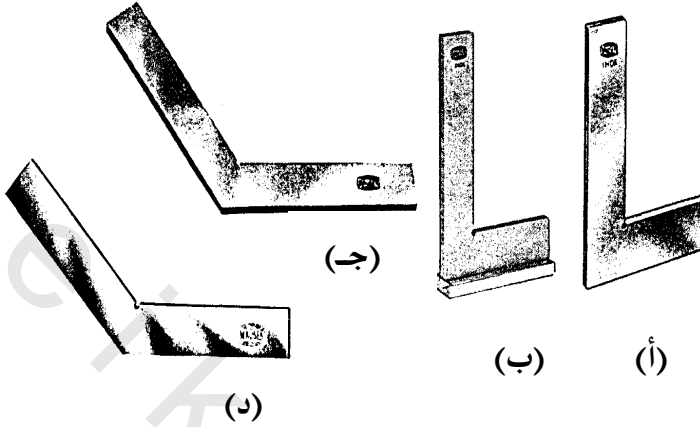
تعتبر الزوايا المختلفة الأنواع والأشكال من أدوات الشنكرة ، كما تعتبر الزاوية القائمة من أساسياتها.

تنقسم الزوايا إلى نوعين أساسيين هما :-

الزوايا الثابتة : Flat Squares

تصنع الزوايا الثابتة من الصلب المتوسط الصلادة (صلب لا يصدأ) تقسي وتجلخ ، مقطوعها مستطيل ، أما الجزء العلوي الذي يسمى بالوجه مقطوعة مستطيل ذو سمك رقيق ، أو مشطوف ليساعد على وضوح الرؤية أثناء استخدامها لاختبار استواء المشغولات.

تتكون الزوايا الثابتة من ضلعين محصورة بينهما زاوية ذات قيمة ثابتة كما هو موضح بشكل ٩ - ٣٥ وهى كما يلي:-



شكل ٩ - ٣٥

الزوايا الثابتة

- (أ) زاوية قائمة 90° وهي الأكثر انتشاراً .. تستخدم في اختبار تعامد المشغولات.
- (ب) زاوية قائمة 90° ذات قاعدة .. لاستخدامها في شنكرة ومراجعة تعامد المشغولات.
- (ج) زاوية منفرجة 120° .. لاستخدامها في اختبار تعامد المشغولات المسدسة.
- (د) زاوية منفرجة 135° .. لاستخدامها في اختبار تعامد المشغولات المثلثة.

الزوايا المتحركة : Moving Angles

تصنع الزوايا المتحركة من الصلب المتوسط الصلادة أو من الصلب الذي لا يصدأ . تتكون من جزأين أو أكثر . تنزلق المسطرة المتحركة على المسطرة الثابتة التي تحمل المنقلة على مجارى انزلاق ، تثبت المسطرة المتحركة بمسمار قلاووظ عند إتمام

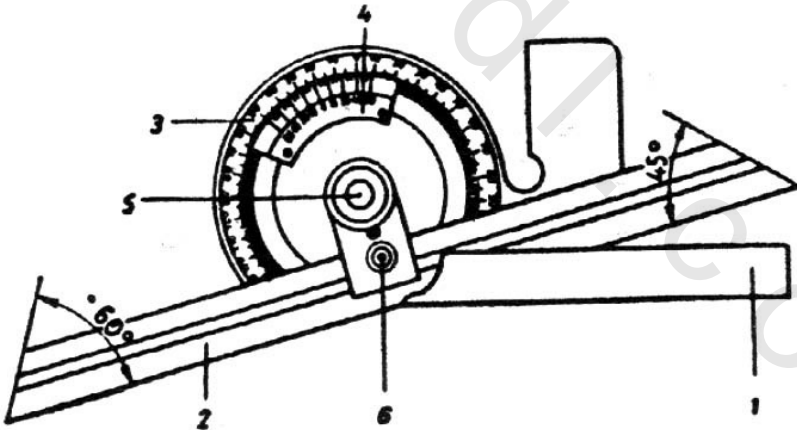
عملية القياس . المنقلة هي الجزء الأساسي بجميع أشكال الزوايا المتحركة ، حيث تثبت المنقلة على المسطرة الثابتة لتحديد قيمة الزوايا أثناء تخطيطها أو مراجعتها.

صممت الزوايا المتحركة بعدة أشكال ، الغرض منها هو قياس زوايا المشغولات المختلفة وأنواع الزوايا المتحركة هي كما يلي:-

الزاوية ذات الورنية : Vernier Angle

تسمى أيضا بالمنقلة الدائرية ذات الورنية أو بزاوية كوستيلا ، وهي جهاز دقيق يستخدم للتحقيق ولرسم جميع أنواع الزوايا مهما كان شكل وحجم المشغولة. بنية نظرية تدريج ورنية الزاوية على نظرية منقلة البراد (المنقلة البسيطة) بعد تطويرها.

تتكون الزاوية ذات الورنية الموضحة بشكل ٩ - ٣٦ من مسطرة ثابتة تحمل قرص المقاس الرئيسي المقسم على 360° ومسطرة متحركة تحمل القرص الذي يحمل الورنية . دقة قياس الورنية $\frac{1}{12}$ أي $5'$.. (خمس دقائق).



شكل ٩ - ٣٦

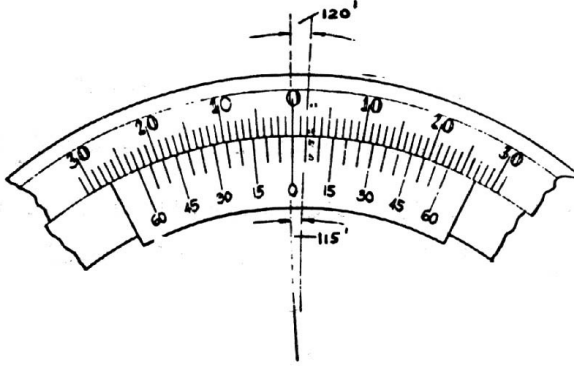
الزاوية ذات الورنية

١. المسطرة الثابتة .. (مثبتة مع قرص التقسيم الرئيسي).
 ٢. المسطرة المتحركة أو ذراع القياس .. تتحرك داخل منزلقة في قرص الورنية.
 ٣. منقلة دائرية أو قرص مدرج يحمل التقسيم الرئيسي على 360° .
 ٤. ورنية منزلقة دقة قياسها $\frac{1}{12}^{\circ}$ أى $5'$.. (الورنية مثبتة على قرص يسمى بقرص الورنية).
 ٥. مسمار تثبيت قرص الورنية.
 ٦. مسمار تثبيت المسطرة المتحركة.
- تقسم المنقلة الدائرية أو القرص المدرج الذي يحمل التقسيم الرئيسي إلى أربعة أقسام كل منها 90° ، وترقم التقسيمات في كل قسم من صفر إلى 90° في اتجاه ، ثم من 90° إلى صفر في ترتيب تنازلي.
- تتميز الزاوية أو المنقلة الدائرية بوجود ورنية على المسطرة المتحركة ، تنزلق على التقسيم الرئيسي وذلك للحصول على قياسات أكثر دقة من المنقلة البسيطة ، حيث تحدد قيمة الزوايا المختلفة بالدرجات والدقائق ، والتي يصل دقة قياسها إلى خمس دقائق ، بالإضافة إلى وجود زاوية قدرها 45° ، 60° على جانبي المسطرة المتحركة ، وتنتهي بزاوية 90° بجانب المسطرة الثابتة ، وذلك لمراجعة الزوايا ذات القيم الثابتة.

نظام تدريج ورنية الزاوية : System of Vernier angle

يختلف تدريج ورنية الزاوية عن تدريج الورنية بالقدمة ، حيث أن ورنية الزاوية مقسمة بواسطة خط صفر التدريج الرئيسي ، كما يستخدم الجزء الأيسر من الورنية عندما يقع صفر الورنية على يسار خط صفر التدريج الرئيسي.

يوضح شكل ٩ - ٣٧ رسم تخطيطي للزاوية أو للمنقلة الدائرية أثناء انطباق صفر التقسيم الأساسي بالمنقلة مع صفر التقسيم المساعد بالورنية.



شكل ٩ - ٣٧

نظام تدريج ورنية الزاوية

أخذت مسافة قدرها ٢٣ درجة من التقسيم الأساسي من الجهتين اليمنى واليسرى بالمنقلة الدائرية وقسمت إلى ١٢ قسم (أقسام متساوية) على الورنية المنزلقة من كلا الجهتين اليمنى واليسرى ، بحيث ينطبق صفر التقسيم الرئيسي بالمنقلة الدائرية مع صفر التقسيم المساعد بالورنية المنزلقة . بذلك يكون مقدار القسم الواحد بالورنية المنزلقة.

$$= 23 \text{ درجة} \div 12 \text{ قسم} = 1 \frac{11}{12}^{\circ}$$

وحيث أن كل قسمين من التقسيم الرئيسي بالمنقلة الدائرية يساوي ٢ درجة ويكافئ قسم واحد من التقسيم المساعد بالورنية المنزلقة، هذا يعني أن الفرق بين قيمة قسمين من التقسيم الرئيسي وقسم واحد من التقسيم المساعد بالورنية.

$$= 2 - 1 \frac{11}{12}^{\circ} = \frac{1}{12}^{\circ}$$

$$= 5 \text{ دقيقة} = 60 \times \frac{1}{12}$$

وهي دقة قياس ورنية المنقلة الدائرية.

قراءات مختلفة للزاوية ذات الورنية دقة ٥' :

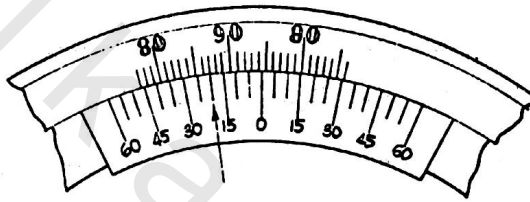
Reading the Vernier angle 5'

فيما يلي رسوم تخطيطية توضح قراءات مختلفة للمنقلة الدائرية دقة ٥' ،
وذلك نتيجة لتحرك المسطرة المتحركة والورنية المنزقة لتحديد قيمة الزاوية المراد
قياسها.

مثال ١ :

شكل ٩ - ٣٨ رسم تخطيطي لجزء من المنقلة والورنية الذي يوضح قيمة

قياس وهو كالآتي:-



شكل ٩ - ٣٨

قراءة المنقلة = ٨٥° ٢٠'

يشير صفر الورنية إلى قراءة الدرجات الصحيحة على المنقلة الدائرية وهي ما

بين ٨٥° ، ٨٦° درجة .. أي أن القياس أكبر من ٨٥° درجة وأقل من ٨٦° .

وهذا يعني أن قراءة الدرجات الصحيحة = ٨٥° يضاف إليها جزء من

الدرجة الذي يشير إليه السهم الموضح بالتدريج المساعد بالورنية ٢٠'.

∴ قراءة المنقلة = ٨٥° ٢٠'

مثال ٢ :

شكل ٩ - ٣٩ رسم تخطيطي لجزء من المنقلة والورنية الذي يوضح قيمة

قياس وهو كالآتي:-



شكل ٩ - ٣٩

قراءة المنقلة = $11^{\circ} 25'$

يشير صفر الورنية إلى قراءة الدرجات الصحيحة وهي 11° ، كسر الدرجة يقرأ على الورنية بالدقائق وهي $25'$.
 ∴ قراءة المنقلة = $11^{\circ} 25'$

مثال ٣ :

شكل ٩ - ٤٠ رسم تخطيطي لجزء من المنقلة والورنية الذي يوضح قيمة قياس وهو كالآتي:-



شكل ٩ - ٤٠

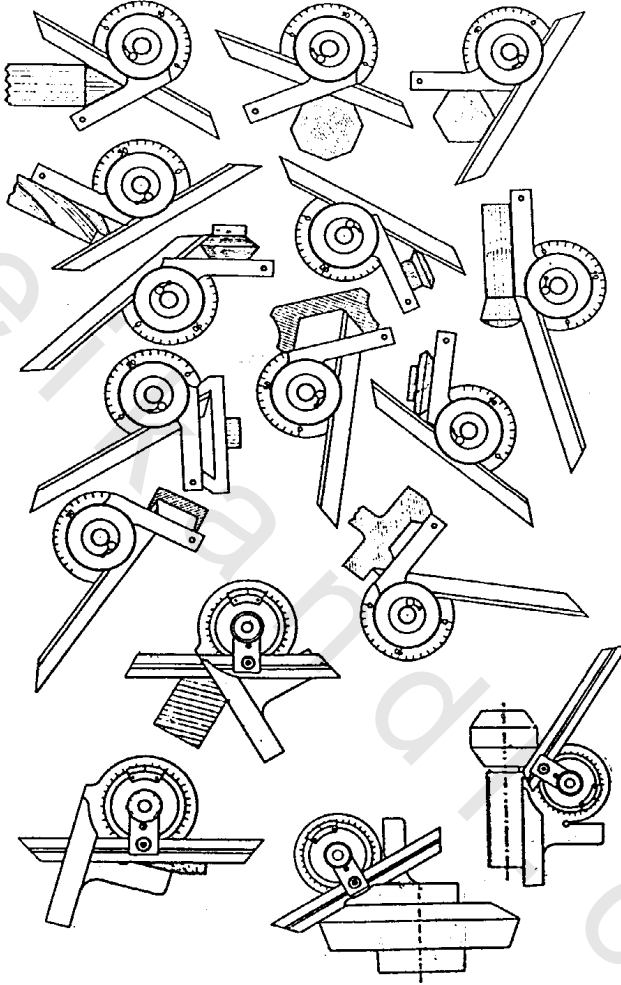
قراءة المنقلة = $54^{\circ} 20'$

يشير صفر الورنية إلى قراءة الدرجات الصحيحة وهي 54° ، وكسور الدرجة التي تقرأ على الورنية بالدقائق وهي $20'$.
 ∴ قراءة المنقلة = $54^{\circ} 20'$

استخدامات الزوايا المتحركة : Usage's of movable Vernier angles

تستخدم الزوايا المتحركة (المناقل الدائرية والزوايا البصرية) لقياس ومراجعة زوايا

المشغولات المختلفة كما هو موضح بشكل ٩ - ٤١ ، وذلك لتحديد قيمتها بالدرجات والدقائق بدقة.



