

الحدادة اليدوية والآلية

وفن زخرفة الحديد

الحدادة اليدوية والآلية

وفن زخرفة الحديد

تأليف

د. أحمد زكي حلمي

الكتاب : الحدادة اليدوية والآلية وفن الزخرفة بالحديد

المؤلف : د. أحمد زكى حلمي

المقاس : 17 X 24

الطبعة : الأولى

عدد الصفحات : 294 صفحة

الناشر : دار المراجع العلمية

رقم الإيداع : 26564

الترقيم الدولي : 1-05-6571-977-978

©حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة للدار المراجع العلمية 2020

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.

مُقَدِّمَةٌ

نظرا لأهمية المطروقات في الصناعة بوجه عام ، ومع التطورات الحديثة ، واستخدامها في كافة المجالات الميكانيكية والكهربائية ، هذا بالإضافة إلى أهمية منتجاتها وتكاليفها العالية ، كان لابد أن تحظى باهتمام المتخصصون ليصل إنتاجها إلى أفضل وجه ، الأمر الذي أدى إلى وضع مقاييس ومعايير ذات مواصفات فنية، أوجب إتباعها في صناعة الحدادة.

الحديد المطاوع soft iron هو إحدى السبائك الحديدية التي يتم إنتاجها من الحديد الزهر الغفل بتخفيض نسب معينة من الكربون والشوائب . ويتم إنتاجه في أفران عاكسة مبطنّة من الداخل بأكسيد الحديد حيث يوضع مصهور الحديد في الفرن ، ويمرر هواء ساخن لأكسدة الشوائب ، فيتحوّل بعضها إلى أكاسيد غازية تتطاير، والبعض الآخر إلى أكاسيد تتحد مع بطانة الفرن لتتحوّل إلى خبث ، ويسحب المعدن وهو ما زال لنا من الفرن ثم يطرق لفصل ما به من خبث ، ويشكل إلى صفائح أو إلى قضبان حسب الطلب.

يتناول هذا الكتاب الشرح التفصيلي لأفران الصهر المختلفة مثل الفرن العالي - فرن الدست المعروف بالكيوبولا - فرن البوتقة - فرن التقليل - المحولات والأفران الكهربائية وغيرها . وعمليات الحدادة اليدوية والآلية والأدوات والمعدات المختلفة المستخدمة ، وذلك من خلال الشرح التفصيلي لكل فرن من هذه الأفران على حدة ، مع عرض لطريقة التشغيل ومميزات وعيوب كل منهم.

كما يتعرض إلى فن زخرفة الحديد وأعمال الديكور وخاصة في المشغولات

المنزلية ، مثل الأبواب والشبابيك الحديدية وترابزينات السلالم والمقاعد
وغيرها من القطع التي تضيف لمسة جمال للمكان

فقدماً كان الاعتماد على شكله الطبيعي مع الاكتفاء بطلائه باللون الأسود،
أما الآن فألوانه أصبحت متعددة مع أشكاله التي أصبحت تستخدم في المساحات
الصغيرة بالمنزل، ولا يكتفي بكونه يستخدم في الأبواب ودرازين السلالم
والبلكنات بل ويستخدم في الأثاث والديكورات المختلفة داخل المنزل.

فيما يلي عرض بعض هذه الاستخدامات للحديد المشغول مع أشكاله الحديثة
والعملية التي من الممكن أن تضيفي على منازلكم روحاً مميزة وأناقة مختلفة

روعي عند إعداد هذا الكتاب أن يكون مرجعاً شاملاً لورش الحدادة
والزخرفة ، وذلك من خلال الشرح التفصيلي لكل عملية على حدة ، مع عرض
التمارين المحولة والمعادلات ذات العلاقة والمنتجات المختلفة.

أعد هذا الكتاب ليناسب طلاب كليات الهندسة والمعاهد العليا الصناعية ، كما
يفيد الفنيين والمهندسين بالحقل الصناعي بالأنشطة المختلفة بشتى المجالات.

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 ولي التوفيق ،،

المؤلف

2020 / 1 / 1

الباب الأول

إستخلاص وإنتاج المعادن الحديدية

الباب الأول

إستخلاص وإنتاج المعادن الحديدية

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

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

يناقش هذا الباب استخلاص والنتاج المعادن الحديدية وسبائكها مثل حديد الزهر بأنواعه ، والأفران المستخدمة في عمليات الصهر ، وعمليات نقاوة وتكرير هذه المعادن .

ويتناول استخلاص وإنتاج المعادن الغير حديدية وسبائكها مثل النحاس - الألومونيوم - الزنك - القصدير - الرصاص وغيرها ، من خلال صهرها وتكريرها عن طريق الأفران المختلفة أو بالترسيب أو بالتحليل الكهربائي .

كما يتعرض لأفران الصهر المختلفة مثل الفرن العالي - فرن الدست المعروف بالكيوبولا - فرن البوتقة - فرن التقلاب - المحولات والأفران الكهربائية ... وغيرها .

وذلك من خلال الشرح التفصيلي لكل فرن من هذه الأفران على حدة ، مع عرض لطريقة التشغيل ومميزات وعيوب كل منهم .

مواد التصنيع

Manufacturing Materials

لسهولة عرض مواد التصنيع التي نتعامل معها في الصناعة ، فقد قسمت المواد الهندسية كما هو موضح بشكل 1 - 1 إلى ثلاثة مجموعات أساسية ، وقسمت كل مجموعة إلى مجموعات فرعية على النحو التالي.

أولاً : المواد الفلزية (المعدنية) Metallic Materials

ويمكن تنقسم المواد الفلزية (المعدنية) إلى الآتي :-

○ معادن حديدية Ferrous Materials مثل الحديد المطاوع Wrought Iron وحديد الزهر Cast Iron . درجة إنصهار الحديد النقي 1539 °م ، كثافته 7.78 جم/سم³.

يمكن إدراك أهمية سبائك الحديد في الصناعة من خلال الإنتاج العالمي للمعادن الحديدية الذي يبلغ حوالي 800 مليون طن في العام تقريباً ، علماً بأن المعدن الذي يليه في الانتشار هو الألومنيوم والذي يبلغ إنتاجه العالمي حوالي 12 مليون طن في العام .. هذا يعني أن إنتاج المعادن الحديدية يفوق إنتاج جميع المعادن الأخرى مشتركة بعدة أضعاف.

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

○ 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 .

ثانياً : 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:-

- مواد طبيعية Natural وتنقسم إلى الآتي :-
- الأحجار- الرمل - الزلط - الرخام - الخشب - مطاط - جلد - ماس.

- 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.

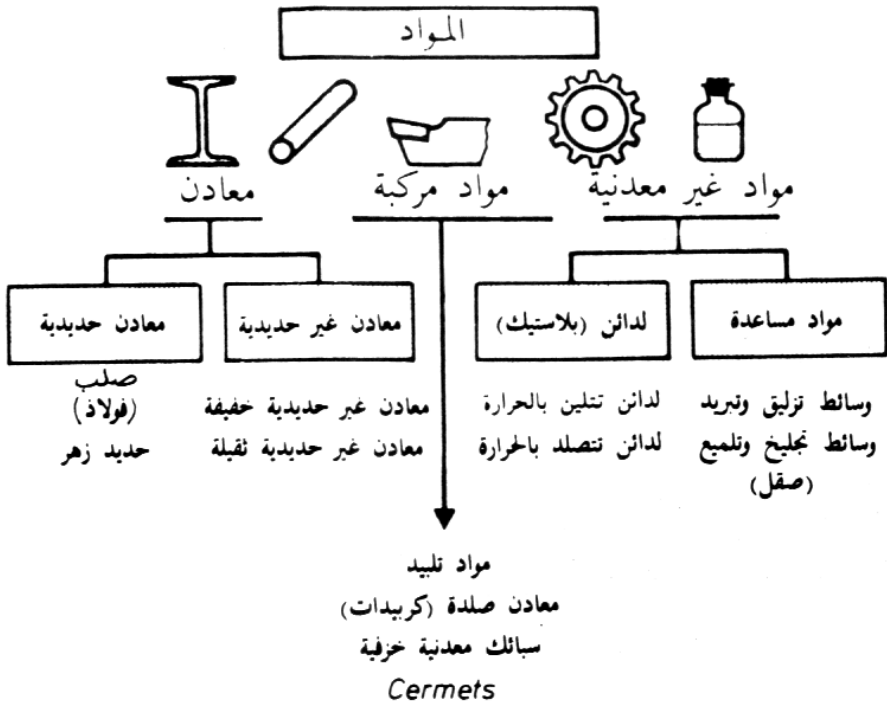
رابعا : المواد المساعدة للتصنيع Auxiliary materials

تنقسم المواد المساعدة إلى الآتي :-

- مواد اللحام واللصق Soldering and Adhesion materials
- مواد التنظيف Cleaning materials
- مواد حاكة للتجليخ والتلميع Grinding and Polishing materials
- مواد عازلة Insulators materials.

خامسا : مواد أخرى

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



شكل 1 - 1

تصنيف المواد الهندسية

خواص المعادن

خواص المعادن .. 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.

خواص المواد الهندسية :

يمكن تقسيم خواص المواد الهندسية كما هو موضح بجدول 1 - 2 إلى

الآتي :-

جدول 1 - 2

خواص المواد الهندسية

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

أولا : الخواص الفيزيائية

هي قابلية التوصيل للحرارة والكهرباء - نقطة الانصهار - المتانة - الصلادة - المرونة - الكثافة .. وتحدد هذه الخواص مجالات استخدام أي مادة تصنيع.

ثانيا : الخواص الكيميائية

أهم الخواص الكيميائية لمواد التصنيع هي مقاومة التآكل - قابلية الاحتراق - درجة السُمومة ، ويمكن تغيير خواص المواد عن طريق خلطها بمواد أخرى .. (أي تكوين سبيكة).

ثالثاً : الخوص الفنية (التكنولوجية)

تحدد الخواص الفنية لمواد التصنيع المختلفة من خلال سلوك هذه المواد ، وتبعاً لذلك توجد مواد

قابلة لعمليات التصنيع كالصب - الطرق - اللحام - التشغيل بالقطع وهي كالآتي :-

1. المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق عمليات السباكة .. مثل حديدي

الزهر - الرصاص - سبائك النحاس - سبائك الألومونيوم.

2. المواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ، الدرفلة ، الثني ،

مثل الصلب - النحاس - سبائك الألومونيوم.

3. المواد القابلة للحام يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحام

بالضغط مثل الصلب والمعادن الغير حديدية.

4. المواد القابلة للتشغيل بالقطع يمكن تشغيلها على آلات القطع .. على سبيل المثال

بواسطة الثقب - القشط - البرد - الخرط - التفريز - التخليق - التجليخ الخ ،

وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض . كما توجد خواص ميكانيكية

، أهم الصفات التي تحدد الخواص الميكانيكية للمعادن هي الآتي :-

تعريف خواص المعادن:

لكل مادة خصائص ومميزات تحدد شخصيتها ومجال استخدامها ، كما إنها

تلعب دوراً هاماً في اختيار أساليب التشغيل المناسبة لها ، ويمكن توصيف المادة بمدي

مقاومتها ومطاوعتها للقوى الواقعة عليها وبالتغيرات في المقاومة والانفعالات

والاجهادات المؤثرة عليها أثناء التشغيل أو التشكيل ، ومن ثم فإن خواص مواد

التصنيع المختلفة تحدد من خلال سلوك هذه المواد ، وتبعاً لذلك توجد مواد قابلة

لعمليات التصنيع كالصب - الطرق - الدرفلة - اللحام - التشغيل بالقطع

وغيرها من العمليات ، كما أنها تستخدم كأساس للمقارنة بين المواد الهندسية

المختلفة ، وعلى سبيل المثال فإن المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق

عمليات السباكة مثل حديدي الزهر - الرصاص - سبائك النحاس - سبائك

الألومونيوم ، والمواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ،

الدرفلة، الثني ، مثل الصلب - النحاس - سبائك الألومونيوم ، والمواد القابلة للحام

يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحام بالضغط مثل الصلب

والمعادن غير الحديدية ، أما المواد القابلة للتشغيل بالقطع فيتم تشغيلها على آلات القطع المختلفة .. وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض.

فيما يلي عرض لأهم خواص المعادن :-

اللمعان :

هي خاصية تشترك فيها المعادن ومن خلالها يمكن التمييز عن العناصر غير المعدنية ، لكن اللمعان قد يختفي تحت تأثير مفعول الأكسجين الذي يكون طبقة من أكسيد المعدن عليه.