مصادر الخطأ في القياس

Measuring uncertainties

لا يوجد قياس على الإطلاق بدون خطأ ، ويتوقف قيمة الخطأ على دقة تصميم وأداء جهاز القياس المستعمل ، وأسلوب القياس المتبع ، ومهارة من يستخدمه. ويجب ألا ترتفع قيمة أخطاء القياس عن الحدود المسموح بها في عملية القياس ، إلى جانب أن تكون ذات قيمة صغيرة بالمقارنة بحساسية القياس . وهناك أنواع أخرى لأخطاء القياس التي يمكن تحديد قيمة كل منها ، وبالتالي يمكن تصحيح القياسات المأخوذة بناء على ذلك لتحديد القيم الحقيقية للأبعاد. وتتخلص مصادر الخطأ في القياس في الآتي:-

١. مصادر الخطأ بأداة القياس:

- (أ) درجة الدقة التي تصنع بها عناصر أداة القياس.
- (ب) الخطأ في مرابط القياس (وهو المعروف بخطأ علامة الصفر) ويشكل انحراف خط الصفر عن موضعه الصحيح في الوقوع بالخطأ في جميع القياسات التي تجري باستعمال أدوات القياس بوجه عام ، ومن ثم فإنه يتعين على القائمين بعمليات القياس مداومة مراجعة أدوات وأجهزة القياس ، للتأكد من مطابقة خط الصفر بالوضع الصحيح له.
- (ج) الخطأ في مركزية محاور دوران أو ارتكاز عناصر أداة القياس.
- (د) الخلوص الزائد في أجزاء أداة القياس ، حيث يؤثر ذلك في مقدار البعد بين فكي

أداة القياس بالنسبة لعلامات التدرج.

(هـ) احتكاك بعض العناصر في أدوات وأجهزة القياس مع بعضها البعض ، وما ينشأ عن ذلك من تآكل وانحراف.

مما سبق يتضح أهمية العناية بأدوات وأجهزة القياس ، وفحصها ومراجعتها دورياً لضبطها وتصحيحها على الوحدات الإمامية في حجرات التفتيش أو في مراكز القياسات والمعايرة.

٢. مصادر الخطأ بعملية القياس :

(أ) عدم تمام انطباق فكي أداة القياس على البعد المقاس.

(ب) الضغط الزائد على فكي أداة القياس.

(ج) الخطأ في قراءة تدرج أداة القياس.

(د) خطأ ارتفاع درجات الحرارة ، حيث أن درجة الحرارة القياسية التي يجب إجراء

عمليات القياس عندها هي ٢٠ °م ، وإذا أجريت عملية قياس عند درجة حرارة

مختلفة عن هذه الدرجة ، فإن نتيجة القياس تكون غير صحيحة ، حيث يتسبب

ذلك في تمدد أو انكماش الأبعاد المقاسة . ويمكن تحديد الخطأ الناتج عن

اختلاف درجات الحرارة من العلاقة التالية :-

$$X = L - L_0$$

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$L_0 = \frac{L}{1 + \alpha \Delta T}$$

حيث X ... قيمة الخطأ الناتج عن اختلاف درجات الحرارة.

L ... طول المشغولة الحقيقية عند درجة حرارة ٢٠ °م.

L₀ ... طول المشغولة المقاسة عند درجة حرارة د.

د ... درجة حرارة المشغولة أثناء عملية القياس.

م ... معامل التمدد الطولي لمعدن المشغولة المقاسة.

ويعتبر خطأ ارتفاع درجة حرارة المشغولة من الأخطاء التي يمكن تصحيحها في

عمليات القياس ، ومن ثم فإنه يمكن من خلال تحديد قيمة هذا الخطأ يمكن تحديد القيمة الحقيقية للبعد.

$$\text{القيمة الحقيقية للبعد} = \text{القيمة المقاسة} - \text{الخطأ}$$

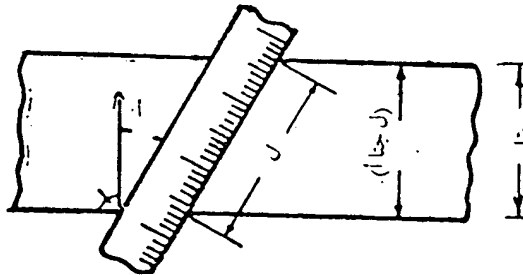
(هـ) خطأ عدم المحاذاة .. قبل التعرف على أخطاء عدم المحاذاة ، فإنه يجب الرجوع إلى أهم المبادئ الأساسية لعملية القياس ، وهو ضرورة انطباق فكي أداة القياس على الجزء المراد قياسه ، بحيث يكون في اتجاه القياس وموازياً للبعد المراد قياسه . أما اتجاه القياس فهو محدد بنوع أداة القياس المستخدمة ، فمثلاً اتجاه قياس الميكرومتر الخارجي يكون في اتجاه محور حركة عمود القياس إلى قاعدة الارتكاز ، واتجاه القياس بالمبين ذو القرص المدرج Indicator يكون في الاتجاه المحوري العمودي لعمود التحسس على سطح المشغولة.

ويمكن حدوث أخطاء في عمليات القياسات المختلفة نتيجة للاتجاهات الغير صحيحة لأدوات وأجهزة القياس المستخدمة.

فيما يلي بعض الأمثلة لأخطاء عدم المحاذاة الناتجة عن عدم إنطاق فكي أداة القياس في الاتجاه الصحيح.

مثال ١ :

عندما يكون وضع تدريج القياس (اتجاه القياس) مائلاً بالنسبة للاتجاه الصحيح للبعد المراد قياسه كما هو موضح بشكل ٩ - ٤٢ ، فإن الخطأ الناتج عن عدم المحاذاة يمكن تحديده من العلاقة التالية:-



شكل ٩ - ٤٢

خطأ القياس نتيجة لاتجاه القياس على البعد الغير صحيح

$$خ = ل - ك$$

$$ل = ل - جتا أ$$

$$ل = ل (١ - جتا أ)$$

حيث خ ... خطأ عدم المحاذاة.

ل ... القراءة على تدريج القياس.

ك ... البعد الحقيقي.

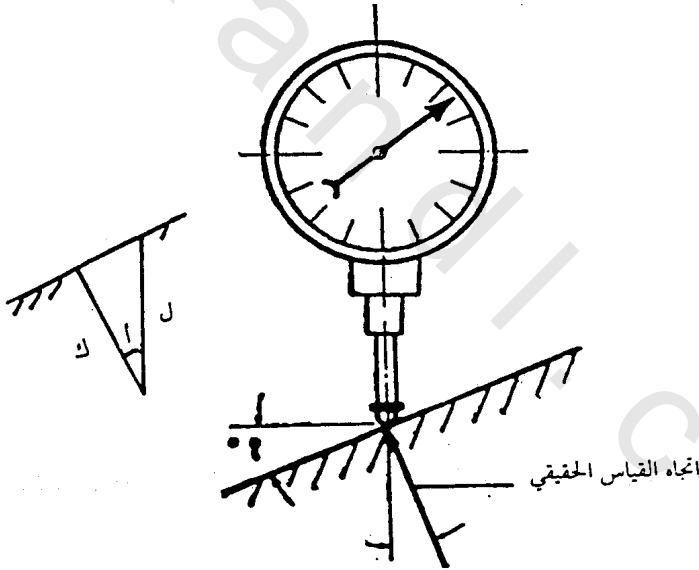
أ ... زاوية عدم المحاذاة.

مثال ٢ :

عندما يكون اتجاه القياس لمبين ذو قرص مدرج (Indicator) مائلا على

السطح المراد قياسه كما هو موضح بشكل ٩ - ٤٣ ، فإن الخطأ الناتج عن عدم

المحاذاة يمكن تحديده من العلاقة التالية:-



شكل ٩ - ٤٣

خطأ القياس نتيجة لميل الاتجاه الصحيح للمبين على سطح المشغولة

$$خ = ل - ك$$

$$= ل - ل جتا أ$$

$$= ل (١ - جتا أ)$$

حيث خ ... خطأ عدم المحاذاة.

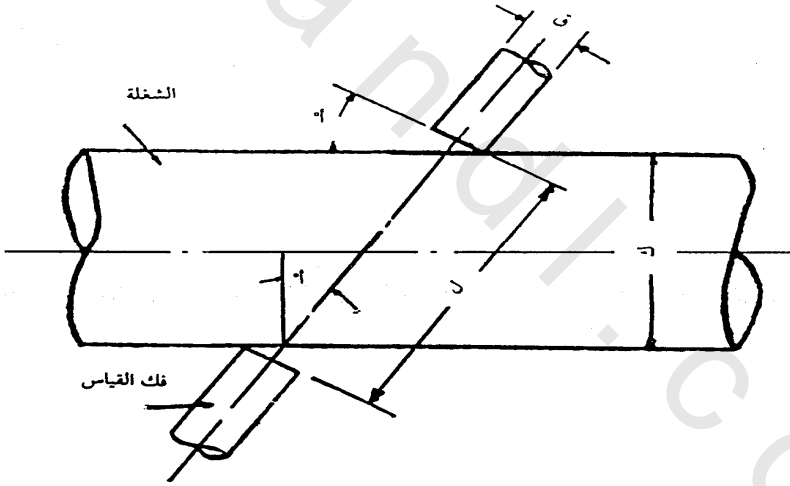
ل ... قراءة البعد على القرص المدرج لمبين القياس.

ك ... قيمة البعد الحقيقي.

أ ... زاوية عدم المحاذاة.

مثال ٣:

عندما يكون اتجاه القياس لعمود القياس وقاعدة الارتكاز (فكي القياس بميكرومتر خارجي) بوضع غير متعامد مع محور المشغولة الأسطوانية المراد قياسها كما هو موضح بشكل ٩ - ٤٤ ، فإن قيمة الخطأ الناتج عن عدم المحاذاة يمكن تحديده من العلاقة التالية:-



شكل ٩ - ٤٤

خطأ القياس نتيجة عدم تعامد فكي القياس مع محور مشغولة أسطوانية

$$خ = ل - ك$$

$$= ل - (ل جتا أ - ق جا أ)$$

$$= \text{ل (١ - جتا أ)} + \text{ق جا أ}$$

حيث خ ... خطأ عدم المحاذاة.

ل ... قراءة قياس الميكرومتر.

ك ... قيمة القطر الحقيقي.

ق ... قطر كل من عمود القياس وقاعدة الارتكاز (قطر فكي القياس).

أ ... زاوية عدم المحاذاة.

ضبط الجودة

Quality Control

المقصود بضبط الجودة .. أى الرقابة على صلاحية الإنتاج الصناعي ، ويعنى الرقابة على جميع مراحل التشغيل والإنتاج ، والمحافظة على تحسين مستوى الأداء بحيث يطابق التصميم ، مع عرضه بثمن مناسب بالمقارنة بالمنتجات الأخرى المنافسة ، ليلائم رغبة المستهلك .

ضبط جودة الإنتاج : Production quality control

ضبط جودة الإنتاج لا يعنى إنتاج السلعة أو الأجزاء المصنعة إنتاجاً مقبولاً خالي من العيوب ، بل يعنى استمرار جودة السلعة المصنعة حتى تصل إلى المستهلك بهذه الجودة .

فيمكن أن تكون هناك رقابة على الإنتاج الصناعي أثناء عمليات التصنيع ، بحيث يتم الإنتاج على مستوى عالي الجودة ، ثم يحدث أثناء عمليات النقل أو التخزين ما يؤثر على مستوى تلك الجودة ، بحيث لا تكون هذه المنتجات على المستوى المطلوب من وجهة نظر المستهلك .. لذلك فإن ضبط جودة الإنتاج تعنى الرقابة على جودة عدة مراحل مترابطة بعضها ببعض وهى كالآتي :-

١. جودة التصميم : Design quality

هى المرحلة الأولى ، وتعتبر من أهم المراحل ، بل الأساس الذي يعتمد عليه في عمليات التصنيع والإنتاج ، وهو يعنى تحديد شكل ومواصفات القطعة المراد إنتاجها ، واختيار مواد التصنيع بالأبعاد والتفاوتات المسموح بها لتحقيق صفة التبادلية ، بحيث تؤدي إلى حسن المظهر والمستوى المطلوب .

٢. جودة عمليات التصنيع : Manufacturing process Qualities

تعنى كفاءة وقدرة الآلات والمعدات والماكينات المستخدمة في عمليات التصنيع ، ومواصلة الإنتاج بالمواصفات المحددة بالتصميم من حيث الدقة في الأبعاد .. أى

أساسيات هندسة الإنتاج

استخدام آلات وماكينات تقوم بالتشغيل والإنتاج في حدود التفاوتات المسموح بها.

٣. جودة الأداء : Performance quality

أى التزام جميع العاملين (مهندسين - فنيين - إداريين - عمال نقل ... الخ) بتحقيق الإنتاج المقبول المطلوب في الزمن المحدد ، مع مراعاة إتباع تعليمات وإرشادات السلامة الصناعية (الآمان الصناعي) .. كل من موقعه.

٤. جودة التغليف : Packing quality

إذا دعت الحاجة إلى تغليف المنتجات المصنفة ، فيجب تغليفها بالمواد المناسبة للاحتفاظ بخصائصها في حالة جيدة.

٥. جودة المناولة والنقل والشحن :

Quality of handing, transportation & shipping

يعتبر نقل المواد وتداولها نشاط من الأنشطة الهامة التي تمثل جزءاً أساسياً من أى عملية إنتاجية أو أسلوب إنتاجي ، ومن ثم فإنه يحظى بالاهتمام وتقديم الطرق الصحيحة والآمنة لوقاية العاملين في هذا المجال من الحوادث ، ووقاية السلع المنتجة من التلف.

فتداول المواد هو أحد الأنشطة الصناعية المترتبة على تقسيم العمل داخل الوحدة الإنتاجية ، ومع تزايد تقسيم العمل داخل الوحدة الإنتاجية وتجزئته ، يتزايد بالتالي متطلبات النقل.

تشتمل عمليات تداول المواد ونقلها من وإلى أقسام الإنتاج والتشغيل وأقسام الخدمات الأخرى وما بينها ، عدة عمليات مثل رفع الأحمال وإنزالها (الشحن والتفريغ) وتحريكها ورصها ، ويمكن تعريف تداول المواد بأنه تداول فيما بين العمليات الإنتاجية وبعضها البعض.

لذلك فإن تنظيم تداول المواد ونقلها ، يتحكم فيه أسلوب الإنتاج ونوعه (الإنتاج

الكمي .. أى إنتاج السلعة بالقطعة أو حسب الطلب) ، وفى أثناء عمليات التشغيل والإنتاج يتطلب الأمر نقل وحركة للمواد الخام ، والمنتجات نصف المشغلة والمنتجات تامة التشغيل ، بشكل متكرر من مكان إلى آخر ، ويتوقف ذلك على وسيلة النقل المناسبة لملاحقة المتطلبات المتزايدة للإنتاج.

ويمكن تقسيم وسائل نقل وتداول المواد بأماكن الإنتاج إلى الآتي:-
(أ) بالحمل اليدوي.

(ب) باستخدام عربات النقل اليدوية المختلفة.

(ج) باستخدام عربات النقل ذات الشوك ، أو العربات الكهربائية.

(د) بالوسائل الآلية مثل السيور الناقلة.

(هـ) باستخدام الروافع المختلفة.