اللون :

للمعادن ألوان تميز بعضها عن بعض ، ومعظم المعادن يشترك في اللون الأبيض والرمادي ، كما أن درجة هذا اللون تتوقف على تركيب العناصر والنسب الداخلة للمعدن ، وعلى سبيل المثال .. سبيكة نحاس تحتوي على 15% نيكل .. يكون لونها أبيض فاتح ، وسبيكة نحاس أخرى تحتوي على 40% زنك .. يكون لونها أصفر ذهبي . علما أن بعض المعادن لها لون خاص بها فقط مثل الذهب لونه أصفر ، ولون النحاس أحمر ، كما أن لمعان المعادن أو لونها قد يختفي تحت تأثير مفعول أكسجين الجو الذي يكون طبقة من أكسيد المعدن تخفي اللون واللمعان.

الوزن النوعي :

هو نسبة وزن حجم معين من معدن إلى نفس وزن هذا الحجم من ماء مقطر ، فإذا فرض أن هذا الحجم 1 سم مكعب وهو يزن من الماء المقطر 1 جرام عند درجة 4⁰ م .

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{وزن سم مكعب من المعدن بالجرام}}{1000}$$

∴ وزن سم مكعب من المعدن = كثافته

∴ الوزن النوعي للمعدن = كثافته ، ولكنه مجرد من التمييز لأنها نسبة .. فيما يلي جدول 1 — 3 يوضح الوزن النوعي لأكثر المعادن الشائعة الاستعمال.

جدول 1 . 3

الوزن النوعي للمعادن الشائعة الاستعمال

الوزن النوعي	اسم المعدن	الوزن النوعي	اسم المعدن
7.8	حديد	2.56	ألومنيوم
8.0	صلب	6.6	أنتيمون
8.6	نحاس	7.1	خارصين
8.8	نيكل	7.2	قصدير
19.3	ذهب	11.36	رصاص
21.5	بلاتين	19.3	تنجستين

المقاومة : 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 الاحتفاظ بشكل سطحها سليماً متماسكاً تحت تأثير الأحمال.

يطلق عليها لدى الفنيين بالورش بالقساوة أو النشوفة ، وهي تعبر عن مقاومة الجسم للأجسام الأخرى التي تحاول النفاذ إليه (لإختراقه) مثل الثقب أو الخراط ، وهذه الخاصية تختلف من معدن إلى آخر ، بل تختلف في المعدن الواحد لاختلاف درجة تقاوته وطرق تشغيله .. على البارد أم على الساخن ، فمثلا الذهب من المعادن الشديدة الليونة ، تنخفض ليونته وتزداد صلابته عند إضافة جزء من النحاس ، كما أن الحديد تزداد صلابته بازدياد كمية ضئيلة جداً من الكربون.

وتعرف الصلادة بقدرة المادة لمقاومة التشوه — النقر — القطع — الخدش — البرى (التآكل) نتيجة للاحتكاك 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 الاحتكاك.

(ج) صلادة الإرتداد : Rebound Hardness

هي خاصية قدرة المادة للرجوعية .. أى امتصاص الطاقة وإعادتها مرة أخرى

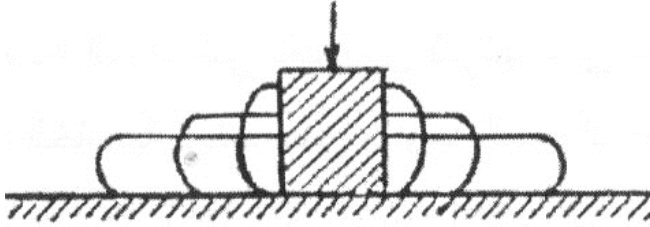
للأحمال المؤثرة مسببة ارتداد لها ، ترتفع قيمتها كلما زادت صلادة المادة.

(د) صلادة التشكيل بالمالحينات : Malleability

هي قدرة المادة على التشكيل بواسطة الطرق Hammering أو الدرفلة

Rolling بدون كسر كما هو موضح بشكل 1 - 2 ، وهي خاصية مشابهة للمطولية

ولكن لا يوجد علاقة مباشرة بينهما.



شكل 1 - 2

مادة مشكلة 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 ، أو مقدرة الجسم على استعادة

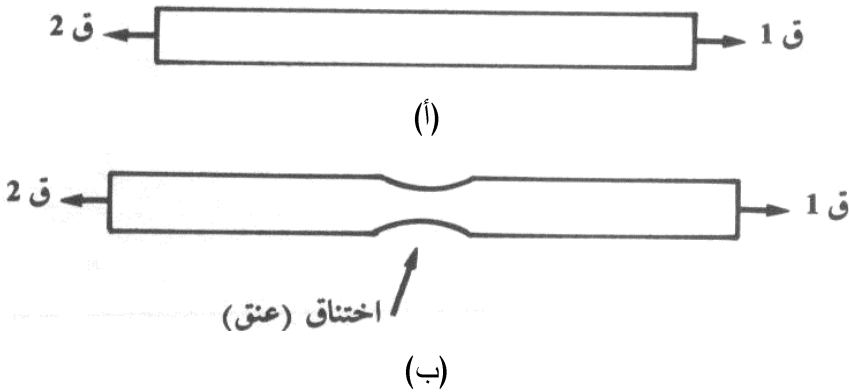
شكله وحجمه الأصلي بعد زوال القوة التي سببت الإجهاد، وأقرب مثال إلى ذلك هو

الذي يحدث بالمطاط ، وهذه الخاصية تتفاوت في المعادن المختلفة. .. هذا يعني أن

المرونة عكس اللدونة.

للمرونة نهاية يطلق عليها حد المرونة ، بحيث إذا زاد الإجهاد عن حد المرونة فإن الجسم لا يستعيد شكله وأبعاده بعد زوال القوة المسببة للإجهاد.

شكل 1 - 3 (أ ، ب) يوضح عينة تعرضت لإجهاد شد . تعرضت العينة أ تحت تأثير إجهاد شد (ق₁) ولم يحدث إستطالة بها ، وتعرضت العينة ب تحت تأثير إجهاد شد (ق₂) وهي قوة أكبر من (ق₁) أدى إلة حدوث إختناق في منتصف العينة نشأ عن الإستطالة ، علماً بأن زيادة قوة الشد قد تؤدي إلى كسر العينة.



شكل 1 - 3

عينة تعرضت لإجهاد شد

7. قوة التماسك :

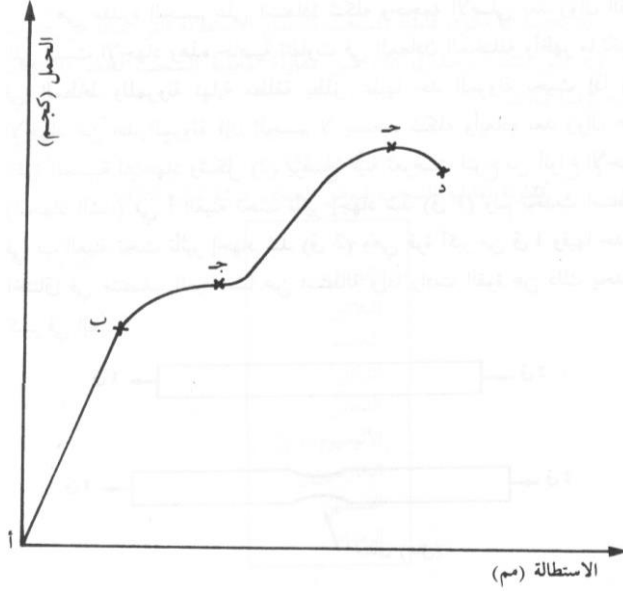
هي مقاومة المعدن لما يقع عليه من الإجهادات كالشد أو الضغط أو غيرها دون أن ينكسر ، وقوة التماسك طردياً مع الإجهاد ، والإجهاد يقاس بأكبر حمل يقع على وحده السطح من قطاع الجسم المعرض للقوة المسببة للإجهاد ، ويحتمل أن ينكسر هذا القطاع ، ويعبر عنه بالعلاقة التالية :-

$$\text{قوة التماسك} = \frac{\text{الحمل}}{\text{مساحة القطاع}}$$

تتوقف قوة التماسك أو الإجهاد على درجة بناء المعدن وكمية المواد الداخلة في تركيبه ، كما تتوقف على طرق التشغيل الميكانيكية ، فمثلاً زيادة الكربون في

الصلب يخفض في إجهاد الشد ويزيد في إجهاد الضغط ، كما أن طرق أو سحب المعادن على البارد كما هو الحال بآلات الدلافين يزيد في إجهاد الشد.

شكل 1 - 4 يوضح منحنى بياني لشد عينة من الصلب الكربوني عند تعرضها لحمل (قوة) ليحدث بها استطالة تتناسب مع مقدار الحمل.



شكل 1 - 4

منحنى بياني لشد عينة من الصلب الكربوني عند تعرضها لحمل (قوة)

معيار 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 معيار المرونة في الشد والضغط لأكثر المعادن ، ويعبر عن معيار الليونة في الشد والضغط بالعلاقة التالية :-

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

حيث σ مقدار الزيادة في الإجهاد

e مقدار الزيادة المناظرة في الإنفعال

E معيار 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.

المشاشية : 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.

القصفة : 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 الممتولية.

الصلابة : Stiffness

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

الرجوعية : Resilience

هي كفاءة المادة لامتصاص طاقة الإجهادات المبذولة في حدود المرونة.

المتانة : Toughness

عكس القصفة ، 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 ، أو مقدرة الجسم على الاستطالة دون أن يحدث له كسر عندما تؤثر عليه قوة شد كما هو الحال عند سحب المعادن إلى أسلاك . تتوقف هذه الخاصية على قوة تماسك المعدن ، حيث أن التماسك يقاوم القوة اللازمة للسحب ، وتتوقف هذه الخاصية على درجة حرارة الجسم المسحوب ، حيث أن الأسلاك التي تسحب على البارد تكون قابليتها للسحب أكثر من الأسلاك التي تسحب على الساخن ، وهذه الخاصية ذات أهمية كبيرة بين المعادن التي تصنع منها المنشآت إذ يجب أن تكون قابلة للسحب تتحمل الاستطالة التي تنشأ عن حدوث طوارئ غير منتظرة.

قابلية الطرق :

هي استجابة المعدن للتشكيل بالتمدد في جميع الجهات بصفة ثابتة عندما تؤثر

عليها قوة ضغط .. عند طرقه أو ضغطه أو درفلته.

تتوقف قابلية الطرق على العناصر الغريبة الداخلة في تكوين المعدن ، على سبيل المثال زيادة نسبة الكربون في الصلب يخفض من قابليته للطرق ، كما تتوقف أيضاً على درجة الحرارة ، فالزنك معدن هش .. ولكن عند رفع درجة حرارته إلى 150°C يكون قبل للطرق وإذا زادت درجة الحرارة تحول إلى معدن هش مرة أخرى.

جدول 1 – 4 يوضح قابلية السحب والطرق لبعض المعادن الشائعة الاستخدام مرتبة ترتيباً تنازلياً.

جدول 1 . 4

قابلية السحب والطرق لبعض المعادن الشائعة الإستعمال

قابلية السحب	قابلية الطرق
الذهب	الذهب
الفضة	الفضة
البلاتين	النحاس
الحديد	الألمونيوم
النيكل	القصدير
النحاس	البلاتين
الألمونيوم	الرصاص
الخرصين	الحديد
القصدير	النيكل
الرصاص	الخرصين

13. قابلية التشكيل بالضغط والسك :

هي الخاصية التي تظهر في المعدن بعد حد المرونة ، حيث يشكل المعدن عند وضعة في قالب يحتوي على شكل خاص ، وعند ضغطه يأخذ المعدن شكل القالب كما

هو الحالة في العملات المعدنية والميداليات ، هذه الخاصية تدل على أن المعدن ينكسر إذا عرض للثني .. هذا يعني أن هذه الخاصية عكس خاصية مقاومة الثني والالتواء كما هي عكس قابلية السحب.

قابلية الشد :

هي مقاومة المعدن للكسر عند تأثير جهد شد ، ويعبر عن نسبة القوة على وحدة المساحة ، وتتأثر هذه الخاصية بالعوامل التالية:-
الشوائب.

تغيير درجة الحرارة.

الشغل الميكانيكي كالطرق والضغط.

قابلية اللحام :

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

يمكن من خلال هذه الخاصية تكوين جسم واحد من قطعتين من معدن واحد أو من معدنين مختلفين ، عند تحويل أطراف القطعتين من الحالة الصلبة إلى الحالة العجينية بالتسخين ، تتوقف هذه الخاصية على درجة الحرارة التي يصهر فيها المعدن وعلى قابلية المعدن للتأكسد .. أي اتحاده بالأكسوجين ، فكلما كان المعدن سريع التأكسد ، كلما كان من الصعب لحامه ويحتاج إلى اتخاذ احتياطات خاصة.