وإنه يمكن الوصول إلى الحد الأدنى من الجهد والوقت بإتباع أسلوب يمكن تداول المواد .. أى تداول المواد بالطرق الميكانيكية أو الآلية المناسبة ، بهدف عدم حدوث تلف بالمواد المنقولة ، وتحقيق الأمان والسلامة للعاملين ، علاوة على حماية العاملين من العمل البدني الشاق وعدم الأضرار بقواهم الجسمانية ، فضلا إلى التخلص من العمل اليدوي الغير مثمر والمستهلك للوقت والذي يحتاج إلى عدد كبير من العاملين.

ويمكن تلخيص ما سبق ذكره بأن جودة المنتجات المصنعة ، تتوقف على الأسلوب الصحيح المستخدم في عمليات النقل والشحن الداخلي (النقل والشحن داخل الوحدة الإنتاجية وخارجها) وطريقة مناولة السلع من وإلى وسائل النقل.

٦. جودة التخزين : Quality of storing

جودة التخزين من المراحل الهامة التي تؤثر تأثير بالغ على الاحتفاظ بالحالة الجيدة لخصائص السلع المصنعة أو التي تؤدي إلى تلفها ، حيث يترتب على سوء التخزين ، فقدان السلع من صفاتها وخصائصها والتي تؤدي إلى انخفاض مستوى

جودتها قبل مغادرة الوحدة الإنتاجية إلى السوق.

ويرتبط التخزين ارتباطاً وثيقاً بطبيعة السلع المنتجة وخصائصها ، ومن الطبيعي اختلاف المخازن عن بعضها البعض ، فهناك أنواع من السلع تحتاج إلى تبريد مثل مخازن المواد الغذائية أو الأدوية ، كذلك فإن أنواع أخرى من السلع تتأثر جودتها بدرجة الحرارة والرطوبة ، وعدم توفر هذه الإمكانيات تؤدي إلى تلف السلع أو انخفاض رتبته و ثمنها إلى درجة و ثمن أقل.

وتتوقف عمليات التخزين بالمخازن المختلفة على وسائل التخزين ، وطرق ترتيب السلع، وتنظيم عمليات الصرف منها حسب أسبقية ورودها إلى المخازن ، بحيث لا تتأثر صلاحية السلع خلال فترة التخزين.

ويمكن تلخيص ما سبق ذكره بأنه يمكن تطبيق كافة التعليمات والإشارات الخاصة بالمخازن ، مع إتباع الأسلوب المناسب في التخزين ومراعاة تطبيق قواعد وإرشادات السلامة والأمان الصناعي .. وهذا ما يسمى بالضبط المتكامل للجودة.

٧. جودة العرض والتوزيع: Quality of supply & distributions:

لا تنتهي علاقة المصنع بالسلع التي أنتجها بمجرد انتقالها من المصنع إلى المحلات التجارية ، ولكن يجب على المنتج مراقبة هذه السلع في السوق بحيث يلزم البائعين بإتباع الأسلوب السليم في التخزين ، وتحديد طريقة العرض بحيث تحتفظ السلع بخصائصها وصفاتها ومستوى جودتها.

كما يجب على المصنع المنتج للسلعة كتابة تاريخ الإنتاج وتاريخ الانتهاء ، أو موعد الصلاحية على العبوات ، كما يجب الاهتمام بتسجيل الإرشادات الخاصة لتوجيه جمهور المستهلكين بالاستخدام الأفضل للسلعة.

٨. خدمات ما بعد البيع : After sale services :

يتوقف مقدار مبيعات السلع المنتجة ، وزيادة العمر الافتراضي لها على جودة

خدمات ما بعد البيع.

وجدير بالذكر إنه لا تتضح القيمة الحقيقية للسلعة إلا من خلال استخدامها ، وعند شراء بعض المنتجات الصناعية كالسيارة أو الغسالة أو التليفزيون الخ ، ومع كثرة الاستعمال أو سوء الاستخدام ، قد تظهر بعض العيوب ، ومن أمثلة خدمات ما بعد البيع .. هو تعهد المنتج بتوفير قطع الغيار ، والقيام بأعمال الإصلاح والصيانة أو استبدال السلعة التالفة بأخرى جديدة بدون مقابل خلال فترة زمنية معينة ابتداء من تاريخ الشراء.

كما يقوم بالإصلاح بمقابل بعد مضي فترة الضمان ، وتختلف هذه الخدمة من منتج إلى آخر وذلك حسب نوع السلعة وقيمتها.

رد فعل المستهلك : Consumer reaction

إن رغبات واحتياجات المستهلك تترجم إلى التصميم الجيد للمنتج ، والتنفيذ خلال العمليات الإنتاجية المختلفة وما يتبعها من رقابة، ثم يأتي بعد ذلك عمليات التخزين ونقل وتوزيع السلع على المحلات التجارية ، ويتوقف استمرار المحافظة على جودة السلع المنتجة على عمليات الضبط والرقابة على جميع المراحل السابقة.

ويمكن تصور عملية ضبط جودة السلع المنتجة على إنها تفاعل مستمر بين التصميم والإنتاج والاستهلاك.

هذا يعني أن رد فعل المستهلك يختلف باختلاف التصميم والتطبيق الصحيح في الإنتاج.

المبادئ الأساسية لضبط الجودة :

The fundamental principles for quality control

من المبادئ الأساسية لضبط جودة الإنتاج هو منع حدوث أى عيوب في المنتجات والعمل على عدم وقوعها .. بمبدأ الوقاية خير من العلاج ، أى من الصواب منع حدوث عيوب في الإنتاج بدلا من تركها تحدث ، ثم إعادة معالجة المنتجات

المعيوبة للتخلص من ما بها من عيوب أو تخفيضها إلى رتبة أقل ، مما يؤثر على ضياع الوقت بالإضافة إلى انخفاض الثمن . يتمدد هذا المبدأ ليشتمل على أعمال خدمات الصيانة ما بعد البيع.

علامة الجودة

Quality mark

يتميز الإنتاج الحديث بأنه إنتاج كمي .. إنتاج السلعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة ، وقد أدت الوسائل الآلية الحديثة إلى زيادة الإنتاج مع انخفاض أسعار السلع المنتجة .

ومع تسابق وتنافس المصانع المنتجة للسلع المختلفة، قد أدى إلى انخفاض مستوى جودة بعضها ، الذي ينعكس على انخفاض رتبته و ثمنها إلى درجة و ثمن أقل ، وقد يصل رداءة الإنتاج رغم انخفاض ثمنه إلى حد عدم الإقبال على شرائه من الأسواق المحلية أو الخارجية ، لذلك أصبحت الصفة المميزة للمنتجات الصناعية تعتمد على الجودة ومطابقة المواصفات ، وبذلك أصبحت الجودة عاملاً أساسياً في المنافسة بين المنتجين.

إلا أن المستهلك العادي لا يستطيع التمييز بين السلع المطابقة والغير مطابقة للمواصفات بمجرد النظر إليها . لذلك فقد وضعت القوانين والتشريعات المحلية والدولية على السلع المنتجة ، وكان من الضروري وجود حافز للمصانع التي تنتج سلعاً مطابقة للمواصفات القياسية ومنحها حق وضع علامة الجودة على منتجاتها.

وعلمة الجودة هي إشارة واضحة تدل على أن المنتج مطابق للمواصفات القياسية من حيث الخامات والمقاسات ، مع توفر المنتج للشروط الفنية الواجب توافرها الخ.

وقد أدى وجود علامة الجودة إلى إرشاد المستهلك بطريقة سهلة واضحة بأن السلعة جيدة الصنع ، كما أنها تعتبر شهادة رسمية توجه إلى المشتري ، أو بمعنى

آخر فإنها تعتبر عقداً فنياً بين المنتج والمستهلك يتضمن مطابقة السلعة للمواصفات القياسية الفنية.

ويوضح شكل ٩ - 45 علامة الجودة المحلية التي تصدرها الهيئة المصرية للتوحيد القياسي بوزارة الصناعة بجمهورية مصر العربية ، والتي توضع على المنتجات المصرية المطابقة للمواصفات القياسية الفنية الصادرة عن الهيئة المصرية للتوحيد القياسي .



شكل ٩ - 45
علامة الجودة

مميزات وضع علامات الجودة : Advantages of quality mark installation

أدى وضع علامة الجودة على السلع المنتجة والمطابقة للمواصفات القياسية الفنية إلى الآتي:-

١. خدمة المستهلك وضمانه لجودة السلعة من حيث المتانة - الكفاءة - الأداء - الأمن والسلامة عند الاستخدام.
٢. خدمة المنتج من حيث إقبال المستهلكين على منتجاته ، عن طريق الإعلان عن مطابقة السلعة للمواصفات القياسية.
٣. خلق عنصر المنافسة بين المصانع المنتجة للسلع المتشابهة ، والتي تؤدي إلى ارتفاع مستوى جودتها.

٤. خدمة المنتجين للاقتصاد القومي.
٥. فتح أسواق للتصدير إلى الخارجي أمام المنتج المحلي ، وتدعيم قدرته على المنافسة في الأسواق العالمية ، الذي يؤدي إلى خدمة الاقتصاد القومي للبلاد.

مراقبة وتطور أنظمة الجودة

يعتبر العامل الأساسي لتقديم أية منشأة صناعية .. هو جودة منتجاتها . والاتجاه العالمي حالياً هو استطلاع توقع المستهلك من ناحية الجودة ويصاحب ذلك الاتجاه التأكد من حتمية التحسين المستمر للجودة للتوصل إلى الحفاظ على الأداء الاقتصادي ، حيث أصبحت جودة المنتجات أو الخدمات من الموضوعات التي تهتم بها الحكومات ، لذلك فقد أنشأت الهيئة الدولية للتوحيد القياسي ISO وأصدرت القوانين التي تكفل حق المستهلك من الغش ، وارتقاء الوعي العام إلى الحد الذي يكون له الأثر في أسلوب بناء الهيكل الاقتصادي والقانوني والسياسي للدول ، وللتوصل إلى مستويات الجودة العالمية والحفاظ عليها بصورة دائمة ، وأصبح هدفها الأساسي وأعمال الصحة والتنمية الاقتصادية ، وعليه أصبحت إدارة الجودة وارتباطها بأهداف العمل عنصراً سياسياً ، يتم اعتباره عند التخطيط لأي نشاط اقتصادي أو خدمي.

الباب العاشر

10

المواصفات القياسية

مُهَيِّد

وضعت نظم ودراسات عديدة للمواصفات القياسية (التقييس) في كثير من دول العالم ، وظهرت دراسات هامة في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حول الأسس العملية للإنتاج الكمي (إنتاج السلعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة) ، وقد أسفرت هذه الدراسات عن ضرورة الاهتمام بوضع مواصفات ومعايير محددة لمواد وخصائص وأبعاد القطع والأجزاء المختلفة التي تتكون منها السلع والآلات ، حتى يمكن إخضاع الإنتاج الكبير لسلعة معينة إلى نظام موحد يكفل تجانس وتطابق كل مجموعة من الأجزاء المتماثلة من حيث تزاوجها وتراكبها مهما اختلفت مصادر صنعها ، وبذلك يتيسر إنتاج كميات كبيرة من هذه القطع والأجزاء في مصنع واحد أو بمصانع متعددة ، ليتم تجميعها بسهولة ودقة لتكون عدد كبير من السلع أو الآلات بصورتها النهائية ، وبذلك يتم إنتاج كبير بمستوى عالي من الجودة مع انخفاض التكاليف.

وهكذا بدأ الاهتمام بأسلوب ما يسمى بالتقييس سواء ما يشمله من مقاييس أو مواصفات أو توحيد لأسلوب الإنتاج وغيرها ، حيث وضعت المنظمة الدولية للتوحيد القياسي ISO أحدث النظم ، الذي أدى إلى تبسيط الإنتاج وتخفيض التكلفة ومن ثم التوسع في عمليات التصنيع وإنتاج قطع الغيار المتبادلة.

يتناول هذا الباب التوحيد القياسي والنظام الدولي لوحدات القياس الذي أشتمل على وحدات قياس الأطوال . وحدات قياس الكتلة . وحدات قياس الزمن . وحدات قياس شدة التيار الكهربائي . وحدات قياس الضوء . وحدات قياس المادة .

ويتعرض إلى الهيئات والمنظمات الدولية للتوحيد القياسي ، والتوحيد القياسي (التقييس) في الوطن العربي ومفهومه وأسسها ومزاياه.

تطور الصناعة

Industrial Development

تعلم الإنسان من قديم الزمان اللغة التي يتحدث بها ، واختلفت اللغة من مكان إلى آخر ، وعلى مر العصور وتعاقب الأجيال توحدت هذه اللغات في كل بقعة من بقاع الأرض، ثم تعلم طرق الكتابة لتسهيل الاتصال ، واتبع أساليب موحدة في حساباته واكتشف طرق للقياسات المختلفة ، فقد اتخذ الذراع وكف اليد والإصبع وخطوة القدم وغير ذلك من الظواهر الطبيعية كمقاييس للأطوال ، واستفاد من شروق الشمس وغروبها ودورة القمر والفصول الأربعة في قياس الزمن. كما قام بمقايضة السلع المختلفة مستعملاً طرق للحكم على جودتها ، ومع تتابع الأجيال فقد تعددت المقاييس المختلفة للأطوال والأوزان والأحجام في مشارق الأرض ومغاربها ، كما تنوعت هذه المقاييس حتى في الوطن الواحد، وأدى ذلك إلى كثير من الصعوبات التي واجهت التبادل التجاري في نطاق كل بلد وبين مختلف البلاد.

بدراسة وحدات القياس على الصعيد الدولي ، وجد أن هناك عدة أنظمة لوحدات القياس ، فالنظام الفرنسي بأشكاله المختلفة استخدم في فرنسا ومستعمراتها وبعض دول أخرى ، كما استخدم النظام الإنجليزي في إنجلترا ومستعمراتها ، أما الولايات المتحدة الأمريكية فقد استخدمت نظام يشابه النظام الإنجليزي.

وكان من الطبيعي إيجاد نظام دولي موحد يكون مقبولاً لاستخدامه في شتى أنحاء العالم ويحقق التفاهم بين جميع الدول في المجالات العلمية والصناعية ويسر التبادل التجاري بينها . وأدى ذلك إلى تبني النظام الفرنسي (المتري) بأشكاله المختلفة (الأطوال والأحجام والأوزان) وسمي بالنظام الدولي لوحدات القياس.

التوحيد القياسي

Standardization

ظهرت دراسات عديدة في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حول الإنتاج الكمي (إنتاج السلعة الواحدة إنتاجاً كبيراً متكرراً) ، وقد أسفرت هذه الدراسات بضرورة الاهتمام بوضع مواصفات ومعايير محددة لمواد وخصائص وأبعاد القطع والأجزاء المصنعة التي تصنع منها السلع والآلات حتى يمكن إخضاع الإنتاج الكمي الكبير لسلعة ما إلى نظام موحد يكفل تجانس وتطابق كل مجموعة من الأجزاء المتماثلة (أي تتزوج هذه الأجزاء مع بعضها البعض وتركيبها) مهما اختلفت مصادر صنعها ، وبذلك يتيسر إنتاج كميات كبيرة من هذه القطع والأجزاء بمصنع واحد أو بمصانع متعددة ليتم تجميعها بسهولة ، وبذلك يتم الإنتاج الكبير بمستوى عال من الجودة ، وقد إتضح أن هذا التماثل في تصميم وتصنيع القطع والأجزاء يؤدي إلى تيسير التبادل في الصناعة .. مما يهيئ الفرصة للتوسع في إنتاج قطع الغيار مع انخفاض التكلفة.

أدى ذلك إلى توجيه الاهتمام بدقة قياس المنتجات المصنعة واستخدام أدوات وأجهزة قياس ذات دقة عالية مع توحيد الوحدات المستخدمة في القياس ، ومحاولة القضاء على تعددها واختلاف نظمها في البلد الواحد والبلدان المتعددة ، حتى يمكن الوصول إلى الدقة المنشودة بأبعاده ومقاسات القطع المنتجة ضماناً للتماثل والتيسير التجاري.

وعندما إهتم الإنسان بتطور الصناعة أي بتصنيع منتجات ذات دقة وجودة عالية ، بدأ بتطبيق أسلوب ما يسمى بالتقييس أو التوحيد القياسي ، سواء بما تشمله هذه المنتجات من مقاييس ومواصفات أو توحيد لأسلوب الإنتاج بما يتلاءم مع احتياجات الاستخدام.

وإستهدف التوحيد القياسي المصانع التي تنتج أصنافاً معينة يجري تداولها بمقاسات وأحجام معينة أن تستخدم خامات أولية أو أصناف نصف مصنعة من أنواع ومقاسات موحدة متفق عليها ، كما أوصى باستخدام الآلات والمعدات ذات القياسات الموحدة حتى يمكن الوصول إلى المستوى المحدد للجودة في المواصفات المعتمدة وعرض هذه المنتجات بالأسواق بأسعار مناسبة.

وتقدمت الصناعة في القرن العشرين ، حيث انتقل الإنسان من عصر الإنتاج اليدوي إلى عصر الإنتاج الآلي ، وازدهرت الصناعة وتطورت تطور هائل بعد الحرب العالمية الثانية ، إذ تسابقت الدول الكبرى في صناعة المعدات والأسلحة المدمرة والتي سرعات ما تحولت بعد الحرب إلى أدوات وأجهزة لخدمة البشرية ورخائها.

وما زالت الدول في تسابق مستمر ، وما يدل على ذلك ما نراه اليوم من آلات وأجهزة ذات تحكم أوتوماتي وتحكم رقمي وغير ذلك من تقدم في جميع المجالات الصناعية ، كان الهدف منها هو توفير الجهد البشري وزيادة حجم الإنتاج والارتفاع بمستوى التصنيع مع خفض التكاليف.

النظام الدولي لوحدات القياس

System international units (si)

اتجاه العالم بعد الحرب العالمية الثانية إلى تعميق الترابط والتعاون بين الدول، واتخاذ كل ما يؤدي إلى تحقيق تفاهم دولي أفضل في المجالات الصناعية والعلمية والتكنولوجية والتجارية.. وغيرها ، ومن أهم الوسائل التي تؤدي إلى تلك الغاية هو وجود نظام موحد لوحدات القياس يكون مقبولاً من جميع الدول.

وبدراسة موقف وحدات القياس على الصعيد الدولي وجد أن هناك عدة أنظمة لوحدات القياس. فالنظام المتري بأشكاله المختلفة (سم.جم.ث ، م.كجم.ث ، م.طن.ث) يستخدم في فرنسا ومستعمراتها ودول الأخرى بالإضافة إلى وحدات قياس محلية ، كما استخدم النظام الإنجليزي بأشكاله المختلفة في إنجلترا ومستعمراتها السابقة وفي

الولايات المتحدة الأمريكية (بوصة . قدم . ياردة . ميل، درهم . أوقية . أقة . قطار) ، وعلى الرغم من أن هذه الوحدات كانت تنتمي إلى نظام واحد ، إلا أن قيمتها لم تكن واحدة في كل من إنجلترا وأمريكا.

ومع انتشار النظام المتري وتغلبه على صعوبات النظام البريطاني المعروف بكسوره الاعتيادية ، فقد استخدم النظام المتري في معظم دول العالم ، حيث اعتبر أنه من أفضل الأنظمة وأسهلها لاستخدامه الكسور العشرية.

وتم الاتفاق دولياً من خلال الهيئة الدولية للتوحيد القياسي international Organization For Standardization المعروفة بالرمز (ISO) ، وهي منظمة غير حكومية ولكنها إحدى المنظمات التابعة للنظام العالمي للوحدات القياسية .. (System International Units) المعروفة بالرمز (SI) عام 1960 ميلادية على اعتبار المتر القياسي هو إمام قياس الأطوال وهو الوحدة الأساسية لقياس الطول ، والنظام المتري هو النظام الدولي لوحدات القياس.

الوحدات القياسية الأساسية:

وحدة قياس الطول الأساسية (المتر) لم تكن هي الوحيدة الموجودة في النظام الدولي (SI) نظراً لأنها تتناسب مع جميع الأغراض ، لذلك فقد اتفق على وحدات أساسية أخرى أيضاً.

وطبقاً لأحدث المعلومات عن المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) فإن الوحدات الأساسية هي سبع وحدات كما هو موضح بجدول ١٠ - ١ ، يمكن أن يشتق منها عدد كبير من الكميات .. وهي كالآتي:-

جدول ١٠ - ١

الوحدات القياسية الأساسية

حسب النظام الدولي طبقاً لمواصفات ISO

وحدات SI المترابطة			
الرمز	الوحدة القياسية الأساسية الصيغة	الوحدة	رقم
M سسسا	Length	وحدة قياس الطول متر	1
Kg 	Mass	وحدة قياس الكتلة كيلو جرام	2
S 	Time	وحدة قياس الزمن ثانية	3
A 	Electric Current	وحدة قياس شدة التيار الكهربائي أمبير	4
K 	Temperature	وحدة قياس درجة الحرارة كلفن	5
Cd 	Luminous	وحدة قياس شدة الضوء كانديلا	6
Mol 	Amount of Substance	وحدة قياس كمية المادة مول	7

حدد للمتر القياسي وحدات طولية أكبر منه وأقل منه طبقاً للنظام العشري ،
 ليتناسب مع المتطلبات الصناعية المختلفة ، وبحيث تكون النسبة بينهما أساسها الرقم
 10 مرفوعاً إلى أس ، ويطلق على كل أس رمز خاص يبدأ به اسم الوحدة.
 مثال :

أساسيات هندسة الإنتاج

فيما يلي جدول ١٠ - ٢ ، ١٠ - ٣ الذي يوضح وحدات القياس المشتقة من المتر القياسي (وحدة قياس الطول الأساسية) طبقاً للنظام العشري ورموزه الخاصة.

جدول ١٠ - ٢

وحدات القياس الطولي المتر

التمثيل الرياضي	الرمز	تسمية الوحدة	
10^{24}	y	YOTTA	يوتا
10^{21}	z	ZETTA	زيتا
10^{18}	e	EZA	إيكسا
10^{15}	p	PERA	بيتا
10^{12}	t	TERA	تيرا
10^9	g	GIGA	جيجا
10^6	m	MEAGA	ميغا
10^3	k	KILO	كيلو
10^2	h	HECTO	هكتو
10^1	da	DEKA	ديكا

جدول ١٠ - ٣

وحدات القياس الطولي المتر

متر	الرمز القاعدي		$1 = 10^0$
ديسي	DECI	d	10^{-1}
سنتي	CENTI	c	10^{-2}
ميلي	MILLE	m	10^{-3}
ميكرو	MICRO	u	10^{-6}
نانو	NANO	n	10^{-9}
بيكو	PICO	p	10^{-12}
فمتو	FEMTO	f	10^{-15}

10^{-18}	a	ATTO	آتو
10^{-21}	z	ZETO	زيتو
10^{-24}	y	YOKO	يوكو

ملاحظة:

الوحدة المتداولة دولياً في بيان أبعاد ومقاسات الرسومات الخاصة بالهندسة الميكانيكية هي وحدة الملليمتر.

مميزات النظام الدولي لوحدات القياس:

يتميز النظام الدولي لوحدات القياس (SI) على النظم المختلفة الأخرى بمميزات أهمها إنه أفضل الأنظمة وأسهلها لاستخدامه الكسور العشرية ، بالإضافة إنه نظام دولي متفق عليه معظم دول العالم ، ومن ثم فهو لغة مشتركة لجميع الدول، وإنه صالح لجميع المجالات ، وهو بذلك يتناسب مع جميع المجالات الصناعية. مما يجعله وسيلة هامة من وسائل التقييس . ويمكن إجمال مزايا النظام العالمي لوحدات القياس (SI) فيما يلي :-

1. استعمال وحدات قياسية شاملة وسهلة التداول.
2. للمقدار الفيزيائي قيمة قياسية واحدة فقط دون سواها.
3. اشتقاق مباشر من الوحدات القاعدية (الأساسية) وخال من التركيب المعقد.
4. أس عشري بسيط التحويل تصاعدياً وتنازلياً للقيمة.

الهيئات والمنظمات الدولية للتقييس

شهد العقد الأخير من القرن الثامن عشر الميلادي تطوراً علمياً وصناعياً وتجارياً ، وظهرت الانطلاقة الحقيقية بإقرار النظام المتري في فرنسا عام 1795 ميلادية رغم أن تطبيقه الفعلي بدأ عام 1889 ميلادية بموجب اتفاقية المتر الدولية ، وكانت دعوات توحيد معايير القياس وتحديد أدوات القياس المناسبة ، أدت إلى إنشاء مختبرات القياس الوطنية في بعض الدول الصناعية في أواخر القرن التاسع عشر

وبداية القرن العشرين ، ومن ثم فقد ظهر على المستوى الدولي المنظمات والهيئات الآتية:-

١. المنظمة الدولية للأوزان والمقاييس (OIPM) :

تأسست المنظمة الدولية للأوزان والمقاييس (OIPM) عام 1985 ميلادية بموجب اتفاقية المتر الدولية، من قبل 17 دولة وهم [فرنسا - الأرجنتين - أسبانيا - ألمانيا - إيطاليا - البرازيل - البرتغال - بلجيكا - بيرو - تركيا - الدانمارك - روسيا - دول السويد - والنرويج - سويسرا - فنزويلا - دول النمسا والمجر - الولايات المتحدة] ومقرها فرنسا . هدفها هو ضمان تجانس ودقة القياس ووحداته في جميع أنحاء العالم.

٢. المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية (OIML) :

قامت المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية (OIML) بوضع نظام لشهادات المطابقة يتعلق بأجهزة القياس، يهدف إلى تنسيق أعمال هيئات التقييس والوطنية والإقليمية التي تتولى إجازة أنواع أجهزة القياس في جميع مجالات القياس سواء على المستوى الوطني أو على المستوى الدولي.

٣. الاتحاد الدولي للقياس (IMEKO) :

اهتم الاتحاد الدولي للقياس (IMEKO) بتطبيقات علم القياس في العلوم والصناعة وتطوراته.

٤. المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) :

ضمت المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) هيئات وطنية للتقييس من 90 دولة، وتعمل المنظمة في جميع ميادين التقييس باستثناء الهندسة الكهربائية والإلكترونية التي تتولى مسئولياتها اللجنة الكهروتقنية الدولية (ISC) حسب اتفاقية مبرمة معها.

توفر المنظمة الدولية (ISO) واللجنة الكهروتقنية (ISC) نظاماً متكاملًا للتقييس الدولي ، وهو أكبر نظام غير حكومي للتقييس والتعاون الصناعي والتقني والتطوعي على المستوى الدولي.

٥. المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس :

تتبع المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس لجامعة الدول العربية ، وهي منظمة إقليمية تضم في عضويتها الأجهزة الوطنية للمواصفات والمقاييس في الأقطار العربية.

مهام المنظمة هو إعداد مواصفات قياسية عربية بواسطة لجان فنية عربية متخصصة أو من قبل الأمانة العامة للمنظمة أو بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة ، وذلك بناء على موافقة المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية (OIML) على منح الأمانات العامة للمنظمة العربية للمواصفات والمقاييس حق ترجمة ما يناسب الدول العربية من توصيات ومواصفات تلك المنظمة.

٦. المنظمة الإفريقية الإقليمية للمواصفات (ARSO) :

لمنظمة الإفريقية الإقليمية للمواصفات (ARSO) ومقرها نيروبي وتضم معظم الدول الإفريقية ، مهامها هو إعداد المواصفات القياسية الدولية وعرضها على الأعضاء.

بالإضافة إلى مختبرات القياس الوطنية مثل PTB ، NPL ، NBS في كل من ألمانيا وبريطانيا والولايات المتحدة الأمريكية.

التقييس في الوطن العربي

أبدت جامعة الدول العربية اهتماماً بضرورة العمل المشترك من أجل تنسيق وتوحيد المواصفات والمقاييس عربياً وبما يتيح إمكانيات التعاون والتكامل الاقتصادي بين الأقطار العربية ، فتم إنشاء المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس التي بدأت

نشاطها عام 1988 م ، وروعي في استحداثها تحقيق الأهداف التالية:-

١. إنشاء مركز للوثائق والمعلومات وتبادل كافة المعلومات والبيانات والدراسات المتعلقة بالمواصفات ، وأنظمة القياس ، وطرق الاختبار ، والفحص المستخدمة في الدول العربية بالقوانين واللوائح الصادرة بشأنها ، وبالإدارات والأجهزة ، والفنيين والمهندسين ، والمعامل والمختبرات ، وبجميع ما يتعلق بمجالات المواصفات والمقاييس.

٢. تنمية العلاقات وتشجيع التعاون بين الإدارات والأجهزة والأقسام والهيئات المعنية بشئون المواصفات والمقاييس في الدول والبلاد الأعضاء ، والاستفادة من الإمكانيات المعملية المتوفرة في المختبرات العربية القائمة ، وتقديم التوصيات لتنظيم اختيار المواد ومعايرة الأجهزة تحقيقاً لمطابقة المواصفات الموضوعية ، ومعاونة الهيئات والإدارات القومية على استكمال إمكانياتها والمعملية وعلى تزويدها بما قد يلزمها من فنيين أو معلومات.

٣. تنسيق وإجراء البحوث والدراسات الخاصة بالمواصفات والمقاييس ، واقتراح النظم الكفيلة بضبط جودة الإنتاج العربية ودقته والنهوض بمستواه وضمان سلامته.

٤. تنسيق وتوحيد وحدات القياس والمصطلحات والتعاريف والرموز الفنية وأسس الرسم ، وكذلك طرق التحليل والفحص والاختبار ونظم المطابقة للمواصفات.