4. قابلية الصهر:

جميع المعادن المعروفة تتحول من حالة الصلادة إلى حالة السيولة تحت تأثير الحرارة ، ولكن لكل منهم درجة حرارة انصهار ، علما أن بعض المعادن تتحول من حالة الصلادة إلى حالة السيولة مباشرة ، والبعض الآخر يتحول من حالة الصلادة إلى عجينية ثم إلى الحالة السائلة.

في حالة الانصهار تتغير كثافة بعض المعادن مثل الزهر ، حيث أن الأجزاء التي لم تنصهر منه تطفو على سطح الزهر السائل ، أي أن كثافته في الحالة السائلة أكثر وأكبر منها في حالته الصلبة.

المعادن التي تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة مباشرة هي الأفضل لعمل المسبوكات ، إذ أنه كلما كان المعدن شديد الميوعة كانت أركان المسبوكات محددة وناطقة التفاصيل . جدول 1 - 5 يوضح درجات إنصهار المعادن الشائعة الاستعمال.

جدول 1 . 5

درجات انصهار المعادن الشائعة الاستعمال

المعدن	درجة الانصهار بالدرجة المئوية
قصدير	230
رصاص	330
خارصين	420
ألومنيوم	360
نحاس	1085
ذهب	1075
حديد زهر	1200 - 1100
حديد غفل	1600
حديد صلب	1600 - 1400
بلاتين	1770

5. قابلية التبخر :

هي خاصية تبخر المعادن ، أي بعد انصهارها تتحول من حالة السيولة إلى بخار ، حيث تصل أولاً إلى نقطة الغليان ثم تأخذ في التبخر ، ويمكن استقبال بعض المعادن في مكثفات وتبريدها للحصول على المعدن نفسه من غفلة .. (هذه الطريقة تستخدم أحياناً في حالات مثل الصوديوم والبوتاسيوم والزرنيخ والزنابق) ، علماً بأن جميع المعادن تقريباً يمكن تبخيرها غير أن بعضها يتبخر بسهولة والبعض الآخر يحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة جداً ليصل إلى درجة الغليان ليحدث التبخر . جدول

1 – 6 يوضح درجات حرارة غليان بعض المعادن.

جدول 1 - 6

درجات غليان بعض المعادن

المعدن	درجة الغليان بالدرجة المئوية
قصدير	2100
رصاص	1530
خارصين	930
ألومنيوم	1800
نحاس	2300
حديد زهر	2790
حديد غفل	2790
حديد صلب	2790

مقاومة الصدم :

هي قدرة المعدن على مقاومة الضربات المفاجئة.

مقاومة الثني والالتواء :

هي مقدرة المعدن على مقاومة الثني والالتواء دون أن ينكسر ، وهذه الخاصية لا يمكن قياسها بالدقة ، غير أن هناك طرقاً مقربة من خلال ثني قطعة من المعدن المراد قياسه ، بحيث يكون الثني بزاوية خاصة ، ثم يكرر الثني عدة مرات حتى ينكسر ، وتكون عدد مرات الثني قياساً لمقاومة المعدن للثني.

توصيل المعادن للحرارة :

وهي الخاصية التي تسمح للمعدن بنقل الحرارة من جزء إلى آخر ، هذه خاصية مختلفة من معدن إلى آخر.

يقاس مقدرة المعدن على نقل الحرارة بكمية الحرارة التي ينقلها وحدة السطح من قطاع قضيب من معدن طوله (.. سم – بوصة) وحدة الأطوال ، علماً بأن نقل المعدن للحرارة يرفع من حرارة المعدن نفسه ، وارتفاع درجة حرارة المعدن تخفض من قوة تماسكه ، أي تخفض من مقاومته للإجهادات المختلفة.

16. توصيل المعادن للكهرباء :

جميع المعادن مركبة من بللورات ، والتيار الكهربائي يسهل عليه اختراق البللورات .. أي أن التيار الكهربائي يستطيع المرور بينها بسهولة ، وعند صغر باللورات المعدن وارتفاع عددها .. تزداد حدودها وتزداد تبعاً لذلك مقاومة المعدن لمرور التيار الكهربائي وتوصيل الكهرباء .. أي تتخفض قابلية للتوصيل للكهرباء.

مرور الكهرباء في المعادن يرفع من درجة حرارتها ويخفض من قوة تماسكها ويخفض أيضاً من مقاومتها للإجهادات المختلفة.

جدول 1 – 7 يوضح قابلية المعادن الأكثر استخداماً للتوصيل بالحرارة والكهرباء.

جدول 1 - 7

قابلية بعض المعادن للتوصيل بالحرارة والكهرباء

المعدن	درجة توصيل الحرارة بالدرجة المئوية	درجة توصيل الكهرباء بالدرجة المئوية
الفضة	100	100
النحاس	89	94
الألمونيوم	48	53
الزنك	28	26
الحديد	18	17.7
القصدير	15.2	13.3
النيكل	14	11.8
الرصاص	8.2	7.6

16. مقاومة العوامل الجوية :

تختلف المعادن في سهولة اتحادها بأكسوجين الجو أو غيره من الغازات الموجودة به مثل غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يساعد على أكسدة المعدن.

أكاسيد المعادن ضعيفة المقاومة للإجهادات المختلفة ، فكلما زادت قابلية المعدن للتأكسد كلما إنخفضت مقاومتها ، لذلك كان من الضروري تغطية أسطح المصنوعات المعدنية بإحدى الطرق المعروفة لحمايتها من العوامل الجوية ، مثل تغطية الأدوات المنزلية بطبقة من النيكل .. لأن النيكل شديد المقاومة للعوامل الجوية ، ومن ثم وقاية المعدن الأصلي.

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:-

1. 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 اهتزاز.

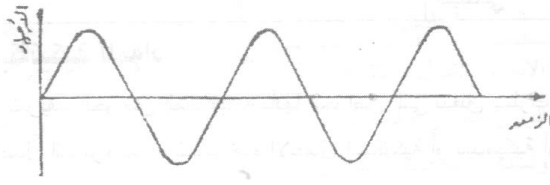
2. حمل ديناميكي : Dynamic load

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

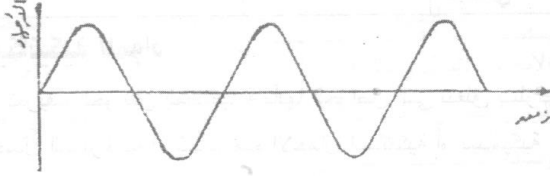
3. تحميل متكرر : Repeated loading

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 انهيار 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

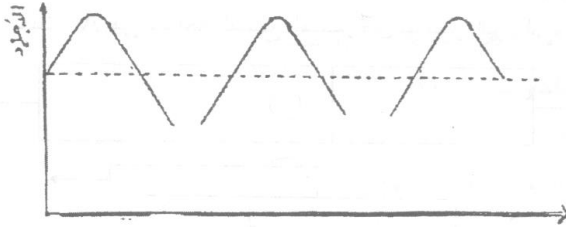
1 - 5 كالآتي :-



(i)



(ب)



(ج)

شكل 1 - 5

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 أى مقطع مستعرض موزعة توزيعاً منتظماً ، وعليه تكون كثافة القوى الداخلية (الإجهادات) عند أى 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.

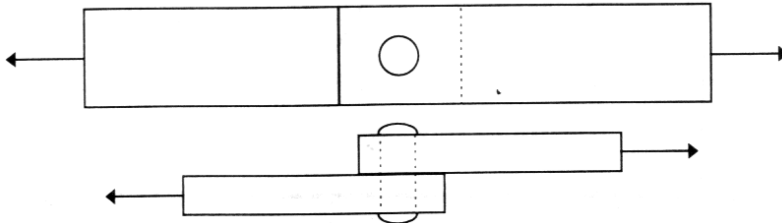
ويمكن إستخدام العلاقة السابقة في بعض حالات القص الذي لا يؤثر فيها الحمل F بطريقة مركزية حقيقية ، ولكنه يؤثر في المستوى المراد حساب الإجهادات عليه ، وعلى سبيل المثال مسمار البرشام الموضح بشكل 1 - 6 يكون إجهاد القص المؤثر عليه كما هو موضح بالعلاقة التالية :-

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

حيث q إجهاد القص.

F الحمل.

A مساحة المقطع المستعرض لمسمار البرشام.



شكل 1 - 6

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 أي بعد طولي للمنشأ تشكيلاً Deformation ، أما الانفعال Strain فهو وحدة التشكيل أو التغير لكل وحدة من الأبعاد الطولية للمنشأ.

تأثير المعادن بالعوامل الكيميائية:

تختلف المعادن فيما بينهما من حيث قابليتها للتأثر بالعوامل الكيميائية المختلفة ، فبعض المعادن تتأثر بالهواء الرطب أو الماء ، والبعض الآخر يكتسب مناعة ضد الأحماض حتى المركزة منها ، ويفسر مناعة المعادن ضد العوامل الكيميائية بتكون طبقة أكسيدية رقيقة شديدة الالتصاق بسطح المعدن ، ومن ثم يعزل المعدن عن المؤثرات الخارجية ، وتتحكم الخواص الكيميائية للمعادن الشائعة الاستعمال في الصناعة.

1. الحديد :

الحديد النقي معدن أبيض فضي ينصهر عند درجة حرارة 1600°C تقريباً ، يذوب الكربون بنسب متفاوتة ، لا يؤثر الهواء الجاف عليه بينما الهواء الرطب يحول أسطحه إلى صدأ.

إذا تعرض الحديد إلى بخار ماء ساخن جداً ، فإنه يكون أكسيد حديد مغناطيسي، أما الأحماض فإنها تتفاوت مقدرتها على إذابة الحديد ، فمثلاً حامض الأيدروكلوريك يذيب الحديد سواء كان الحامض مخففاً أو مركزاً ، بينما يذوب الحديد في حامض الكبريتيك المخفف ، وإذا غمس في حامض النيتريك المركز يتحول إلى حديد خامل كيميائياً.

2. الألومنيوم :

معدن أبيض يميل إلى اللون الأزرق – وزنه خفيف – درجة غليانه 1800°C . الهواء الجاف لا يؤثر في الألومنيوم ، أما الهواء الرطب فإنه يفقد الألومنيوم لمعانه

ويكون طبقة رقيقة جداً من أكسيد الألومنيوم ، هذه الطبقة تحمي المعدن من التأثير بالهواء ، كما تتكون طبقة أكسيد على الألومنيوم إذا وضع في ماء مغلي ، ويتحدد الألومنيوم بالأكسجين الجوي أثناء الاحتراق عند درجات حرارة عالية قد تصل إلى 700°م .

الأحماض المخففة بوجه عام لا تؤثر في حرارة الألومنيوم ما عدا حامض الأيدروكلوريك المخفف فإنه يذيب الألومنيوم ببطء ، أما الأحماض المركزة فإنها تذيب الألومنيوم بسرعة ، عاماً بأن الألومنيوم لا يتأثر إطلاقاً بحامض النيتريك مهما كان درجة تركيزه ، كما يذوب الألومنيوم بسهولة في المحاليل القلوية الساخنة مثل الصودا الكاوية والبوتاسا الكاوية.

3. النحاس :

النحاس معدن لونه أحمر يميل إلى السمرة — لين — ينصهر عند 1083°م ، إذا سخن النحاس في الهواء فإنه يغطي بطبقة من أكسيد النحاسيك الأسود ، من صفاته أنه لا يتأثر بالهواء الجاف ولكن يكون على أسطحه طبقة أكسيد نحاس (صدأ نحاس) ، وهي ذات لون أخضر تسمى لدى العامة بالزنجار ، وذلك عند تعرضه للهواء الرطب المحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون.

صدأ النحاس مادة سامة تتكون من كربونات النحاس وايدروكسيد النحاس ، يعتبر وقاية له من التآكل لأنه يذوب في الماء فيمنع استمرار الصدأ.

النحاس لا يذوب في حمض الأيدروكلوريك المخفف أو الكبريتيك المخفف ، ولكنه يذوب فيهما عندما يكونان مركزين ، أما حامض النيتريك المخفف والمركز فإنه يذيب النحاس ، عاماً بأن بعض الأحماض الخفيفة مثل الخل يتفاعل مع النحاس ببطء ، لذلك تغطي الأواني النحاسية المستعملة في الطهي بطبقة من القصدير.

4. الرصاص :

الرصاص معدن لونه أسمر يميل إلى الزرقة — لين جداً — ينصهر عند درجة 326°م — يلمع عند القطع ، وينخفض اللمعان إذا عرض للهواء الجوي المعتاد ،

يتحول إلى بللورات إذا برد بعد انصهاره تبريداً بطيئاً ،والرصاص لا يتأثر بالهواء الجاف ولكنه يغطي بطبقة بيضاء إذا عرض للهواء الرطب وهذه الطبقة عبارة عن أكسيد الرصاص ، أملاح الرصاص القابلة للذوبان في الماء سامة جداً ، لذلك فإن القصدير المستعمل في تغطية الأواني النحاسية يكون خالي تماماً من الرصاص حتى لا يذوب الرصاص مكوناً أملاحاً سامة في الطعام.