٥. إصدار ونشر توصيات أو مواصفات قياسية عربية موحدة لتحديد الخواص ومستويات الجودة للخامات والمواد والمنتجات والسلع والأجهزة والمعدات وأنظمة التنفيذ الفنية ، وكذلك تنسيق وتوحيد المقاييس وأنظمة القياس المطبقة في الأقطار العربية.

٦. العمل على إعداد وتدريب ورفع كفاية المستويات المختلفة من المهندسين والفنيين وتأهيلهم للأعمال المتعلقة بالمواصفات والمقاييس ، والرقابة على الإنتاج وضبط دقته وجودته تمهيداً لإنشاء مركز عربي مشترك للتدريب والتأهيل في مجالات

المواصفات والمقاييس.

٧. إصدار واعتماد وتسجيل العلامات والبيانات والرموز التي تدل على مطابقة المواد والخامات والمنتجات والأجهزة والمعدات والمواصفات القياسية العربية ، ووضع الأنظمة المتعلقة بشروط استعمال شارات المطابقة والمنوه عنها.
٨. عقد حلقات البحث والدراسات وكذلك المؤتمرات المحلية والإقليمية.
٩. تنسيق المواصفات والمقاييس العربية مع توصيات المنظمة العالمية ، والتعاون مع المنظمات والهيئات الوطنية والإقليمية والدولية المماثلة.

مفهوم التوحيد القياسي (التقييس) :

هو أسلوب موحد لتطبيق قواعد ثابتة واتخاذ مراجع واحدة عند مزاوله نشاط ما ولعل أفضل التعاريف التي وضعت له هو التعريف الذي وضعت المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) وطبقاً لهذا التعريف فإن التوحيد القياسي هو:-

وضع وتطبيق قواعد لتنظيم نشاط معين لصالح جميع الأطراف المعنية وبتعاونها لتحقيق اقتصاد متكامل أمثل مع الاعتبار الواجب يتلاءم مع الأداء ومقتضيات الأمان.

وهو يركز على النتائج الراسخة للعلم والتكنولوجيا والخبرة في سبيل تحديد التطور للحاضر والمستقبل ومسايرة التقدم ومن بين تطبيقاته ما يلي:-

1. وحدات القياس.
2. المصطلحات والرموز.
3. المنتجات.. (تعريف خصائص المنتجات وطرق القياس والاختبار وتصنيف خصائص المنتجات لتحديد جودتها وقابليتها للتبادل.. الخ).
4. سلامة الأشخاص والسلع.

ويمكن أن نوضح هذا التعريف بمزيد من التفصيل فنقول أن التوحيد القياسي بمفهومه العلمي والتكنولوجي الحديث ، يعني ذلك النظام أو الأسلوب الذي يحقق وضع المواصفات القياسية التي تحدد الخصائص والأبعاد ومعايير الجودة وطرق التشغيل

والأداء للسلع والمنتجات ، مع تبسيط وتوحيد أنواعها وأجزائها على قدر الإمكان، إقلاقاً للتعدد الذي لا داعي له وتيسيراً للتبادلية في إنتاج الجملة وقطع الغيار وخفضاً للتكاليف ، كما يشمل التوحيد القياس توحيد الطرق والأساليب التي تتبع عند الفحص والاختبار للتأكد من مطابقة السلع والمنتجات للمواصفات المعتمدة وكذلك المصطلحات والتعاريف والرموز الفنية وأسس الرسم والتعبير ، توحيداً للغة التفاهم العلمي والفني في مجالات الصناعة والتجارة والعلوم.

ولما كان القياس الدقيق من أهم الأسس التي يركز عليها التبادل التجاري وكذلك الإنتاج الصناعي الحديث ، سواء في أساليبه العلمية أو من خلال تبادل أجزاء منتجاته ، فإن التوحيد بني بتوحيد وحدات القياس وأساليبه وضبط ومعايرة أجهزته على مرابط يتم ضبط وقتها بانتظام على أئمة القياس التي يتم معايرتها كل حين على الأئمة الدولية المناظرة.

أسس التوحيد القياسي :

يشتمل أسس التوحيد القياسي العمليات الثلاث التالية :-

1. التبسيط :

هو اختصار عدد نماذج المنتجات إلى العدد الذي يكفي لمواجهة الاحتياجات السائدة في وقت معين ، وذلك عن طريق اختصار أو استبعاد النماذج الزائدة أو استحداث نموذج جديد ليحل محل نموذجين أو أكثر ، على ألا يخل ذلك بحاجة المجتمع ورغبات المستهلكين.

ويهدف التبسيط إلى عدم تعدد وتنوع النماذج المختلفة من السلع الشائعة الاستعمال ، لما في ذلك من إسراف في التكاليف وزيادة في الجهود الإنتاجية لذا فهو يؤدي إلى زيادة حجم الإنتاج وخفض التكاليف.

2. التوحيد :

عبارة عن توحيد مواصفتين أو أكثر لجعلهما مواصفة واحدة حتى يمكن للمنتجات

النتيجة أن تكون قابلة للتبادل عند الاستخدام.

ويتضح من هذا التعريف أن التوحيد يستهدف تحقيق قابلية المنتجات للتبادل في أكثر ما يمكن من قطاعات ومجالات.

لقد أدخل التوحيد تطوراً هائلاً على أساليب الصناعة، فإليه يرجع الفضل الأكبر في إمكان الإنتاج على نطاق واسع وهو يؤدي بصفة عامة إلى نتائج مماثلة لما يؤدي إليه التبسيط، فهو يخفف من مساحة المخازن ويزيد من سرعة دوران الموجود بها، حيث يخفف من حجم المخزون الراكد، كما أن له تأثير كبير في تبسيط القيد في السجلات، كذلك فهو يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وإلى تيسير أحكام ضبط الجودة، ويحقق كل هذه المزايا، مع ارتفاع بمستوى الجودة وإنخفاض كبير في تكاليف الإنتاج.

3- التوصيف :

عبارة عن التباين الموجز لمجموعة المتطلبات التي ينبغي تحقيقها في منتج أو مادة عملية ما مع إيضاح الطريقة التي يمكن بواسطتها التحقيق مع استيفاء هذه المتطلبات كلما كان ذلك ملائماً.

فالتوصيف يعني تحديد خصائص المواد والمنتجات، وكذلك الطرق والوسائل الكفيلة بالتحقيق من توفر هذه الخصائص، وقد لا يكون هذا التحديد يسيراً فقد يستلزم علي سبيل المثال الاستعانة بكثير من الرسومات الهندسية أو المنحنيات أو الجداول، كما أنه قد يحتاج إلى إجراء كثير من البحوث الصناعية.

إن هذا التحديد الدقيق يضمن الدقة في اختيار الخواص المناسبة وأكثر المواد ملائمة، كما يعمل على تنظيم الإنتاج فضلاً عن تمكين المنتجين والمستهلكين من التفاهم بلغة فنية واحدة.

أهداف التوحيد القياسي :

إن الأسس السابقة (التبسيط - التوحيد - التوصيف) التي يتضمنها التوحيد القياسي لها آثار بعيدة المدى في جميع أنشطة الحياة، فالتوحيد القياسي ليس له

أساسيات هندسة الإنتاج

غاية في حد ذاته بل أنه وسيلة فعالة لتحقيق أهداف ضخمة من أهمها ما يلي:-

1. زيادة الكفاءة الإنتاجية.
2. تحسين جودة الإنتاج.
3. المحافظة على المواد والموارد.

مزايا التوحيد القياسي :

بالإضافة بأن توحيد المصطلحات والتعاريف والرموز له أثر كبير في سهولة تبادل العلوم والفنون وتدعيم التفاهم الدولي فضلاً عن تيسير المعاملات التجارية. وبذلك يمكن إيجاز ما يحققه التوحيد القياسي من مزايا وفوائد فيما يلي:-

- ١ . الاقتصاد الشامل.
 - ٢ . حماية المستهلك.
 - ٣ . السلامة والأمان وحماية صحة وحياة العاملين والمستهلكين.
- المقصود بالاقتصاد الشامل أي الاقتصاد الذي يتمثل في الجهد البشري . الموارد . الآلات . القوى . الطاقة ، وليس من شك في أن تحقيق الاقتصاد الشامل يعني بلوغ النهاية المثلى للكفاءة الإنتاجية على مستوى الوطن بأكمله.

ضرر عدم التوحيد القياسي (الخروج عن الإمامية) :

من الأمثلة الطريفة فيما يسببه عدم التوحيد القياسي، ما حدث في بريطانيا عند ابتداء انتشار السكك الحديدية فيها ، إذ بدأت بعض شركات السكك الحديدية بتسيير قطاراتها على قضبان يبعد أحدهما عن الآخر بمقدار متر ثابت ، وقامت شركات أخرى بتحديد أبعاد بين القضبان أوسع. ولم يكن هذا الاختلاف ذا أهمية في بادئ الأمر، ولكنه عندما امتدت وانتشرت الخطوط الحديدية ، لوحظ أنه لا يمكن لقطارات أحد الفريقين السير على قضبان الفريق الآخر.

وتعطلت بذلك وسائل الانتقال السريع، واستلزم تسفير الركاب والبضائع ونقلهما من قطار إلى آخر ، إذا كان السفر بين الجهتين.

عندئذ، تدخلت الحكومة البريطانية ، وألزمت فريقاً من الفريقين بتغيير المسافة بين

قضيبي سكه الحديدية لتناسب الآخر بعد صراع عنيف بين الفريقين. وبذلك توحدت أبعاد القضبان وأصبح من الميسور تبادل القطارات بينهما.

هذا المثال بالرغم من بساطته.. إلا أنه يوضح دور التوحيد القياسي وقابلية التبادل، وأيضاً دور الحكومات والشركات في ذلك ، هو أساس هام في التصنيع والتجارة الحديثة.

مصطلحات التوحيد القياسي

يوجد مصطلحات للتوحيد القياسي أهمها الآتي :-

التوحيد القياسي (التقييس) :

يقصد به إيجاد مرجع موحد للمعايرة والمواصفات القياسية والاصطلاحات والتعاريف والرموز والتصنيف ومطابقة المواصفات .. وهي كالاتي :-

المعايرة :

يقصد بالمعايرة ضبط ومضاهاة أجهزة مرابط القياس ، بقصد ضمان وحدة المقاييس في مختلف الجهات التي تستخدمها كالمصانع والمعامل والورش الحكومية أو الأهلية.

إمام القياس :

هو جهاز علمي يقع في القمة من حيث الدقة ، ويسمى إماماً دولياً إذا كان ضمن الأئمة القياسية المحفوظة في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس ، ويسمى إماماً وطنياً إذا كان محفوظاً في معمل قومي أو ما يناظره بإحدى الدول ويعاير الإمام الوطني على الإمام الدولي.

تصنع أئمة القياس من مواد خاصة وتحفظ تحت ظروف خاصة ، ومشهود بصحتها من أحد المعاهد العالمية المختصة في هذا المجال.

تستخدم أئمة القياس من وقت لآخر وذلك للتأكد من تماثل وتطابق جميع مرابط

القياس الموجودة في كل دولة.

مرابط القياس :

هي الأجهزة التي سبق معايرتها على أئمة القياس الوطنية ، وبذلك تعتبر أجهزة تلي أئمة القياس من حيث الدقة.

تحفظ مرابط القياس في المعامل المختصة أو بحجرات تفتيش القياسات بالمصانع أو الشركات ، وتستخدم في ضبط ومعايرة أدوات وأجهزة القياس الدقيقة دورياً بشرط ألا تستعمل هي نفسها في القياس المباشر.

أجهزة القياس الدقيقة :

هي الأجهزة التي سبق معايرتها على مرابط القياس ، وتستعمل في القياس المباشر بالمعامل المختصة للإنتاج الصناعي وخاصة للأجزاء المتبادلة أو للإنتاج المتكرر.

الاصطلاحات الموحدة :

يقصد بها إطلاق أسماء مدلولات موحدة عن تعبير أو كيان خاص، بما يضمن عدم حدوث أي ليس أو خطأ في هذا المدلول.

المواصفات القياسية :

هي التحديد المعتمد للخواص والشكل الخارجي والأبعاد ، وطرق الاختبار وأغراض الاستخدام ووحدات القياس التي تحقق استعمال السلع والخامات لأغراض محددة.

مطابقة المواصفات القياسية :

هي عملية التحقق من مدى انطباق المواصفات القياسية على السلع أو الخامات في شكلها المعروض.

فيما يلي عرض الجداول ١٠ - ٤ إلى ١٠ - ١٠ الخاصة بالتحويل من النظام البريطاني إلى النظام المتري والعكس.

التحويل من النظام البريطاني إلى النظام المترى والعكس

جدول ١٠ - ٤

مقاييس الأطوال

Measuring Of Length	
1 millimeter (mm)	= 0.03937 inch
1 centimeter (cm)	= 0.39370 inch
1 meter (m)	= 39.37008 inches
	= 3.2808 feet
	= 1.0936 yards
1 Kilometer (Km)	= 0.6214 mile
1 inch	= 25.4 millimeters (cm)
	= 2.54 centimeters (cm)
1 foot	= 304.8 millimeters (mm)
	= 0.3048 meter (m)
1 yard	= 0.9144 meter (m)
1 mile	= 1.609 Kilometers (Km)
1mile	= 160 meter (m)

جدول ١٠ - ٥

مقاييس المساحات

Measure Of Area	
1 square millimeter	= 0.00155 square inch
1 square centimeter	= 0.155 square fee
1 square meter	= 10.764 square feet
	= 1.196 square yards
1 square kilometer	= 0.3861 square mile
1 square inch	= 645.2 square millimeters
	= 6.452 square centimeters
1 square foot	= 929 square centimeters
	= 0.0929 square meter
1 square yard	= 0.836 square meter
1 square mile	= 2.5899 square kilometers

جدول ١٠ - ٦

مقاييس الحجم الجافة

Measures Of Capacity (Dry)	
1 cubic centimeter (cm ³)	= 0.061 cubic inch
1 Liter	= 0.0353 cubic foot
	= 61.023 cubic inches
1 cubic meter (m ³)	= 35.315 cubic feet
	= 1.308 cubic yards
1 cubic inch	= 16.38706 cubic Centimeters (cm ³)
1 cubic foot	= 0.02832 cubic meter (m ³)
	= 28.317 Liters
1 cubic yard	= 0.7646 cubic meter (m ³)

جدول ١٠ - ٧

مقاييس الحجم السائلة

Measures of Capacity (Liquid)	
1 Liter	= 1.0567 U.S. quarts
	= 0.2642 U.S. gallon
	= 0.2200 Imperial gallon
1 cubic meter (m ³)	= 264.2 U.S. gallons
	= 219.969 imperial gallon
1 U.S. quart	= 0.946 Liter
1 imperial quart	= 1.136 Liters
1 U.S. gallon	= 3.785 Liters
1 Imperial gallon	= 4.546 Liters

جدول ١٠ - ٨

(مقاييس الأوزان)

Measures of Weight

1 gram (g)	= 15.432 grains	
	= 0.03215 ounce troy	
	= 0.03527 ounce avoirdupois	
1 Kilogram (Kg)	= 35.274 ounces avoirdupois	
	= 2.2046 pounds	
1000 Kilograms (Kg)	= 1 metric ton (t)	
	= 1.1023 tons of 2000 pound	
	= 0.9842 ton of 2240 pounds	
1 ounce avoirdupois	= 28.35 grams (g)	
1 ounce troy	= 31.103 grams (g)	
1 pound	= 453.6 grams	
	= 0.4536 Kilogram (Kg)	
1 ton of 2240 pounds	= 1016 Kilogram (Kg)	
	= 1.016 metric tons	
1 grain	= 0.0648 gram (g)	
1 ton	= 0.9842 ton of 2240 pound	1metric
	= 2204.6 pounds	

جدول ١٠ - ٩

التحويل من بوصات إلى ملليمترات

Inches to millimeters

mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	25.4	26	660.4	51	1295.4	76	1930.4
2	50.8	27	685.8	52	1320.8	77	1955.8
3	76.2	28	711.2	53	1346.2	78	1981.2
4	101.6	29	736.6	54	1371.6	79	2006.6
5	127.0	30	762.0	55	1397.0	80	2032.0
6	152.4	31	787.4	56	1422.4	81	2057.4
7	177.8	32	812.8	57	1447.8	82	2082.8
8	203.2	33	838.2	58	1473.2	83	2108.2
9	228.6	34	863.6	59	1498.6	84	2133.6

10	254.0	35	889.0	60	1524.0	85	2159.0
11	279.4	36	914.4	61	1549.4	86	2184.4
12	304.8	37	939.8	62	1574.8	87	2209.8
13	330.2	38	965.2	63	1600.2	88	2235.2
14	355.6	39	990.6	64	1625.6	89	2260.6
15	381.0	40	1016.0	65	1651.0	90	2286.0
16	406.4	41	1041.4	66	1676.4	91	2311.4
17	431.8	42	1066.8	67	1701.8	92	2336.8
18	457.2	43	1092.2	68	1727.2	93	2362.2
19	482.6	44	1117.6	69	1752.6	94	2387.6
20	508.0	45	1143.0	70	1778.5	95	2413.0
21	533.4	46	1168.4	71	1803.4	96	2438.4
22	558.8	47	1193.8	72	1828.8	97	2463.8
23	584.2	48	1219.2	73	1854.2	98	2489.2
24	609.6	49	1244.6	74	1879.6	99	2514.6
25	635.0	50	1270.0	75	1905.0	100	2540.0

The above is exact on the basis = 25.4 mm

جدول ١٠ - ١٠

التحويل من ملليمترات إلى بوصات

Millimeters to inches

mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	0.039370	26	1.023622	51	2.007874	76	2.992126
2	0.078740	27	1.0629921	52	2.047244	77	3.031496
3	0.118110	28	01.102362	53	2.086614	78	3.070866
4	0.157480	29	1.141732	54	2.125984	79	3.110236
5	0.196850	30	1.181102	55	2.165354	80	3.149606
6	0.236220	31	1.220472	56	2.204724	81	3.188976
7	0.275591	32	1.259843	57	2.244094	82	3.228346
8	0.314961	33	1.299213	58	2.283465	83	3.267717
9	0.354331	34	1.338583	59	2.322835	84	3.307087
١٠	0.393701	35	1.377953	60	2.362205	85	3.346457

11	0.433071	36	1.417323	61	2.401575	86	3.385827
12	0.472441	37	1.456693	62	2.440945	87	3.425167
13	0.511811	38	1.496063	63	2.480315	88	3.464567
14	0.551181	39	1.535433	٦٤	2.519685	89	3.503937
15	0.590551	40	1.574803	65	2.559055	90	3.543307
16	0.629921	41	1.614173	66	2.598425	91	3.582677
17	0.669291	42	1.653543	67	2.637795	92	3.622047
18	0.708661	43	1.692913	68	2.677165	93	3.661417
19	0.748031	44	1.732283	69	2.716535	94	3.700787
20	0.787402	٤٥	1.771654	70	2.755906	95	3.740157
21	0.826772	46	1.811024	71	2.795276	96	3.779528
22	0.866142	47	1.850394	72	2.834646	97	3.818898
٢٣	0.905512	48	1.889764	73	2.874016	98	3.858268
24	0.944882	49	1.929134	74	2.913386	99	3.897638
25	0.984252	50	1.968504	75	2.952756	100	3.937008

The above table is approximate on the basis : 1 in = 25.4 mm .

$$1/15.4 = 0.039370078740$$

obeikandi.com

الخاتمة

أرجو أن يكون هذا الكتاب الذي بين يديك بعد وصوله إلى نهاية الباب العاشر قد إكتمل ، في هذه المحاولة المتواضعة ، الغرض منها هو توصيل المعلومات الأساسية عن المواد التي نتعامل معها (المعادن الحديدية وغير الحديدية والمواد غير المعدنية) وطرق تشكيلها وتشغيلها .. أى تغيير شكل المواد الخام وتحويلها إلى منتجات يستفاد منها ، حيث تم عرض هذه الموضوعات من خلال الشرح التفصيلي المبسط للغاية بمبدأ الصورة قبل الكلمة ، هذا بالإضافة إلى عرض الجداول والمعادلات ذات العلاقة والتطبيق عليها بالأمثلة المحلولة.

يعتبر هذا الكتاب كمدخل لعلم هندسة الإنتاج ، حيث تناول كل ما يتعلق بعمليات التشكيل والتشغيل التي تناسب طلاب السنة الإعدادية لكليات الهندسة والسنوات الأولى لطلاب المعاهد العليا الصناعية ، لذلك فإن الموضوعات التي لم تأخذ حقها من خلال الشرح التفصيلي في هذا الكتاب ، فقد يجد لها القارئ موضوعات كاملة في كتاب آخر أكثر تخصصاً.

أأمل أن يتقدم أحد الزملاء من أعضاء هيئات التدريس بكليات الهندسة أو بالمعاهد العليا الصناعية أو من لديه القدرة على الكتابة في أحد التخصصات الصناعية أو الهندسية ، بإصدار كتاب جديد يحمل إضافة علمية أخرى ، لكى تتواصل المسيرة التعليمية على أكمل وجه ، وحتى تزهوا وتتألق المكتبة العربية.

.. (ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ربنا ولا تحمل علينا إصراً كما حملته على الذين من قبلنا ربنا ولا تحملنا ما لا طاقة لنا به وأعف عنا وأغفر لنا وارحمنا أنت مولانا فانصرنا على القوم الكافرين).

ولك الحمد على نعمك وفضلك وتوفيقك.

المراجع العربية

١. مدخل في هندسة الإنتاج .. تأليف الأستاذ . حسن حسين فهمي ، أ.د. جلال شوقي .. مكتبة الأنجلو المصرية .. القاهرة .. مصر.
٢. هندسة التشغيل والإنتاج .. تأليف الأستاذ المهندس . حسن حسين فهمي .. مكتبة النهضة المصرية .. القاهرة .. مصر.
٣. المدخل إلى هندسة الإنتاج .. تأليف أ.د. أحمد سالم الصباغ .. عالم الكتب .. القاهرة .. مصر.
٤. تكنولوجيا هندسة الإنتاج .. تأليف د.محمد نصر الدين دمير .. دار الراتب الجامعية.
٥. عمليات قطع المعادن .. تأليف . رودلف جينسكى .. الأسس التكنولوجية .. ترجمة م.محمد علوي الجزار .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
٦. أشغال المعادن .. تأليف . هاينز جراف ترجمة م. عبد المنعم عاكف .. الأسس التكنولوجية .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
٧. تشكيل المعادن بدون قطع .. الأسس التكنولوجية .. تأليف / ف.بتراك .. ترجمة م.حسن محمود إسماعيل ، م.محمد عبد المجيد نصار .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة .
٨. براد التجميع .. تأليف . أنجلبرت جريتز ترجمة م. رضا محمود سليمان .. الأسس التكنولوجية .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.

٩. المعاجم التكنولوجية التخصصية (معجم آلات الورش) .. تصنيف م. محمد عبد النصير القديم .. إشراف د. أنور محمود عبد الواحد .. الأسس التكنولوجية .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
١٠. المعاجم التكنولوجية التخصصية .. (معجم المصطلحات التكنولوجية الأساسية) .. تصنيف د.م. حماد يوسف حماد ، د.م. محمود فوزي عبد العزيز ، م. محمد عبد المجيد نصار .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
١١. هندسة الإنتاج .. تأليف م. صباح عبد الصمد البجاري ، م. سامي البجاري .. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي .. مؤسسة المعاهد الفنية . الجمهورية العراقية.
١٢. المرجع في عمليات برادة التجميع .. تأليف . كريسين وا . ناعوموف .. دار مير للطباعة والنشر .. موسكو.
١٣. فن الخراطة .. تأليف . فيودور بارياشوف .. ترجمة م. عيسى الزيدي .. دار مير للطباعة والنشر .. موسكو.
١٤. فن التفريز .. تأليف . فيودور بارياشوف .. ترجمة . عيسى الزيدي .. دار مير للطباعة والنشر .. موسكو.
١٥. التكنولوجيا لمهن تشغيل المعادن .. إعداد مجموعة من المدربين المهنيين والمهندسين .. الترجمة بإشراف د. محمد عبد الرازق محمد عامر .. شركة هكلر أند كوخ .. جمهورية ألمانيا الاتحادية.
١٦. حول آلات التشغيل .. تأليف . هايتر جيرلينج .. ترجمة . أحمد مروان الصعيدي .. الناشر . جورج فيسترمن .. جمهورية ألمانيا الاتحادية.
١٧. تكنولوجيا ميكانيكا الآلات .. ألماني مترجم .. تأليف نخبة من الأساتذة المتخصصين.

١٨. الحساب الفني لميكانيكا الآلات .. ألماني مترجم .. تأليف نخبة من الأساتذة المتخصصين.

١٩. تكنولوجيا المعادن .. تأليف / ماليشيف. ج ، نيكولايف. ي ، شوفالوف .. دار مير للطباعة والنشر .. الاتحاد السوفيتي .. موسكو .

المراجع الأجنبية

1. Understanding Technical., K . Methold & D.Waters.
2. General Course Workshop Processes And Materials. R . T . Pritchard.
3. General Course Workshop Processes And Materials
4. Workshop Technology., " Part 1,2 " W. A.J.Chapman.
5. Basic Engineering Process. Crawford.
6. Basic Evgineering Procsses . S . Crawford.
7. Manufacturing And Machine. Tool Operations – Herman W. Pollack.
8. Workshop Technology Part 1, 2 .. By Dr. W.A.J. Chapman.. Edward Arnold.. London.
9. Materials And Processes In Manufacturing .. By/ E.Paul De Garmo.. Macmillan Publishing Company New York.
10. Manufacturing Processes.. By Herbert W. Yankee..

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
إهداء	٦
المقدمة	٧

الباب الأول

المواد الهندسية

تمهيد	١٠
الشبكات البلورية للمعادن	١١
خواص البنية البلورية	١٣
عيوب البنية البلورية	١٣
الحبيبات وحدود البنيات	١٤
تبلور المعادن	١٥
المواد الهندسية	١٧
إختيار المواد الهندسية	١٩
جدول أمثلة لبعض المنتجات والخواص المطلوبة	٢٠
خواص المواد الهندسية	٢١
أنواع خواص المواد الهندسية	٢١
الخواص الميكانيكية للمواد	٢٢
جدول أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة	٣١

الباب الثاني

المعادن الحديدية

٣٤	تمهيد
٣٥	الفلزات (المعادن) الحديدية
٣٦	استخلاص الحديد الغفل
٣٦	العمليات التجهيزية التي تجرى على الحديد الغفل
٤٠	إنتاج الحديد الخام
٤١	الفرن العالي
٤٤	شحنة الفرن العالي
٤٥	العمليات التي تتم داخل الفرن العالي
٤٧	منتجات الفرن العالي
٤٧	منشأة الفرن العالي
٤٨	استخلاص الزهر من الحديد الخام
٤٩	خواص حديد الزهر القابل للصب
٥٠	المواد الحديدية المستخدمة في الصناعة
٥٠	الخامات المعدنية
٥١	المواد نصف المصنعة
٥٤	إنتاج المعادن الحديدية
٥٦	إنتاج حديد الزهر والصلب
٥٧	فرن الدست
٥٩	مميزات فرن الدست
٦٠	إستعمالات حديد الزهر المنتج من الفرن الدست
٦٠	مميزات حديد الزهر المنتج من الفرن الدست
٦١	تحويل الحديد الخام إلى صلب
٦١	طرق إنتاج الصلب

٦١	تحويل الحديد الخام إلى صلب طري
٦٢	خواص الحديد المطاوع (الصلب الطري)
٦٣	فرن التقليل
٦٣	طريقة فرن التقليل لصناعة الصلب
٦٥	تحويل خام الحديد إلى صلب بالنفخ
٦٥	محول بسمر
٦٦	التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي)
٦٩	محول توماس
٦٩	التحويل باستخدام محول توماس (التحويل القاعدي)
٧٠	منتجات محولات بسمر وتوماس
٧٠	مميزات محولات إنتاج الصلب
٧١	عيوب محولات إنتاج الصلب
٧١	فرن سيمنز مارتن
٧٤	مميزات فرن سمنز مارتن
٧٤	الأفران الكهربائية
٧٥	فرن القوس الكهربائي المباشر
٧٥	فرن القوس الكهربائي الغير مباشر
٧٥	فرن القوس الكهربائي المغمور
٧٧	منتجات أفران القوس الكهربائي
٧٧	مميزات أفران القوس الكهربائي
٧٧	أفران الحث الكهربائي
٧٨	منتجات أفران الحث الكهربائي
٧٩	مميزات أفران الصهر الكهربائي
٧٩	عيوب أفران الصهر الكهربائي
٧٩	استخدامات الصلب

٨٠	جدول مجالات استخدام الصلب الكربوني
٨١	تأثير الإضافات اللا معدنية والمكونات السبكية على الحديد والصلب
٨١	جدول تأثير الإضافات المعدنية واللا معدنية على خواص الحديد والصلب
٨٢	أساليب إنتاج الصلب

الباب الثالث

المعادن غير الحديدية

الفصل الأول : المعادن غير الحديدية

٨٤	تمهيد
٨٥	الفلزات (المعادن) غير الحديدية
٨٥	الفلزات (المعادن) غير الحديدية النقية
٨٦	الفلزات (المعادن) غير الحديدية الثقيلة
٨٨	استخلاص النحاس
٩٤	إنتاج سبائك النحاس
٩٧	إنتاج الزنك (الخاصين)
٩٩	إنتاج القصدير
١٠١	إنتاج الرصاص
١٠٢	إنتاج النيكل
١٠٤	إنتاج الكروم
١٠٥	إنتاج التنجستين
١٠٦	إنتاج الموليبدنم
١٠٦	إنتاج الفاناديوم
١٠٧	إنتاج الكوبلت
١٠٧	إنتاج المنجنيز
١٠٨	إنتاج التنتالوم
١٠٩	إنتاج التيتانيوم