بخار الماء وثاني أكسيد الكربون الموجودين بالجو يؤثران على أكسيد الألمونيوم ويحوّله إلى كربونات الرصاص القاعدية، هذه الطبقة تكون موجودة على سطح الرصاص وتحجبه عن الهواء الجوي.

لا يتأثر الرصاص بالماء النقي الخالي من الهواء أما الماء المعرض للهواء الجوي مثل مياه الأنهار فإنها تحول الرصاص إلى أيروكسيد رصاص يذوب في الماء ببطء ، علماً بأن الماء الذي يحتوي على ثاني أكسيد كربون المذاب فيه أملاح أو أملاح النشادر يؤدي إلى ذوبان الرصاص بسهولة ، لأن هذه المواد تساعد على تحويل الرصاص إلى أملاح رصاصية بسهولة لأن هذه المواد تساعد على تحويل الرصاص إلى أملاح رصاصية سهلة الذوبان.

5. الزنك (الغارصين) :

الزنك معدن لونه أبيض يميل إلى اللون الأزرق الخفيف ينصهر عند درجة 420°م ، يحترق عند زيادة درجة الحرارة عن هذا المقدار ، وهو معدن شديد اللمعان إلا أنه إذا تعرض للهواء مدة طويلة يزول هذا اللمعان نظراً لتكون طبقة من كربونات الزنك القاعدية البيضاء على أسطحه.

الزنك لا يتأثر بالماء ويتأثر أيضاً بالعوامل الجوية ، لذلك يصنع منعه أنابيب المطر وخزانات الماء ، كما يغطي به الحديد لوقايته من الصدأ ويسمي بالحديد المجلفن.

6. الفضة:

الفضة معدن أبيض لامع ينصهر عند 560°م — لين جداً — الفضة المنصهرة

تمتص كميات هائلة من الأكسوجين ، وإذا برد المنصهر بدأ الغاز يتصاعد ليحدث شقوقاً في سطح المعدن ، لذلك يوضع مسحوق فحم الخشب على سطح الفضة أثناء تجمدها لامتصاص الغاز ومنع التشقق.

الفضة لا تتأثر بالهواء الجوي المعتاد إذا كان رطباً ، ولكنه إذا احتوي على غاز كبريتيد الايدروجين فإن سطح الفضة يتغطى بطبقة سوداء تسمى كبريتيد الفضة ، تذوب الفضة في حامض النيتريك المجفف والمركز ، وكذلك في حامض الكبريتيك المركز الساخن ، أما حامض الايدروكلوريك فليس له تأثير يذكر على الفضة.

ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) يطفئ لمعان الفضة إذا ترك ملامسا لها مدة طويلة نظراً لتكون طبقة من كلوريد الفضة على سطح المعدن.

فيما يلي جدول 1 - 8 الذي يوضح أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة ورموزها وكثافتها ودرجة حرارة انصهارها.

جدول 1 - 8

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 (Bişmuth)	9.8×10^3	271.3
الكاديوم	CD (Cadminium)	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
التيتانيوم	Ti (Titanium)	4.5×10^3	1725
التجستن	W (Tungsten)	4.5×10^3	3410
الزئبق	Zn (Zinc)	7.1×10^3	419.5
الماغنسيوم	Mg (Magnesium)	1.7×10^3	651

إختيار المواد الهندسية :

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

1. أنواع المواد التي يمكن الحصول عليها وخواصها.
 2. الاستعمال المطلوب.
 3. طرق وأساليب التصنيع الممكنة لتلك المواد ، أى ملاءمة خصائص المواد لأساليب التصنيع المختلفة ومدى تأثيرها بتلك الأساليب.
 4. التوفير النسبي في المواد ، مع الأخذ في الاعتبار تكاليف المنتج .. من حيث قيمة المواد وأسلوب التصنيع وقدرة المنتج على المنافسة في الأسواق التجارية.
- ارتباط العناصر السابق ذكرها بعضها ببعض .. يمثل المفهوم الأساسي لاختيار المواد الهندسية وأسلوب تصنيع المنتج المطلوب تصنيعه ، علما بأنه لا يكفي اختيار 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 اختيار المواد الهندسية لتصنيع منتج معين ، هي عملية توافق بين خواص المواد المتاحة والمتطلبات والوظيفية للمنتج والتي يمكن تشغيلها أو تشكيلها بالوسائل والمعدات بأقل تكلفة ممكنة.
- جدول 1 - 1 يوضح أمثلة لبعض المنتجات والخواص المطلوبة لكل منها.

جدول 1 - 1

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

إستخلاص الحديد الغفل

Pig Iron Extraction

يستخرج الحديد من الأرض في صورة غير نقية ، ويتفاوت في جودته وتركيزه من موقع إلى آخر ، كما تختلف درجة نقاوته .

يوجد الحديد في الطبيعة متحداً مع عناصر أخرى كالأكاسيد أو الأكسوجين أو الكبريت أو السيليكا ... وغيرها ، كما يحتوي على شوائب من القشرة الأرضية . يوجد الحديد في الطبقات السطحية أو في الطبقات العميقة بالأرض ، وعادة يكون مختلطاً بالأتربة الأرضية مثل السيليكا والكوارتز والألومينا والحجر الجيري وغيرها .

ويتوقف صلاحية خام الحديد المستخلص على عدة عوامل أهمها الآتي :-

1. نوع مركبات الحديد .
2. نسبة الحديد في الخام .
3. تركيب المادة العاطلة .
4. نسبة العناصر الضارة في الخام مثل الكبريت - الفسفور - الزرنيخ .

Pig Iron Preparation

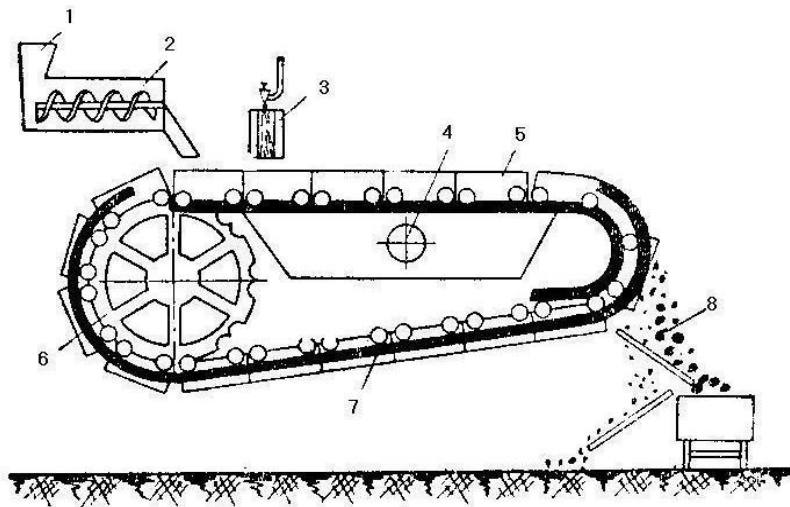
تجهيز غفل الحديد :

تجرى عمليات تجهيز غفل الحديد من خلال تكسير الأحجار الكبيرة بالطرق الميكانيكية إلى أحجام صغيرة ، ويغسل الخام بالماء للتخلص من الأتربة والرمل والطفل ... الخ ، ثم يفرز لاستبعاد المواد الغير حديدية ، ويتم ذلك باستخدام مغناطيسيات كهربائية ، حيث تلتقط الأجزاء التي تحتوي على حديد وتلقى المواد الأخرى الغير مغناطيسية بعيداً .

وتجرى عملية التحميص في 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 1200°م ، حيث يتخلص من معظم السيليكا والشوائب الأخرى ، وبذلك يتم الحصول على غفل

غني بالحديد حيث تبلغ نسبة الحديد بالغفل إلى نحو 90 % تقريبا .
وتجرى عملية تلبيد الغفل للأحجار الصغيرة وغبار الخام المتطاير للحصول
على أحجار كبيرة وشكل 1 - 1 يوضح ماكينة تلبيد الخام وهي عبارة عن جنزير
يحتوي على عربات صغيرة تتحرك في دورة مغلقة وتحمل على القضبان الموجودة
على هذه العربات طبقة يصل سمكها إلى 250 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 1200 إلى 1300° م ،
ويتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلى أجزاء كبيرة مسامية تصلح للصهر في
الأفران العالية

وقد بدأ في الوقت الحاضر في تلبيد خليط من الخام والوقود والفلكس للحصول
على مركب مختلط بالفلكس ، وترفع هذه الطريقة كثيرا من إنتاجية الأفران العالية
وتخفيض من استهلاك الوقود عند صهر حديد الزهر .



شكل 1 - 1

رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تلبيد الخام

- | | | | |
|------------|-------------|-----------|------------------|
| 1. صندوق . | 2. الخلاط . | 3. مشعل . | 4. غرفة التخلخل. |
| 5. عربة. | 6. ترس محرك | 7. قضيب . | 8. غربال هزاز . |

إنتاج الحديد الخام

Ore Iron Production

يجرى استخلاص الحديد الخام من غفل الحديد في أفران لتحويله إلى حديد خام كمرحلة أولى ، ويتم ذلك عادة باستخدام الأفران العالية ، حيث يستخدم خام الحديد لإنتاج حديد الزهر (تماسيح الحديد) ، وتتم عملية إنتاج الزهر الخام من خلال اختزال أكاسيد الحديد الموجودة بالخام .

إنتاج المعادن الحديدية

Ferrous Metals Production

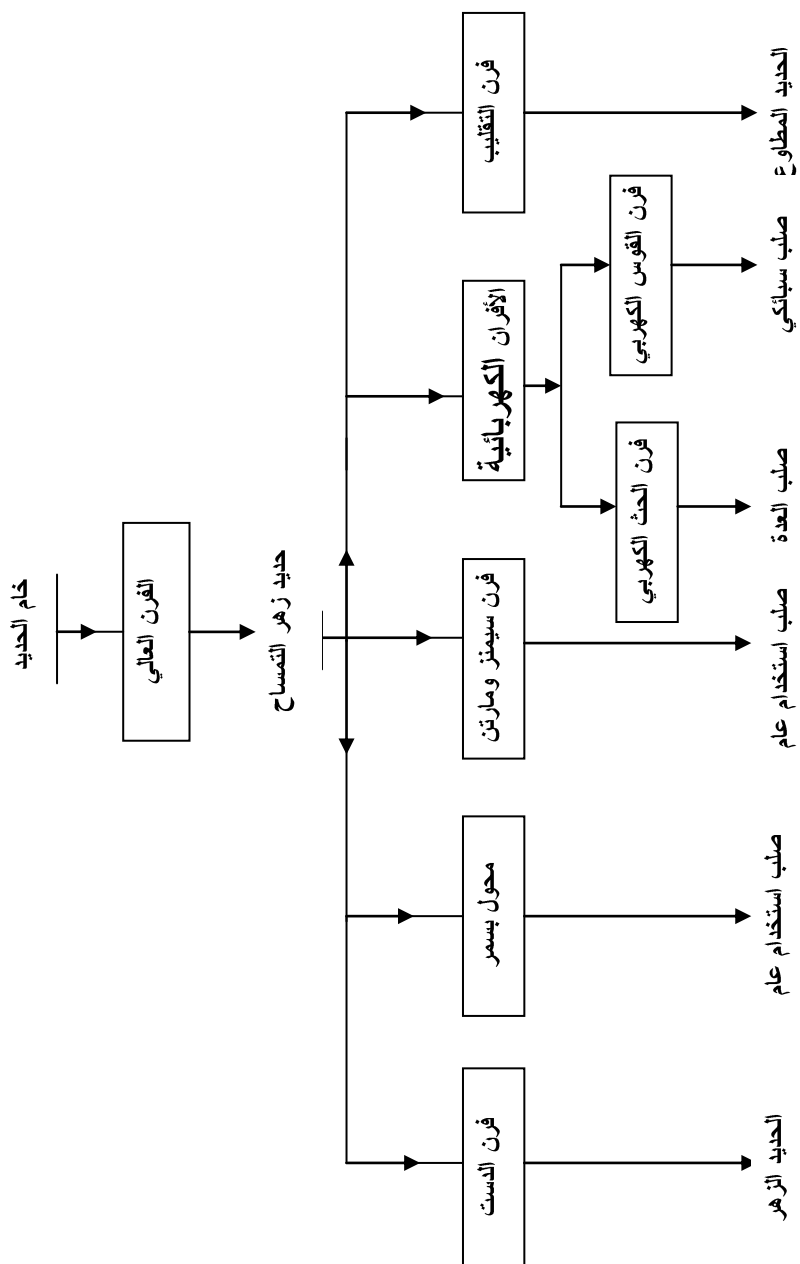
يستخلص الحديد من المواد الخام من خلال صهرها بهدف إزالة الشوائب العالقة بها ، ومن الصعب فصل المعدن (الحديد النقي) فصلاً تاماً من العناصر المكونة له في الطبيعة ، حيث يتطلب ذلك عمليات معقدة غير اقتصادية ، هذا بجانب كون الحديد النقي ليس له خواص مفيدة من الناحية العملية ، فهو معدن طرى ذو مقاومة منخفضة للصدأ 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 0.1 % إلى نحو 3.7 % مع بعض العناصر الأخرى بنسب ضئيلة جداً مثل السيليكون - المنجنيز - الفوسفور - الكبريت وعادة يكون معظم أنواع الحديد المستخدم هو عبارة عن سبيكة تحتوي على الحديد والكربون .. الذي يوضع في المقام الأول .