.....	إنتاج الأنثيمون	١١٠
.....	إنتاج الزئبق	١١١
.....	المعادن الثمينة	١١٢
.....	إنتاج الفضة	١١٢
.....	إنتاج الذهب	١١٣
.....	إنتاج البلاتين	١١٤
.....	المعادن اللاحديدية الخفيفة	١١٥
.....	إنتاج الألومنيوم	١١٥
.....	إنتاج المغنسيوم	١١٨

الفصل الثاني : مواد التصنيع الملبدة

.....	تمهيد	١٢٢
.....	ميتالورجيا المساحيق	١٢٣
.....	طرق تحضير مساحيق المعادن	١٢٤
.....	تشكيل المساحيق بالكبس	١٢٦
.....	مميزات مواد التصنيع الملبدة	١٢٨
.....	عيوب مواد التصنيع الملبدة	١٢٨
.....	المعادن الصلدة	١٣١
.....	خامات المعادن الصلدة	١٣٢
.....	تحضير وإنتاج مشغولات المعادن الصلدة	١٣٢
.....	مواد القطع الخزفية	١٣٤
.....	استعمالات مواد القطع الخزفية	١٣٦

الباب الرابع

المواد غير المعدنية

١٣٨.....	تمهيد
١٣٩.....	المواد غير المعدنية
١٤٠.....	اللدائن
١٤١.....	خواص اللدائن
١٤٢.....	مميزات اللدائن
١٤٢.....	عيوب اللدائن
١٤٢.....	التركيب الكيميائي لللدائن
١٤٥.....	الكاوتشوك (المطاط)
١٤٥.....	الكاوتش الطبيعي
١٤٨.....	المطاط الصناعي
١٥١.....	الزجاج
١٥٢.....	الاسبستوس
١٥٢.....	الخشب
١٥٣.....	المواد المزلقة

الباب الخامس

عمليات التصنيع

الفصل الأول : تحويل الصلب إلى منتجات نصف مصنعة

١٥٦.....	تمهيد
١٥٧.....	الصلب
١٥٧.....	التغيرات التي تحدث بالصلب عند الصب
١٦١.....	الدلفنة
١٦٣.....	دلفنة القضبان والقطاعات وأسلاك الصلب
١٦٤.....	دلفنة ألواح الصاج
١٦٥.....	دلفنة الأنابيب

١٦٦.....	دلفنة الأنابيب غير الملحومة
١٦٨.....	دلفنة الأنابيب الملحومة
١٦٨.....	بثق المعادن
١٦٩.....	سحب المعادن
١٧٠.....	خواص واستخدامات الصلب
١٧٠.....	الصلب الإنشاءات
١٧١.....	صلب الإنشاءات العام
١٧٢.....	الصلب السهل القطع
١٧٢.....	صلب التصليد الغلافي
١٧٣.....	صلب التطبيع
١٧٣.....	صلب النتردة
١٧٣.....	صلب النوابض
١٧٤.....	الصلب الخاص
١٧٥.....	ألواح الصلب (ألواح الصاج)
١٧٦.....	صلب العدة
١٧٦.....	صلب العدة اللاسبيكي (الصلب الكربوني)
١٧٧.....	صلب العدة السبيكي منخفض الخلط
١٧٧.....	صلب العدة السبائكي عالي الخلط
١٧٨.....	الأشكال التجارية لأنواع الصلب

الفصل الثاني : عمليات الإنتاج للمنتجات تامة التصنيع

١٧٩.....	تمهيد
١٨٠.....	تشكيل وتشغيل المعادن
١٨١.....	عمليات التشكيل
١٨١.....	تأثير التشكيل على الساخن
١٨١.....	تأثير التشكيل على البارد

١٨٢.....	عمليات التشكيل بالصب (سباكة المعادن)
١٨٢.....	أساليب السباكة
١٨٣.....	عمليات تشكيل المعادن بالصب (بالسباكة)
١٨٣.....	تشكيل القوالب
١٨٣.....	أنواع قوالب السباكة
١٨٥.....	المواد المستخدمة في صناعة الداليك
١٨٦.....	صناعة الداليك
١٨٦.....	تجهيز الداليك يدويا
١٨٧.....	تجهيز الداليك آليا
١٨٨.....	السباكة في قوالب رملية
١٨٨.....	تشكيل وتجهيز النموذج
١٩٠.....	سماح الانكماش
١٩٢.....	تجهيز القالب الرملي
١٩٥.....	تجهيز الداليك
١٩٨.....	صهر المعادن
١٩٨.....	صب المعدن المنصهر في القالب
١٩٨.....	نزع القطعة المسبوكة وتنظيفها
١٩٩.....	فحص المسبوكات
١٩٩.....	السباكة في القوالب المعدنية
٢٠١.....	السباكة بالطرد المركزي
٢٠٣.....	السباكة بالشمع الضائع
٢٠٤.....	تشكيل المعادن بالحدادة
٢٠٤.....	مميزات تشكيل المعادن بالحدادة
٢٠٥.....	أساليب الحدادة
٢٠٥.....	الحدادة اليدوية

.....	
٢٠٦.....	أنواع الفحم المستخدم في أفران الحدادة
٢٠٦.....	العمليات الأساسية للحدادة اليدوية
٢١٩.....	تشكيل المعادن بالوصل
٢١٩.....	طرق الوصل
٢٢٠.....	الوصل المؤقت
٢٢٠.....	الوصل بالمسامير الملولبة والصواميل
٢٢١.....	الوصل بالتيل
٢٢٣.....	الوصل بالخوابير
٢٢٤.....	الوصل غير الدائم
٢٢٤.....	الوصل بمسامير البرشام
٢٢٦.....	الوصل الدائم
٢٢٦.....	طرق الوصل الدائم
٢٢٧.....	اللحام بالسبائك غير الحديدية
٢٢٧.....	اللحام بالقصدير (اللحام الرخو)
٢٢٨.....	اللحام بالمونة (اللحام الصلب)
٢٢٩.....	مساعات اللحام
٢٢٩.....	مميزات اللحام الصلب
٢٣٠.....	اللحام بغاز الاكسي إستيلين
٢٣١.....	لهب الاكسي استيلين
٢٣٢.....	أنواع لهب الاكسي استيلين
٢٣٣.....	مميزات اللحام بالاكسي استيلين
٢٣٤.....	القطع بلهب الاكسي استيلين
٢٣٤.....	شروط القطع باللهب
٢٣٥.....	مشعل القطع
٢٣٦.....	عمليات قطع المعادن باللهب

٢٣٨.....	اللحام بالقوس الكهربائي
٢٣٨.....	مبدأ عمل القوس الكهربائي
٢٣٩.....	أنواع اللحام بالقوس الكهربائي
٢٣٩.....	استخدام التيار المستمر
٢٤١.....	استخدام التيار المتغير (المتردد)
٢٤٣.....	أسلاك اللحام (الالكترودات)
٢٤٤.....	لحام الترميت
٢٤٥.....	اللحام بالضغط والحرارة
٢٤٦.....	اللحام بالحدادة
٢٤٧.....	اللحام المقاومة الكهربائية
٢٤٧.....	لحام النقطة

الباب السادس

عمليات قطع وتشغيل المعادن

٢٥٠.....	تمهيد
٢٥١.....	تشغيل المعادن بالقطع
٢٥١.....	الشروط التي يجب توفرها في عمليات تشغيل المعادن بالقطع
٢٥٢.....	العدد القاطعة
٢٥٢.....	الشروط التي يجب توافرها في العدد القاطعة
٢٥٣.....	أنواع أدوات القطع
٢٥٨.....	القواطع وأسطح إسفين القطع
٢٥٩.....	زوايا الحدالقاطع
٢٦٢.....	مواد التشغيل وأثرها في تكوين الرايش
٢٦٣.....	كسارة الرايش
٢٦٤.....	مميزات أقلام الخراطة ذات كسارات الرايش

٢٦٥	الفصل
٢٦٥	التجزئة والقطع
٢٦٦	تحليل القوى المؤثرة على إسفين القطع
٢٦٨	الشكل الهندسى لحد القطع
٢٦٩	التأثير القاطع لأسفين القطع
٢٧١	القطع بالعدد اليدوية
٢٧١	القطع بالأجنة
٢٧٢	عملية التأجين
٢٧٤	زوايا الحد القاطع للأجنة
٢٧٥	أنواع الأجنات
٢٨٠	النشر
٢٨٠	أسلوب عمل المنشار
٢٨١	العلاقة بين خطوة الأسنان ونوع المادة
٢٨١	التفليج
٢٨٢	التمويج
٢٨٣	النشر اليدوي
٢٨٤	المناشير اليدوية للمعادن
٢٨٥	المناشير الألية للمعادن
٢٨٥	المنشار الشريطى
٢٨٦	المنشار الدائرى (منشار الصينىة)
٢٨٧	المنشار الترددى
٢٨٨	البرادة
٢٨٨	عمليات البرادة
٢٨٨	المبرد
٢٨٩	تركيب وتصنيف المبادر

٢٨٩	مواصفات المبرد
٢٩١	المبارد المشكلة بالطرق والتفريز
٢٩٢	الأسنان القاطعة السفلى والعليا للمبرد
٢٩٣	تصنيف المبارد حسب نوع القطع للأسنان
٢٩٤	ترتيب القطعية في المبارد
٢٩٥	برادة السطوح المائلة
٢٩٦	تنظيف المبارد
٢٩٧	المبارد الخاصة
٢٩٧	مكنات البرادة
٢٩٧	ماكينة البرادة الترددية
٢٩٩	الكشط والتطبيع
٣٠٠	المكاشط
٣٠٠	المكشطة المسطحة
٣٠١	المكشطة المثلثة
٣٠١	مكشطة المعلقة
٣٠٢	التطبيع
٣٠٣	الشكل الأساسي لقاطع المكشطة
٣٠٣	كشط سطح مستو
٣٠٦	الكشط الداخلي للمحامل الانزلاقية
٣٠٧	التثقيب
٣٠٧	عملية الثقب
٣٠٨	عدد الثقب (الثقابات)
٣٠٨	المنقب الالتوائي
٣١٣	تثبيت (ربط) المشغولات
٣١٤	أخطاء الثقب وأسباب كسر الثاقب

.....	الثقب بطريقة اقتصادية	٣١٦
.....	التشغيل بواسطة ماكينات التشغيل	٣١٨
.....	ماكينات الثقب	٣١٨
.....	المثقاب اليدوي	٣١٨
.....	مثقاب التزجة	٣١٩
.....	ماكينات الثقب المتتابع	٣٢٠
.....	المثقاب القائم	٣٢١
.....	تجهيزه الثقب الأفقية	٣٢٢
.....	المثقاب النصف قطري (مثاقب الدف)	٣٢٣
.....	المثقاب المتعدد أعمدة محاور	٣٢٤
.....	المثاقب الخاصة	٣٢٦
.....	تجهيزة ثقب المرشدات	٣٢٦
.....	أساليب الثقب الخاصة	٣٢٨
.....	أسلوب الحث بالشرر	٣٢٨
.....	أسلوب الموجات فوق السمعية	٣٣٠
.....	التخویش	٣٣١
.....	ثقابات التخویش ذات الحدود القاطعة المستدقة	٣٣١
.....	مثاقب تخویش أسطوانية مسطحة	٣٣٢
.....	ثقابات تخویش أسطوانية مسطحة تحتوي على مرتکز للمعدة	٣٣٣
.....	ثقابات التخویش الالتوائية (الحرزونية)	٣٣٣
.....	البراغل	٣٣٤
.....	أنواع البراغل	٣٣٥
.....	المواد المستخدمة في صنع البراغل	٣٣٦
.....	طريقة ثقب وبرغلة الثقوب المستدقة	٣٣٩
.....	التشغيل النموذجي للبراغل	٣٤٠

.....	سرعة القطع والتغذية للبرغلة	٣٤١
.....	المقاشط	٣٤٢
.....	أساليب القشط	٣٤٢
.....	عملية القشط	٣٤٣
.....	الشروط الواجب توافرها في المقاشط	٣٤٤
.....	أقلام القشط	٣٤٤
.....	أنواع المقاشط	٣٤٥
.....	المقشطة النطاحة	٣٤٥
.....	الحركة النسبية بين القلم والشغلة بالمقشطة النطاحة	٣٤٦
.....	الإدارة المترددة بالمقاشط النطاحة	٣٤٧
.....	نقل الحركة الدائرية وتحويلها إلى حركة مستقيمة مترددة بالتمساح	٣٤٨
.....	التحكم في طول مشوار التمساح	٣٤٩
.....	حركة القطع والرجوع السريع	٣٤٩
.....	حركة التغذية الآلية بالمقشطة النطاحة	٣٥١
.....	سرعة القطع	٣٥٢
.....	رفع العدة أثناء شوط الرجوع	٣٥٣
.....	مميزات المقشطة النطاحة	٣٥٤
.....	القشط على مقاشط العربية	٣٥٤
.....	الحركة النسبية بين الشغلة والقلم بالمقشطة العربية	٣٥٥
.....	ماكينات الخراطة	٣٥٦
.....	أجزاء المخرطة الأساسية	٣٥٧
.....	أقلام الخراطة	٣٦٦
.....	المواد المستخدمة لصناعة آلات القطع	٣٦٧
.....	الصفات الواجب توافرها في الآلات القاطعة	٣٦٨
.....	الأجزاء الرئيسية لقلم المخرطة	٣٦٨

.....	
٣٦٩.....	الأقلام الخارجية
٣٧٠.....	الأقلام الداخلية
٣٧١.....	اتجاه قلم المخرطة
٣٧٢.....	الزوايا الرئيسية للحد القاطع لقلم المخرطة
٣٧٣.....	سرعة القطع
٣٧٣.....	التفريز
٣٧٤.....	عملية التفريز
٣٧٤.....	التفريز المحيطي
٣٧٤.....	التفريز المساعد
٣٧٥.....	التفريز الهابط
٣٧٥.....	التفريز الوجهي
٣٧٦.....	سرعة القطع
٣٧٦.....	التغذية
٣٧٧.....	عمق القطع
٣٧٧.....	مقاطع التفريز
٣٧٧.....	زوايا مقطع التفريز
٣٧٨.....	أنواع مقاطع التفريز
٣٨٠.....	مواد صنع مقاطع التفريز
٣٨٠.....	تثبيت مقاطع التفريز
٣٨٢.....	ماكينات التفريز
٣٨٢.....	استعمال ماكينات التفريز
٣٨٣.....	أنواع ماكينات التفريز
٣٨٣.....	الفريزة الأفقية
٣٨٤.....	الفريزة الرأسية
٣٨٦.....	الفريزة العامة