ويمكن تلخيص عمليات إنتاج المعادن الحديدية المخلفة في الآتي :-

1. استخلاص الحديد الخام باستخدام الفرن العالي لإنتاج حديد زهر التمساح .
2. استخدام حديد زهر التمساح لإنتاج أنواع المواد 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 والدرفلة الخ .

شكل 1 - 2 يوضح رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها .



شكل 1 - 2

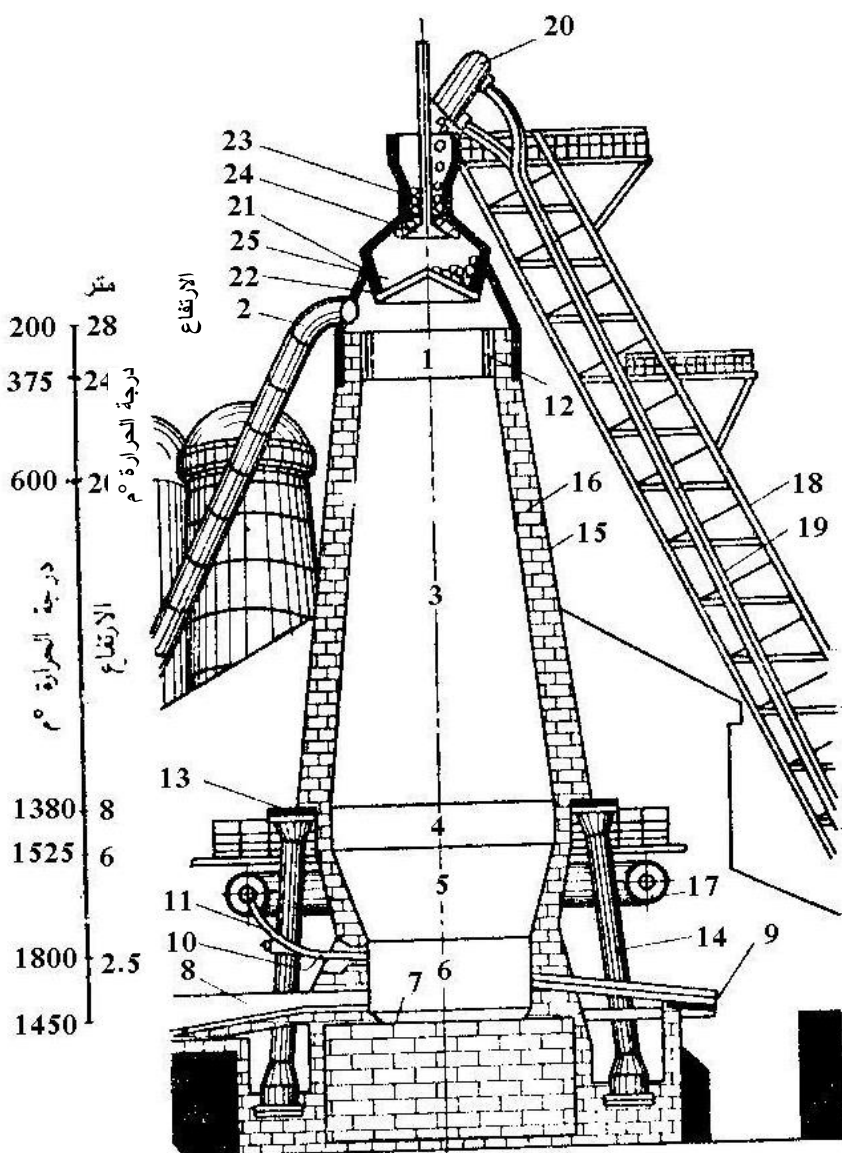
رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها

الفرن العالي

Blast Furnace

سمي الفرن العالي بهذا الاسم لضخامته وارتفاعه الشاهق ، حيث يتراوح ارتفاعه إلى ما بين 30 إلى 80 متر ، ويبلغ قطر أكبر مقطع فيه ما بين 10 إلى 14 متر . يعمل الفرن بشكل متواصل .. أي بدون توقف منذ إنشائه وتشغيله . يصل إنتاجه إلى أكثر من 2000 طن من حديد الزهر في اليوم . يتم في الفرن العالي فصل الخامات عن شوائبها عن طريق الصهر للتخلص من الأكسوجين الموجود في الحديد الخام ، وذلك عن طريق الاختزال بالكربون ليتحول إلى حديد زهر (تماسيح الحديد) .

الفرن العالي الموضح بشكل 3 - 1 هو عبارة عن مخروطين ناقصين مركبين فوق بعضهما البعض ، تم بنائهما بالطوب الحراري ، ومغطى من الخارج بغلاف من الصلب . تتراوح درجة مقاومته للحرارة ما بين 180 إلى 1730 ° م ، ويمكن تقسيم التجويف الداخلي للفرن إلى الأجزاء التالية :-



شكل 1 - 3
رسم تخطيطي لمقطع بالفرن العالي

1. القمة :

هو جزء أسطواناني قصر يستقبل الشحنة عن طريق جهاز الشحن بأعلى الفرن ، ويحتوى على جهاز ناثر للشحنة لسقوطها داخل الفرن ، كما يحتوى على مواسير لخروج الغازات الناتجة عن عملية الصهر .

2. القصبية :

هي جزء أسطوانى مخروطى متصل بالقمة ، وهو كثر أجزاء الفرن اتساعاً وارتفاعاً . صممت القصبية 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 .

3. منطقة الانصهار :

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

4. الأكتاف :

هو جزء أسطوانى مخروطى ، أسفل القصبية .

5. الكور :

هو جزء أسطوانى يتراوح قطره ما بين 5.5 إلى 8.5 متر ، يتجمع به المعدن المنصهر ، يوجد بالجزء الأسفل عدة فتحات هي :-

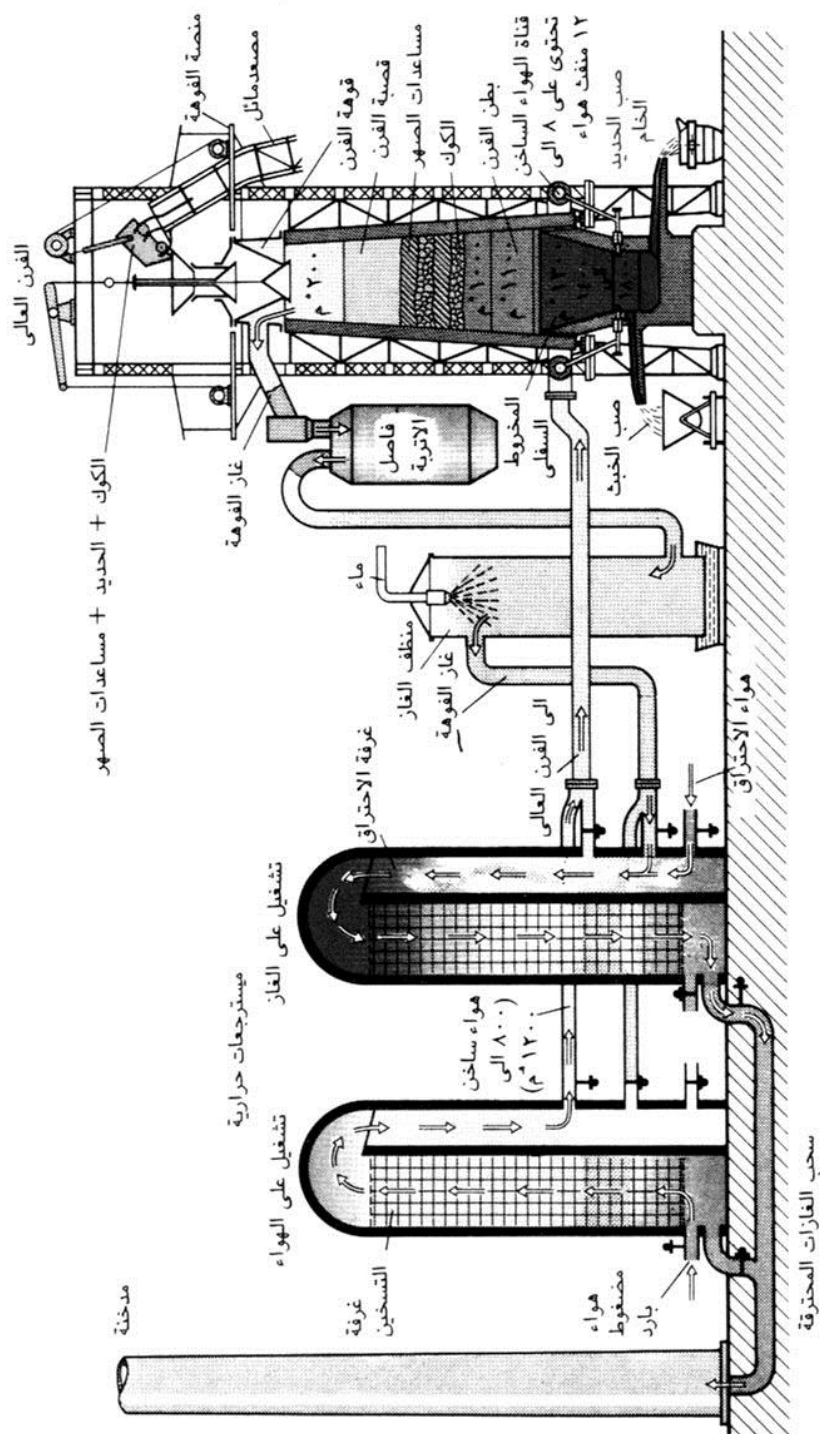
(أ) فتحة في القاع لخروج الزهر المنصهر .

(ب) فتحة علوية في مستوى أعلى من مستوى فتحة خروج الزهر ، وذلك لخروج الخبث المنصهر .

(ج) فتحات دخول الهواء الساخن للفرن ، توجد بأعلى الكور ، وتتكون ما بين 12 إلى 18 فتحة منتشرة على محيط دائرة واحدة . تصل درجة حرارة الهواء الساخن إلى حوالي 1000 ° م .

منشأة الفرن العالي :

يحتاج الفرن العالي إلى منشأة ، وهي تتمثل في إنتاج العمليات العديدة مثل رافعات للشحنة - تجهيز الهواء الساخن - ماء تبريد - فواصل للأتربة والمواد الغير مرغوب فيها ... وغيرها . لذلك لا يعمل الفرن العالي بمفرده بل يجب إنشاء وحدات بجواره للمساعدة في عمليات الصهر . وشكل 1 - 4 يوضح منشأة الفرن العالي .



شكل 1 - 4
منشأة الفرن العالي

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

1. خام الحديد :

يشحن الفرن باثنتين 2 طن خام حديد قبل شحن خام الحديد إلى الفرن العالي ، ويتم تجهيزه بعدة عمليات تحضيرية كالآتي :-

(أ) تكسير الخام .

(ب) فرز الأحجام الصالحة للشحن ما بين 30 إلى 100مم .

(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 .

2. فحم الكوك :

يشحن الفرن بطن فحم كوك ، الذي يعتبر من أجود أنواع الوقود المستخدم للصهر في الأفران العالية ، حيث يولد طاقة حرارية تتراوح ما بين 7000 إلى 8000 كيلو كالورى / كجم ، ومن مميزاته أنه يساعد على اختزال أكاسيد الحديد .

3. 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 .

4. هواء ساخن :

ينفخ الهواء الساخن الذي يصل إلى 1000 °م من خلال مواسير بأسفل الفرن ، ويحتاج الفرن العالي إلى كمية هائلة من الهواء الساخن بحيث يتراوح ما بين 2 إلى 4 متر مكعب لكل كيلو جرام من الزهر المنصهر . لذلك فإن الهواء الساخن الذي

يصل إلى الأفران العالية الحديثة يصل ما بين 1300 إلى 3500 م³ / دقيقة ، تحت ضغط 1.4 إلى 2.1 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 والفلكس هي تميع 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 .

Blast Furna Products

منتجات الفرن العالي :

ينتج الفرن العالي المنتجات التالية :-

1. حديد زهر التماسيح :

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

2. الخبث :

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

3- الغازات :

تتكون الغازات المنتجة من أول أكسيد الكربون بنسبة 25 % 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

إنتاج حديد الزهر

Cost 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 بالكيوبولا . 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

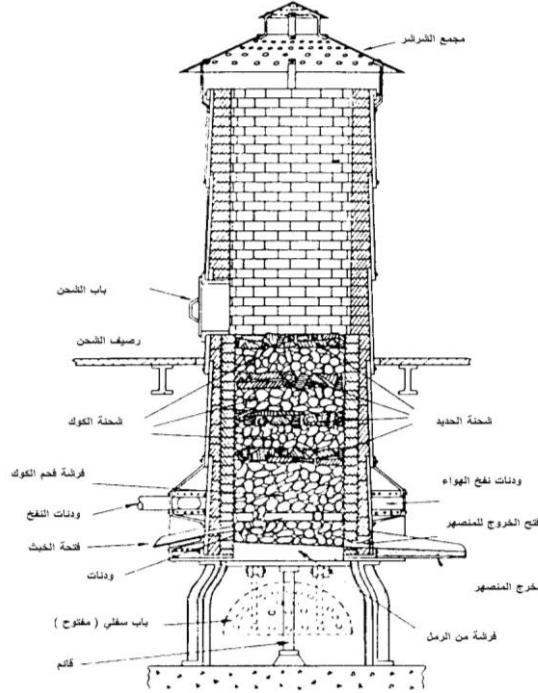
على الرغم من أن اختراع فرن الدست كان في القرن الثامن عشر .. إلا أنه يعتبر من أكثر أنواع أفران الصهر انتشاراً ، حيث ينتج ملايين الأطنان من حديد الزهر سنوياً .. والتي تمثل حوالي 80 % إلى 90 % من حديد الزهر المنصهر في المسابك .

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 1 - 5 من اسطوانة رأسية طويلة مصنوعة من ألواح الصلب التي يتراوح سمكها من 6 إلى 18 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 6 متر ، ويوجد بقاع

الفرن بابين منفصلين ، يكون شكل الفرن عند غلق البابين أشبه بالاسطوانة القائمة ، نهايتها السفلي مغلقة ونهايتها العليا مفتوحة على المدخنة . تلك 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 1 - 5

رسم تخطيطي لفرن الدست

Cupola Furnace Working

تشغيل فرن الدست :

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 فرشة 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
إضافيا من أعلى . وتتوقف حجم الشحنة على حجم وسعة الفرن .

يخرج حديد الزهر المنصهر من فرن الدست عند درجة حرارة تتراوح ما بين
100 إلى 1600°م ، حيث يصب المعدن المنصهر في بواتق مبطنة 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 . وجدول 1 - 1 يوضح الشحنة التي تحتوي على المواد
المختلفة التي توضع في فرن الدست ، والمواد المنتجة منه .

جدول 1 - 1
يمثل شحنة فرن الدست والمواد المنتجة

المواد التي توضع بالفرن	المواد المنتجة من الفرن
1.0 طن من حديد زهر خام والحديد الخردة	0.98 طن حديد زهر منصهر 0.5 طن خبث
0.15 طن فحم كوك	هذا بالإضافة إلى الغازات المستفاد بها ، والغازات المفقودة بالجو .
0.03 طن مساعد صهر	
1.20 طن هواء	

مميزات فرن الدست :

يتميز فرن الدست بالميزات التالية :-

1. تركيبه بسيط .
2. سهل الاستعمال .
3. اقتصادي في استهلاكه للوقود .
4. إنتاجية عالية .
5. يمكن استخدامه بنظام الإنتاج المستمر أو الإنتاج المرحلي .
6. إمكانية التحكم في التركيب الكيميائي لحديد الزهر المنصهر المنتج .

7. إمكانية الحصول على درجة الحرارة المناسبة لتوفير السيولة المناسبة واللازمة للمعدن المنصهر .

مميزات حديد الزهر المنتج من الفرن الدست :

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

1. انخفاض درجة انصهاره للمعدن حيث تصل ما بين 1150 إلى 1200° م .
2. يحتوى على نسبة كبيرة من الكربون تتراوح ما بين 2 % إلى 4 % .
3. طول فترة سيولة المعدن المنصهر .
4. رخيص الثمن .
5. 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 .

إنتاج الحديد المطاوع

Wrought Iron Production

يستخدم فرن التقليل لإنتاج الحديد المطاوع المعروف في الوسط الفني بالصلب الطري . يحتوي الحديد المطاوع على نسبة عالية من الحديد تتراوح ما بين 99 % إلى 99.7 % ، ويعتبر الحديد المطاوع من أطرى المعادن الحديدية .

Properties Of Wrought Iron

خواص الحديد المطاوع :

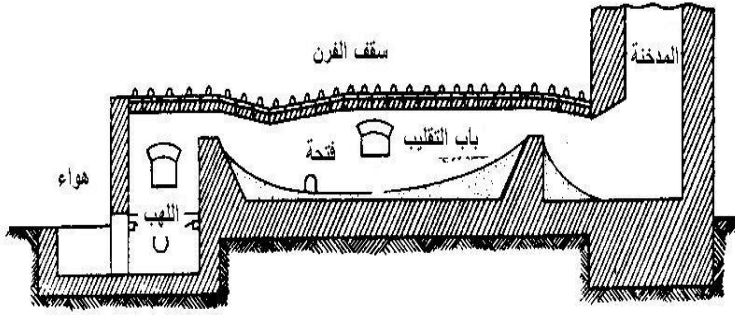
- أهم خواص الحديد المطاوع هي :-
1. سهل التشكيل بالحدادة واللحام الحدادي .
 2. يعتبر من أكثر المعادن الحديدية تقبلا لعمليات السحب والثني والتشكيل .
 3. سهل الثني على البارد .
 4. يتحمل الصدمات .
 5. مقاوم للعوامل الخارجية ، حيث أن أكسوجين الجو لا يمكنه الوصول إلى الطبقات الداخلة للمعدن .

فرن التقلب

Pudding Furnace

فرن التقلب الموضح بشكل 1 - 6 يسمى أيضا بالفرن العاكس ، ويطلق عليه لفظ العاكس لأن الشحنة لا تتعرض للهب المباشر الناتج عن احتراق الوقود ، بل تتعرض للغازات الساخنة نتيجة لانعكاسها من سقف وجدران الفرن إلى الكور . يستخدم الفحم الحجري كمادة لتوليد الطاقة الحرارية الذي يتم احتراقها في الموقد .

تبطن قاعدة فرن التقلب بطبقة من أكسيد الحديد عند تشغيله ، ثم توضع تماسيح الحديد الخام في مجمرة الفرن ، ثم يسלט عليها لهب الوقود المحترق في الموقد ، وعند ابتداء 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 30 دقيقة تقريبا يتحول الحديد إلى عجينة ، وتتم أكسدة الحديد المضاف لتتكون أكاسيد السيليكون والفوسفور 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 تقلبيه ، كما يصعب خلطه ، ويحول الحديد إلى شكل كتل منصهرة ، ثم تجزأ إلى كتل صغيرة ، يتراوح وزن الكتلة إلى ما بين 30 إلى 60 كيلو جرام ، ثم تخرج هذه الكتل من الفرن وتطرق بالمطارق الآلية للتخلص من الجزء الباقي من الخبث الذي يحتويها ، ثم تنقل إلى ماكينات الدرفلة لتحويلها إلى قضبان بمقاطع بأشكال مختلفة .



شكل 1 - 6

فرن التقلب لصناعة الحديد المطاوع (الصلب الطري)

Uses Of Wrought Iron

استعمالات الحديد المطاوع :

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

1. زخرفة المعادن بأشكالها المختلفة.
2. عمل السلاسل الحديدية - خطاطيف الأوناش - الأجزاء المفصلية - الأبواب وملحقاتها .. كما يستعمل في صنع بعض المعدات الزراعية .
3. يستعمل الحديد المطاوع النقي في بعض أجزاء الماكينات الكهربائية كالأقطاب الكهربائية ومغناطيسية والملفات الكهربائية وبعض أجزاء الأجهزة الكهربائية .

إنتاج الصلب

Steel Production

الاختلاف الأساسي بين حديد الزهر والصلب يتمثل في نسبة الكربون الموجودة

في كل منهما . ويتميز المعدن بصلادته ومتانته كلما زادت نسبة الكربون فيه . وعلى سبيل المثال فإن الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) يحتوي على نسبة عالية من الكربون تتراوح ما بين 3 % إلى 5 % ، أما حديد الزهر فإنه يحتوي على نسبة كربون تتراوح ما بين 2 % إلى 4.5 % ، بينما يحتوي الصلب بأنواعه المختلفة على نسبة كربون تتراوح ما بين 0.1 % إلى 1.5 % .

لذلك عند تحويل الحديد الخام إلى الصلب فإنه يجب تخفيض نسبة الكربون

الموجودة بالمعدن الخام إلى حد كبير ، كما يجب التخلص من الشوائب الموجودة

بالمعدن والغير مرغوب فيها مثل السيليكون - المنجنيز - الكبريت - الفوسفور .
وتسمى عملية تحويل الحديد الخام إلى صلب بعملية تنقية المعدن الخام .

Ways Of St Production

طرق إنتاج الصلب :

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 :-

1. المحولات .. (محول بسمر - محول توماس) .

2. فرن سيمنز مارتن .

3. الأفران الكهربائية .

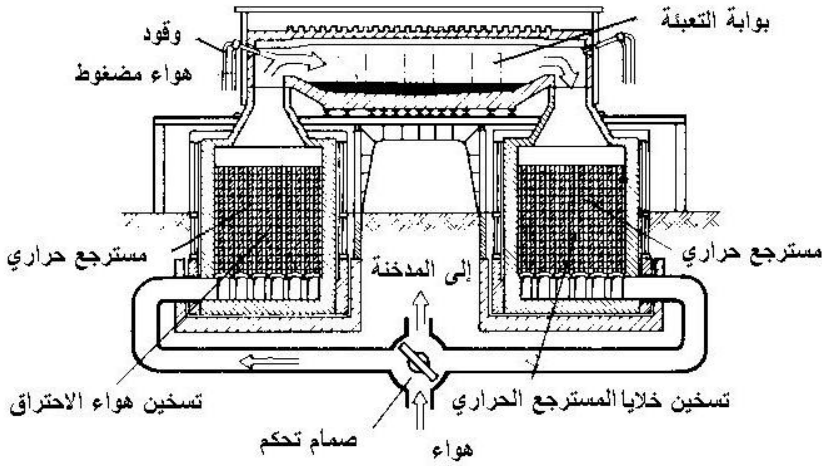
محول بسمر

Bessmer Converter

اكتشف هنري بسمر عام 1855 م طريقة إنتاج الصلب بكميات كبيرة باستخدام محول ، ويعتبر هذا الاكتشاف من الأحداث التاريخية الهامة التي أدت إلى تطور صناعة الصلب .

محول بسمر الموضح بشكل 1 - 7 عبارة عن وعاء أسطواني على هيئة بوتقة مبطنة من الداخل بالطوب الحراري ، أما جدارها الخارجي فهو من الصلب . صمم محول بسمر بحيث يمكن إدارته في جميع الأوضاع حول محوره . توجد فتحات في قاعدته عددها 300 فتحة ، تغلق هذه الفتحات من أسفل عن طريق صندوق الهواء . يبلغ سعة المحول حوالي 40 طن .

عند شحن المحول يكون وضعه بشكل أفقي تقريبا ، ويسمى هذا الوضع بوضع الصب ، حيث يصب فيه الحديد الخام المنصهر والمأخوذ مباشرة من الفرن العالي ، ثم يعاد وضعه تدريجيا إلى الوضع القائم الذي يسمى بوضع التشغيل .
ينفخ الهواء من خلال الفتحات الموجودة بصندوق الهواء بقاعدة الوعاء بضغط حوالي 2 ضغط جوي .



ل

شكل 1 - 7

الأوضاع المختلفة لمحول بسمر

التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي) :

تتم عملية التحويل الخام المنصهر والمأخوذ من الفرن العالي مباشرة ، للحصول على صلب بطريقة بسمر ، باستخدام محول حامضي .. أي باستخدام فرن مبطن بطوب حراري خاص يحتوي على 90 % سيليكا .

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون نسبة الفوسفور الموجودة بالخام منخفضة ، ويجب أن تكون الشحنة محتوية على نسبة منخفضة من الشوائب . يشحن المحول وهو في الوضع الأفقي ، ويبدأ في دفع الهواء المضغوط بضغط حوالي 2 ضغط جوي ، ثم يدار الفرن تدريجياً إلى الوضع الرأسي (وضع التشغيل) ، ثم تجرى عملية التحويل .