.....	التجليخ	٣٨٦
.....	أحجار التجليخ	٣٨٧
.....	المواد الكاشطة	٣٨٧
.....	حببيات أحجار التجليخ	٣٨٧
.....	المواد الرابطة	٣٨٨
.....	أشكال احجار التجليخ	٣٨٨
.....	تثبيت احجار التجليخ	٣٨٩
.....	عملية التجليخ	٣٩٠

الباب السابع

المعالجات الحرارية للمعادن

الفصل الأول : المعالجات الحرارية

.....	تمهيد	٣٩٢
.....	المعالجة الحرارية	٣٩٤
.....	المعالجة الحرارية للصلب	٣٩٣
.....	مقومات بنية الصلب اللاسبيكي	٣٩٤
.....	التلدين	٣٩٥
.....	أساليب للتلدين	٣٩٥
.....	التلدين المزيل للإجهادات	٣٩٥
.....	التلدين اللين	٣٩٥
.....	تلدين الموازنة (المعادلة الحرارية)	٣٩٦
.....	أخطاء التلدين	٣٩٦
.....	التصليد (التصليد بالتسقية)	٣٩٦
.....	التسخين	٣٩٦
.....	التقسية	٣٩٧
.....	المراجعة الحرارية	٣٩٨

.....	جدول ألوان ودرجات الحرارة اللازمة للمراجعة الحرارية	٣٩٩
.....	التعتيق	٣٩٩
.....	المعالجة الحرارية لأنواع صلب العدة	٤٠٠
.....	تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة اللاسيكي	٤٠٠
.....	تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط	٤٠٣
.....	تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبيكي عالي الخلط	٤٠٤
.....	المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات	٤٠٥
.....	التصليد السطحي	٤٠٥
.....	التصليد الغلافي	٤٠٥
.....	التصليد الغلافي بالصناديق (السمنتة)	٤٠٦
.....	جدول أعماق التصليد الغلافي لأنواع الصلب السبيكي واللاسيكي	٤٠٧
.....	التصليد الغلافي بالحمامات السمنتة	٤٠٨
.....	التصليد الغلافي في وسط غازي	٤٠٨
.....	جدول التصليد المزدوج والتلدين المرحلي للصلب الكربوني	٤١٠
.....	جدول الأخطاء المحتملة أثناء التصليد الغلافي	٤١١
.....	التصليد بالنتردة	٤١١
.....	النتردة الغازية	٤١٢
.....	النتردة بالغمر	٤٢١
.....	مميزات أسلوب التصليد السطحي بالنتردة بالغمر	٤١٣
.....	التصليد بالذهب	٤١٣
.....	أنواع التصليد بالذهب	٤١٤
.....	التصليد بالغمر	٤١٥
.....	التصليد بالحث	٤١٦
.....	التطبيع	٤١٧
.....	المعالجة الحرارية لحديد الزهر	٤١٨

إزالة الإجهادات من المصبوبات	٤١٨
المعالجة الحرارية لمصبوبات القوالب المعدنية المبردة	٤١٨
التصليد السطحي للحديد الزهر	٤١٩
المعالجة الحرارية للمعادن الخفيفة	٤١٩
المعالجة الحرارية للألومنيوم وسبائكه	٤١٩
التلدين اللين	٤٢٠
التصليد بالتعتيق (التصليد بالترسب)	٤٢٠
التسقية	٤٢١
التعتيق	٤٢١
المعالجة الحرارية لسبائك المغنسيوم	٤٢١

الفصل الثاني : التآكل الكيميائي

تمهيد	٤٢٢
التآكل الكيميائي	٤٢٣
أنواع التآكل الكيميائي	٤٢٣
التآكل الكيميائي البحت	٤٢٣
التآكل الكهروكيميائي	٤٢٤
التآكل التلامسي	٤٢٤
الوقاية من التآكل الكيميائي بالمعادن	٤٢٤
الكسوات اللا معدنية	٤٢٤
التكسية بالطلاء	٤٢٥
أساليب التكسية بالرش	٤٢٦
التكسية بالرش على البارد	٤٢٧
التكسية بالرش على الساخن	٤٢٧
التكسية بالرش الكهربائي	٤٢٨
التكسية بالغمر الكهربائي	٤٢٨

٤٢٨.....	التكسية بالدائن
٤٢٩.....	التكسية بالمينا
٤٢٩.....	تكسية الصلب بالتحول الكيميائي
٤٢٩.....	التكسية المعدنية
٤٣٠.....	أساليب التكسية المعدنية
٤٣٠.....	التكسية بالغمر فى معدن منصهر
٤٣١.....	الرش بالمعادن
٤٣١.....	التكسية بنشر المعادن
٤٣١.....	التكسية برفائق معدنية (التصفيح)
٤٣٢.....	الكسوة الكرومية
٤٣٢.....	الكسوة القصديرية
٤٣٢.....	الكسوة النحاسية
٤٣٢.....	الكسوة الرصاصية
٤٣٢.....	الأوساط الغازية الواقية
٤٣٣.....	التخطيط لمقاومة التآكل الكيميائي
٤٣٣.....	المصطلحات الفنية للمعاملات الحرارية

الباب الثامن

النجارة

٤٤٦.....	تمهيد
٤٤٧.....	النجارة
٤٤٧.....	الخشب
٤٤٧.....	أنواع الخشب
٤٥٢.....	تركيب بنية الخشب
٤٥٢.....	طرق تحويل جزوع الأشجار إلى ألواح خشبية

٤٥٣.....	طرق تجفيف الخشب
٤٥٤.....	عيوب الخشب
٤٥٥.....	أسباب عيوب الخشب
٤٥٥.....	تخزين الخشب
٤٥٦.....	الشروط الواجب توافرها بمخازن الخشب
٤٥٧.....	النجارة اليدوية
٤٥٧.....	ترجة النجار
٤٥٨.....	عدد النشر اليدوية
٤٥٨.....	أنواع المناشير اليدوية
٤٦٤.....	الشروط التي يجب مراعاتها أثناء عمليات النشر
٤٦٨.....	عدد التسوية والضغط
٤٦٨.....	عدد النقر
٤٦٨.....	الأزميل
٤٦٩.....	أنواع عدد النقر
٤٧٠.....	المسحاج (الفارة)
٤٧١.....	أنواع المساحيج اليدوية
٤٧٢.....	المبارد
٤٧٣.....	المفكات
٤٧٤.....	الكماشة
٤٧٤.....	المطارق
٤٧٥.....	الدقماق
٤٧٦.....	المرباط
٤٧٦.....	المصدات
٤٧٧.....	المثاقب
٤٧٩.....	أدوات القياس والتخطيط

.....	الشروط التي يجب مراعاتها عند استخدام عدد النجارة اليدوية	٤٨٧
.....	معدات وماكينات النجارة الكهربائية	٤٨٨
.....	معدات النشر الكهربائية	٤٨٨
.....	منشار الصينية الثابت	٤٨٨
.....	منشار الصينية اليدوي	٤٨٩
.....	منشار الشريط	٤٨٩
.....	ماكينة الربوه	٤٩٠
.....	ماكينة التخانة	٤٩١
.....	ماكينة النقر	٤٩٢
.....	ماكينة الحلية	٤٩٣
.....	مخرطة الخشب	٤٩٤
.....	ماكينة الصنفرة	٤٩٥
.....	الوصلات الخشبية	٤٩٦

الباب التاسع

القياس وضبط الجودة

.....	تمهيد	٥٠٤
.....	القياس	٥٠٥
.....	المعايرة	٥٠٥
.....	وسائل القياس	٥٠٦
.....	أدوات قياس الأطوال	٥٠٦
.....	مساطر الصلب	٥٠٦
.....	أدوات القياس الغير مباشرة	٥٠٨
.....	القدمة ذات الورنية	٥٠٩
.....	مميزات المقدمة ذات الورنية	٥١١

نظرية الورنية	٥١٢
نظام تدرج الورنية المنزلقة دقة ٠.١ ملليمتر	٥١٢
قراءات مختلفة للقدمة ذات الورنية دقة ٠.١ ملليمتر	٥١٣
القدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر	٥١٥
النظام الأول لتدرج الورنية المنزلقة دقة 0.05 ملليمتر	٥١٥
النظام الثاني لتدرج الورنية المنزلقة دقة 0.05 ملليمتر	٥١٦
قراءات مختلفة للقدمة ذات الورنية دقة 0.05 ملليمتر	٥١٧
القدمة ذات الورنية دقة 0.02 ملليمتر	٥٢٠
قراءات للقدمة ذات الورنية دقة 0.02 ملليمتر	٥٢١
قدمة قياس الأعماق	٥٢٢
قدمة قياس الارتفاعات	٥٢٣
الميكرومترات	٥٢٥
أنواع الميكرومترات	٥٢٦
ميكرومتر القياس الخارجي	٥٢٦
نطاق قياس الميكرومتر	٥٢٩
نظرية الميكرومتر	٥٣٠
قراءات مختلفة للميكرومتر	٥٣١
الميكرومترات الداخلية	٥٣٣
الميكرومتر الداخلي ذو الفكين دقة ٠.٠١ ملليمتر	٥٣٣
الميكرومتر الداخلي المجهز بقطع امتداد	٥٣٤
الميكرومتر الداخلي ذو الثلاث نقط ارتكاز	٥٣٥
العناية بالميكرومترات	٥٣٧
اختبار دقة قياس الميكرومترات	٥٣٩
قوالب القياس	٥٣٩
قوالب القياس المتوازية	٥٣٩

.....	فئات قوالب القياس	٥٤١
.....	لصق قوالب القياس	٥٤٢
.....	مجموعات قوالب القياس	٥٤٤
.....	مبين القياس ذو القرص المدرج	٥٤٨
.....	مميزات مبيّنات القياس	٥٥١
.....	أدوات وأساليب قياس الزوايا	٥٥٢
.....	الزوايا	٥٥٢
.....	الزوايا الثابتة	٥٥٢
.....	الزوايا المتحركة	٥٥٣
.....	الزاوية ذات الوردية	٥٥٤
.....	نظام تدريج وردية الزاوية	٥٥٥
.....	قراءات مختلفة للزاوية ذات الوردية دقة ٥	٥٥٧
.....	استخدامات الزوايا المتحركة	٥٥٨
.....	مصادر الخطأ في القياس	٥٦٠
.....	مصادر الخطأ بأداة القياس	٥٦٠
.....	مصادر الخطأ بعملية القياس	٥٦١
.....	ضبط الجودة	٥٦٥
.....	ضبط جودة الإنتاج	٥٦٥
.....	جودة التصميم	٥٦٥
.....	جودة عمليات التصنيع	٥٦٥
.....	جودة الأداء	٥٦٦
.....	جودة التغليف	٥٦٦
.....	جودة المناولة والنقل والشحن	٥٦٦
.....	جودة التخزين	٥٦٧
.....	جودة العرض والتوزيع	٥٦٨

٥٦٨.....	خدمات ما بعد البيع
٥٦٩.....	رد فعل المستهلك
٥٦٩.....	المبادئ الأساسية لضبط الجودة
٥٧٠.....	علامة الجودة
٥٧١.....	مميزات وضع علامات الجودة
٥٧٢.....	مراقبة وتطور أنظمة الجودة

الباب العاشر

المواصفات القياسية

٥٧٤.....	تمهيد
٥٧٥.....	تطور الصناعة
٥٧٦.....	التوحيد القياسي
٥٧٧.....	النظام الدولي لوحدات القياس
٥٧٨.....	الوحدات القياسية الأساسية
٥٧٩.....	جدول الوحدات القياسية الأساسية حسب النظام الدولي طبقاً لمواصفات ISO
٥٨٠.....	جدول وحدات القياس الطولي المترى
٥٨٠.....	جدول وحدات القياس الطولي المترى
٥٨١.....	مميزات النظام الدولي لوحدات القياس
٥٨١.....	الهيئات والمنظمات الدولية للتقييس
٥٨٢.....	١. المنظمة الدولية للأوزان والمقاييس OIPM
٥٨٢.....	المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية OIML
٥٨٢.....	الاتحاد الدولي للقياس IMEKO
٥٨٢.....	المنظمة الدولية للتوحيد القياسي ISO
٥٨٣.....	المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس
٥٨٣.....	المنظمة الإفريقية الإقليمية للمواصفات ARSO
٥٨٣.....	التقييس في الوطن العربي

.....	
٥٨٥.....	مفهوم التوحيد القياسي (التقييس)
٥٨٦.....	أسس التوحيد القياسي
٥٨٦.....	التبسيط
٥٨٦.....	التوحيد
٥٨٧.....	التوصيف
٥٨٧.....	أهداف التوحيد القياسي
٥٨٨.....	مميزات التوحيد القياسي
٥٨٨.....	ضرر عدم التوحيد القياسي (الخروج عن الإمامية)
٥٨٩.....	مصطلحات التوحيد القياسي
٥٩١.....	التحويل من النظام البريطاني إلى النظام المتري والعكس (مقاييس الأطوال)
٥٩١.....	جدول مقاييس المساحات
٥٩٢.....	جدول مقاييس الحجم الجافة
٥٩٢.....	جدول مقاييس الحجم السائلة
٥٩٣.....	جدول مقاييس الأوزان
٥٩٤.....	جدول التحويل من بوصات إلى ملليمترات
٥٩٥.....	جدول التحويل من ملليمترات إلى بوصات
٥٩٧.....	الخاتمة
٥٩٩.....	المراجع
٦٠٣.....	الفهرس

هذا الكتاب

يهدف إلى شرح المعلومات الأساسية عن المواد التي نتعامل معها (المعادن الحديدية وغير الحديدية والمواد غير المعدنية) وطرق تشكيلها وتشغيلها .. أى تغيير شكل المواد الخام وتحويلها إلى منتجات نصف مصنعة ، والحصول أيضاً على منتجات كاملة التصنيع من خلال عمليات التشكيل أو من عمليات التشغيل بالقطع.

روعي عند إعداد هذا الكتاب أن يكون مرجعاً شاملاً يغطي موضوعات مادة أساسيات هندسة الإنتاج ، حيث تناول الشرح التفصيلي المبسط للغاية للموضوعاته المختلفة بمبدأ الصورة قبل الكلمة ، مع عرض الجداول والمعادلات ذات العلاقة والتطبيق عليها بالأمثلة المحلولة التي تساعد الطالب على الفهم والتدرج في تحصيل المعلومات.

أعد هذا الكتاب ليناسب طلاب السنة الإعدادية لكليات الهندسة والسنوات الأولى لطلاب المعاهد العليا الصناعية ، كما يفيد الفنيين والمهندسين العاملين بمجال هندسة الإنتاج.

والله الموفق ،

الناشر



الناشر المصرية للعلوم

١٣ شارع اسماعيل أبني جبل خلف مستشفى الجمهورية
عابدين - القاهرة

٢3936079 تليفاكس 2393647 ☎