تنقسم عملية التحويل إلى ثلاثة مراحل كالآتي :-

• المرحلة الأولى :

تتميز هذه المرحلة بظهور شرر كثير عند عنق المحول ، ويفسر ظهور الشرر بتأثر الحديد الخام المنصهر من تيار الهواء المندفِع ، والذي يؤدي إلى تطاير قطرات من المعدن واحتراقها في الهواء على شكل نجوم مضيئة . وفي هذه الحالة تبدأ الأكاسيد الشديدة للمواد المختلطة بالحديد الخام كالسيليكون والمنجنيز بتوليد طاقة

حرارية كبيرة ، ينتج عنها ارتفاع كبير في درجة حرارة الشحنة .

• المرحلة الثانية :

تبدأ هذه المرحلة عند ارتفاع درجة حرارة المعدن المنصهر إلى 1500 ° م ، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون ، الذي يسبب تكون أول أكسيد الكربون الذي يؤدي إلى غلياناً شديداً للمعدن المنصهر ، ويظهر عند عنق المحول لهب أبيض خاطف نتيجة لإتمام عملية احتراق أول أكسيد الكربون في الهواء وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون .

• المرحلة الثالثة :

تتميز هذه المرحلة بظهور دخان بني داكن ، وهو دليل على التأكسد الشديد للحديد. وعندئذ تتوقف العملية ، ويدار المحول إلى الوضع الأفقي مع يتوقف تيار الهواء المندفع تدريجياً .

يحتوي المعدن في هذه المرحلة على كمية كبيرة من أكاسيد الحديد الذائبة والناجمة عن نفخ الهواء خلاله ، والتي تؤدي إلى انخفاض كبير في جودته ، وتضاف سبائك الحديد ، كالحديد المنجنيزي مثلاً لاختزال أكاسيد الحديد . ويمكن الحصول على الصلب المنتج الذي يحتوي على النسب المختلفة المطلوبة من الكربون من خلال كمية سبائك حديد الزهر المضافة .

ملاحظة :

يمكن تمييز المراحل الثلاثة أثناء عملية التحويل باستخدام محول بسمر ، من خلال مراقبة ألوان الدخان ، واللهب الصاعد من فوهة المحول .

محول توماس

Thomas Converter

اقترح توماس الإنجليزي الجنسية عام 1878 م بتحويل الحديد الخام الذي يحتوي على نسبة كبيرة من الفوسفور إلى الصلب ، من خلال صنع محوله الذي سمي باسمه (محول توماس) ذات سعة أكبر قليلاً من محول بسمر ، حيث صنع بطانة

المحول من الدولوميت .. وهي مادة مقاومة للحرارة والصهر .

التحويل باستخدام محول توماس (التحويل القاعدي) :

يشحن المحول الساخن بالجير بكميات تبلغ حوالي 10 % إلى 15 % من وزن المعدن المطلوب تحويله وذلك قبل البدء في عملية التحويل ، ثم يصب الحديد الخام ، ويوجه تيار الهواء المندفع خلاله ، وفي هذه الحالة تتولد الحرارة اللازمة نتيجة لاحتراق الفوسفور في المقام الأول ، والتي تؤدي إلى الارتفاع الكبير في درجة الحرارة ، وارتفاع درجة الحرارة ليست نتيجة لتأكسد الفوسفور كما يحدث في محول بسمر (المحول الحامضي) .. بل نتيجة لاحتراقه .

بعد النفخ بالهواء المضغوط يقشط الخبث من أعلى سطح المعدن المنصهر ، وتضاف المواد المختزلة ، وبذلك يمكن الحصول على الصلب المنتج من محول توماس .

ملاحظة :

يجب أن يحتوي الحديد الخام المنصهر المنتج بالفرن العالي والمستعمل في محول توماس (القاعدي) للتحويل إلى صلب ، على نسبة قليلة من السيليكون ، حيث أن السيليكون يكون خبثاً حامضياً يسبب في تآكل البطانة القاعدية للمحول .

منتجات محولات بسمر وتوماس :

Steel

1. الصلب :

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

Slag

2. الخبث :

يتميز خبث توماس باحتوائه على 25 % تقريبا من خامس أكسيد الفوسفور ، حيث يطحن ويستعمل كسماد زراعي .

فرن سيمنز مارتن

Siemens Martin Furnace

فرن سيمنز مارتن الموضح بشكل 1 - 8 سمي بهذا الاسم نسبة إلى مخترعه ، كما سمي بفرن المجرمة المفتوحة OPEN HEARTH PROCESS ، يبنى الفرن بالطوب الحراري ويغلف بألواح من الصلب ، يصل طول الفرن إلى 25 متر وعرضه 7 متر ، ويتراوح سعته إلى ما بين 20 إلى 500 طن .

يعمل الفرن على تصفية المعدن المنصهر في مجرمة مفتوحة ، وقد طورت عملية احتراق الوقود في هذا الفرن بحيث يكون فرنًا عاكسًا .

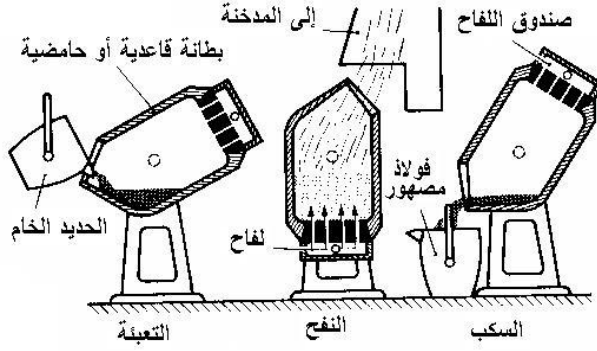
يندفع الهواء الساخن مسبقاً عند إشعال لهب الفرن ، ويحترق الوقود المكون من غاز مصانع الكوك أو الغاز الطبيعي أو الزيت ، كما يتم تسخين الهواء عن طريق أحد مسترجعات الحرارة الموجودة أسفل المجرمة .

تتلامس السنة اللهب التي تبلغ درجة حرارتها إلى ما بين 1800 إلى 2000 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 . وغالباً 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 .



شكل 1 - 8

فرن سيمنز مارتن

Simens Martin Furn Production

منتجات فرن سيمنز مارتن :

ينتج فرن سيمنز مارتن الصلب بأنواعه المختلفة كالصلب المصلد - الصلب المطبع - الصلب السبائكي .

يتميز أنواع صلب سيمنز مارتن بانخفاض الشوائب الموجودة به ، وقاليته لعمليات الحدادة واللحام ، كما يمكن تصليده إذا ارتفعت نسبة الكربون فيه عن 0.5 %

الأفران الكهربائية

Electrical Furnaces

لا ينتج الصلب في أفران كهربائية ، بل يتم تكريره وتنقيته فقط للحصول على أنواع نقية جيدة من الصلب تحتوي على نسبة ضئيلة جدا من الفوسفور والكبريت ، نظرا لانعدام غازات الاحتراق التي تتسبب في وجود شوائب ونفايات ، وتعرف أنواع الصلب بالأنواع المكررة نسبة إلى نقائها ، أو بالأنواع الكهربائية نسبة إلى أسلوب تجهيزها.

مميزات الصهر الكهربائي :

يتميز الصهر الكهربائي إذا قورن بطرق صهر الصلب الأخرى عدة مميزات

أهمها الآتي :-

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

عيوب الصهر الكهربائي :

يعتبر العيب الوحيد هو ارتفاع ثمن الكهرباء ، وهو المصدر الحراري للصهر ، لذلك تستخدم الأساليب الكهربائية غالباً للتقنية النهائية للصلب المنتج من المحولات أو الأفران ، أو عند خلط المعدن بالصهر لإنتاج السبائك .

Types Of Electrical Furnaces

أنواع الأفران الكهربائية :

يوجد نوعان من الأفران الكهربائية هما فرن القوس الكهربائي ، وفرن الحث الكهربائي ذو البوتقة .. فيما يلي عرض كل منهما على حدة .

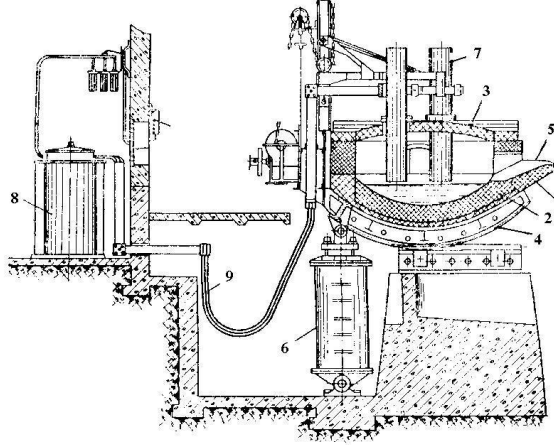
Electric Arc Furnace

فرن القوس الكهربائي :

فرن القوس الكهربائي الموضح بشكل 1 - 9 يحتوي على أقطاب كربونية ، يعمل الفرن بمبدأ استغلال الحرارة المتولدة من القوس الكهربائي المنبعث من الأقطاب إلى المعدن المنصهر ليصل درجة حرارته إلى 3400 ° م ، الذي يؤدي إلى انصهار خردة الصلب الموجود في الصلب المكرر مسبقاً ، بالإضافة إلى التخلص من جميع الشوائب الموجودة مثل الكبريت والفوسفور والكربون ، حيث تحترق هذه الشوائب أثناء عملية الصهر .

يؤخذ الأكسوجين اللازم للاحتراق من الهواء المحيط بحمام مصهور ، كما يؤخذ من مواد مطلقة للأكسوجين ، وفي نهاية عملية الصهر يضاف إلى الشحنة مواد مناسبة لارتفاع من جودة الصلب ، وللحصول على التركيب السبيكي المطلوب .

تصل سعة أفران القوس الكهربائي إلى 180 طن ، وتمكن درجات الحرارة العالية في الفرن بالدرجة الأولى من خلط الصلب بمعادن ذات درجة انصهار عالية مثل التنجستين والتتالوم .



شكل 1 - 9

فرن القوس الكهربائي

1. غلاف مصنوع من ألواح سميكة من الصلب .
2. البطانة الداخلية للفرن .
3. قبة الفرن تم بنائها من الطوب الحراري بحيث يمكن خلعها .
4. مجاري مقوسة يركب عليها الفرن لسهولة صب المعدن .
5. جهة صب المعدن المنصهر .
6. وحدة التوصيلات الكهربائية أو الهيدروليكية التي تقوم بإمالة الفرن .
7. أقطاب من الكربون أو الجرافيت ، هذه الأقطاب مثبتة بحيث يمكن تحريكها .
8. محول كهربائي يغذي الأقطاب .
9. الأسلاك الكهربائية (كابلات) لتوصيل التيار الكهربائي من المحول إلى الأقطاب .

منتجات أفران القوس الكهربائي : Electric Arc Furnaces Products

تستخدم أفران القوس الكهربائي لإنتاج الصلب الذي لا يصدأ STAINLESS STEEL ، وجميع أنواع صلب العدة مثل صلب السرعات العالية HIGH SPEED STEEL وغيرها ، وكذلك أنواع صلب الهياكل الإنشائية التي تتحمل الاجهادات العالية جدا .

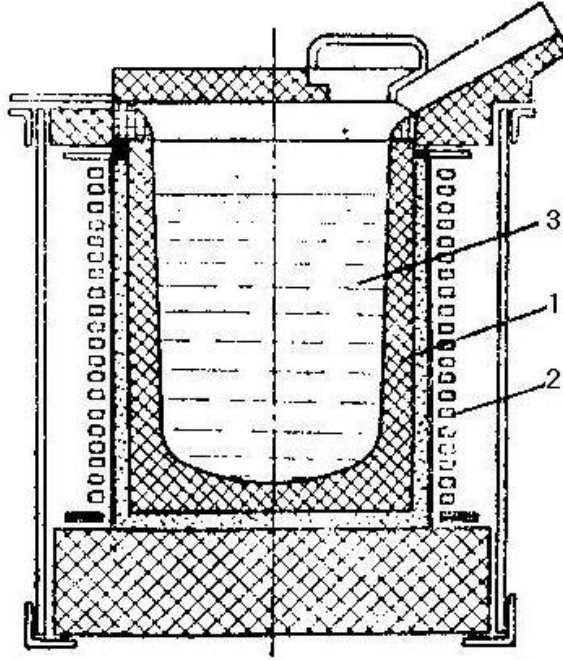
فرن الحث الكهربائي : Electric Induction Furnace

يتكون فرن الحث الكهربائي الموضح بشكل 1 - 10 من بوتقة مبطنة بالطوب الحراري 1 يوجد حولها ملف على ماسورة من النحاس ذات مقطع مستطيل 2 يجري

بها ماء للتبريد .

يمر التيار الكهربائي العالي التردد (من 500 إلى 2000 ذبذبة/ثانية) من خلال مولد خاص ، حيث يشير في المعدن تيارات دوامية تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المعدن 3 وانصهاره بسرعة .

يوضع في الأفران ذات التردد العالي شحنات مواردها شديدة النقاوة .. تم اختيارها بعناية ، ونظرا للسرعة الكبيرة في عملية الصهر ، فإنه لا يوجد للمعدن فرصة للتأكسد الشديد ، وعند نهاية الصهر تضاف كمية صغيرة من المواد المختزلة . سعة الأفران العالية التردد لا تزيد عن 8 طن .



شكل 1 - 10

فرن الحث الكهربائي

1. بوتقة مقاومة للحرارة .
2. ملف على نحاس ذات مقطع مستطيل .
3. المعدن المنصهر .

منتجات أفران الحث الكهربائي :

Electric Induction Furnace Production

تعمل أفران الحث الكهربائي على صهر المعادن الخفيفة والثقيلة ، وتستخدم في إنتاج أنواع الصلب العالي الجودة الذي يتميز بمقاومته العالية للتآكل وللحرارة ، والصلب ذو الخاصية المغناطيسية الممتازة ، والصلب الذي لا يصدأ ، كما تستخدم أفران الحث الكهربائي بصورة جيدة في صهر وإعادة صهر الزهر لإنتاج حديد الزهر الذي يحتوي على جرافيت ، ولإنتاج حديد الزهر السبائكي .

Uses Of Steel

استخدامات الصلب :

توجد أنواع مختلفة من الصلب ، يختلف استخدام كل منها عن الآخر من حيث درجة الصلادة .. أي على نسبة الكربون الموجودة بالمعدن .
فيما يلي جدول 1 - 2 الذي يوضح نسبة الكربون داخل الصلب ، ومجال استخدام كل منها .

جدول 1 - 2
مجالات استخدام الصلب الكربوني

الاسم	النسبة المئوية للكربون	الاستخدامات
الصلب الرخو	0.1 - 0.125	قضبان السلك ، والأنواع الرقيقة ، والأنابيب المصمتة المسحوبة .. الخ
(الصلب المنخفض الكربون)	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 الكربوني	0.9 - 1.1	أجنات القطع على البارد ، وقوالب الكبس ، والسنايك ، ولقم قطع أسنان القلاووظ ، وأدوات أعمال النجارة ، وأعمدة المحاور .
	1.1 - 1.4	شفرات الخلاقة ، والمبارد اليدوية ، وبنط المثقاب ، ومحددات القياس ، وأدوات قطع الماكينات .

الباب الثاني
الحدادة اليدوية
Manual Forging

مُهَيِّدٌ

لقد بدء الإنسان حياته منذ فجر التاريخ باستعمال الأحجار الصلبة ذات الحواف الحادة والسهلة الحمل كأداة محدودة لقطع الأشجار وما شابهها من المواد اللينة ، بغية تشكيلها والاستفادة منها في حياته ، ثم اتجه إلى الأخشاب الصلبة ، ثم إلى عظام الحيوانات ، وإلى الأصداغ من البحار ، حيث صنع البلط والمطارق من الأحجار ومقابضها من الخشب .

ومع تقدم الزمن واكتشاف بعض المعادن ، ومع حاجة الإنسان للدفاع عن نفسه ضد الحيوان والإنسان ، فقد استغل هذه المعادن وصنع بعض أدوات الدفاع البسيطة من الحديد والبرنز . وكانت جميع عمليات الحدادة في أول عهدها تعتمد أساسا على قوة ساعدي الحداد ، ومع التقدم المستمر لهذه الصناعة ، فقد تطورت تدريجيا شأنها شأن الصناعات الميكانيكية الأخرى .

يناقش هذا الباب تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية والمواد المعدنية القابلة لعمليات الحدادة والشروط الواجب توافرها في هذه المعادن ، والوقود المستخدم في الأفران (أكوار الحدادة) ، والأدوات والمعدات المستعملة في عمليات الحدادة والمطرقات وغيرها .

ويتناول جميع عمليات الحدادة اليدوية كالسحب - الخصر - التسوية - الكبس - الاستدارة - الثني - الثقب - اللي - القطع - اللحام ، والعيوب التي قد تحدث في بعض العمليات وأسبابها طرق تلافيها .

هذا بجانب التطبيق العملي الذي يتمثل من خلال تنفيذ بعض العمليات الصناعية المرتبة على هيئة تمرينات متنوعة ومتدرجة في الصعوبة ، لغرض التدريب علي تنفيذ العمليات الصناعية عن طريق التشكيل بالحدادة اليدوية .. مع عرض خطوات العمل النموذجية لكل تمرين على حدة .

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 .

الحدادة 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 :-

1. التشكيل بالطرق : Forging By Hammering

هو عبارة عن عملية تغيير شكل المعدن الساخن عن طريق المطارق اليدوية أو الآلية ، حيث يتم تشكيل المعدن بين سطحيين مستويين ، حيث ينساب المعدن بينهما في اتجاه طولي وعرضي للسطحيين المتوازيين . تستخدم هذه الطريقة في الإنتاج الفردي للأجزاء الصغيرة ، أو في أعمال الصيانة .

2. التشكيل بالضغط : Forming By Press

هو عبارة عن عملية تغيير شكل المعدن الساخن عن طريق استخدام قوالب تشكيل مغلقة (إسطوانات) ، حيث يخضع تشكيل المعدن على انسيابه في التجويف الداخلي للقالب .

علما بأنه في بعض الحالات الخاصة يتم تشكيل المعدن بالحدادة على البارد (أي بدون الحاجة إلى ارتفاع درجة حرارته) كما هو الحال في عملية تشطيب مطروقات الصلب الدقيقة .

أهمية عمليات الحدادة :

عمليات الحدادة هي إحدى عمليات التشكيل على الساخن التي تعتمد على خاصية اللدونة في المعدن وقابليته للاستطالة والتي تسمح بتغيير دائم في شكل المعدن

دون حدوث كسر أو قصف . ولهذه الخاصية أهمية كبرى حيث ينخفض مقاومة المعدن وبالتالي يتم طرقه أو كبسه بأقل طاقة ممكنة .

تتزايد هذه الخاصية في المعدن إلى درجة كبيرة عند ارتفاع درجة حرارته إلى درجة حرارة التشكيل .. الأمر الذي يؤدي إلى اكتساب المعدن الشكل والمقاس المطلوب .

المنتجات المعدنية المشكلة بعمليات الحدادة المختلفة تسمى بالمطروقات ، وهي تتميز بمتانة أعلى من المنتجات المماثلة لها والتي يتم تشكيلها بالسباكة أو بأسلوب التشغيل بالقطع . لذلك فإن عمليات الحدادة لها أهمية كبرى في صناعة المعدات والآلات والأجزاء الهامة للماكينات ، حيث يتم عن طريق عمليات تصنيع الأجزاء الهامة للطائرات والسفن والسيارات والجرارات الزراعية .. بالإضافة إلى تصنيع الأعمدة المرفقية ، والروافع ، وأعمدة الإنارة ، وريش التربينات وأيضاً العديد من العدد ... وغيرها .

تمثل الأجزاء المصنعة عن طريق عمليات الحدادة نسبة تتراوح ما بين 10% إلى 20 % من الصناعات الهندسية المختلفة .

استخدام أسلوب الحدادة في عمليات الإنتاج ، يوفر في الوقت ، ويخفض في التكاليف ، ويعني في أحيان كثيرة عن عمليات التشطيب على الماكينات المختلفة . من أهم الأسباب التي تميز المنتجات المصنعة عن طريق عمليات الحدادة هي صلابتها وقوة تحملها ومقاومتها العالية لاجهادات التشغيل المختلفة .

مميزات تشكيل المعادن بالحدادة :

تتميز المشغولات المنتجة بطرق الحدادة المختلفة عن المشغولات المنتجة المماثلة بعمليات التشكيل أو التشغيل بالقطع .. بالمميزات التالية :-

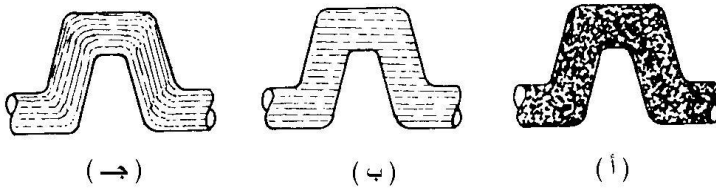
1. شدة الكثافة .

2. عدم حدوث تمزق في الألياف .

3. ارتفاع مستوى المتانة .

4. انخفاض مسام المعدن .

5. تهذيب الحبيبات الخشنة .
 6. تحسين الخواص الفيزيائية بصورة عامة .
 7. قدرة عالية على تحمل الإجهادات .
 8. التوزيع المنتظم للشوائب الحبيبية في المعدن .
 9. إمكانية إنتاج مشغولات بأقل تفاوت .. الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض عمليات التشطيب النهائي .. (وذلك عند استخدام طريقة الحدادة بالقوالب المغلقة) .
 10. تعتبر من طرق التشكيل الاقتصادية .. حيث أنها أرخص كثيراً في التكلفة .
- وشكل 2 - 1 يوضح رسم تخطيطي لانسياب حبيبات المعدن بطرق التشكيل والتشغيل المختلفة .. ويوضح الشكل أن أفضلها هي التشكيل بالحدادة .



شكل 2 - 1

الانسياب الحبيبي للمعدن

- (أ) تشكيل بالسباكة .. لا يوجد انسياب حبيبي .
- (ب) تشغيل بآلات القطع .. انسياب حبيبي غير مستمر .
- (ج) تشكيل بالحدادة .. انسياب حبيبي مستمر .

أساليب الحدادة

Forging Methods

تشتمل أساليب الحدادة على الوسائل الرئيسية الآتية :-

1. الحدادة اليدوية .
2. الحدادة بالمطارق الآلية .
3. التشكيل بالضغط .. باستخدام المكابس .

4. 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 .. (فردي أو كمي) .

الحدادة اليدوية

Manual Forging

تعتبر الحدادة اليدوية من أقدم طرق الحدادة ، ويطلق عليها اسم الحدادة الحرة ، وسميت بهذا الاسم نظرا 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 بكلتا يدي فني الحدادة ، حيث يتم تشكيل الخامة دون الاستعانة بأدوات ميكانيكية أو قوالب خاصة .

تتم 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 .

يمكن 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 والسنابك وقوالب التشكيل المختلفة وغيرها ، حتى يتم التشكيل حسب الشكل والمقاس المطلوب .

المواد المعدنية القابلة للتشكيل بالحدادة :

Forgeable Metals Materials

سميت عمليات الحدادة .. تبعا لنوع المعدن المستخدم في التشكيل وهو الحديد ومشتقاته .

تعتبر المواد المعدنية القابلة للتشكيل بالحدادة هي التي تكون أكثر مطيلية عند درجات الحرارة الأعلى من درجة الحرارة العادية مثل الحديد والصلب بأنواعه والنحاس الأحمر والألومنيوم وسبائكهما .
ويعتبر الحديد هو المعدن الرئيسي المستخدم في عمليات التشكيل بالحدادة وذلك للأسباب الآتية :-

1. وفرة مصادره الطبيعية .
2. مواصفاته الفيزيائية المناسبة لعمليات الحدادة .
3. يتمتع بمتانة أعلى من المشغولات المماثلة التي يتم تشكيلها بأسلوب التشغيل بالقطع.

الشروط الواجب توافرها في المعادن القابلة للطرق :

يجب أن تتوفر في المعادن التي تجري عليها عمليات الحدادة الشروط التالية :-

1. مقاومة شد منخفضة : Low Pulling Resistance

تجري عدة اختبارات لمعرفة خواص المعدن القابل للطرق وأهمها اختبار مقاومة الشد التي تتغير بتأثير ارتفاع درجة الحرارة .

فعندما تكون مقاومة الشد عالية .. تكون استطالة المعدن ضعيفة ، والعكس صحيح .. أي إنه عندما تكون مقاومة الشد منخفضة .. يكون استطالة المعدن كبيرة ، وبالتالي يكون قابليته أكثر للطرق وعمليات الحدادة المختلفة .

2. انخفاض نسبة الكربون : Low Carbon Ratio

تتوقف قابلية المعدن للطرق على مدى احتوائه على نسبة الكربون ، فكلما انخفضت نسبة الكربون في المعدن .. كلما ارتفعت قابليته لأعمال الحدادة والعكس صحيح ، أي إذا ارتفعت نسبة الكربون في المعدن .. انخفض قابليته لعمليات الحدادة .

فمثلا صلب الإنشاءات الذي يحتوي على نسبة كربون أقل من 0.5 % يكون أكثر قابلية للتشكيل بالحدادة عن صلب العدة الذي يحتوي على نسبة كربون تتراوح ما بين 0.6 % إلى 1.5 % .

3. انخفاض نسبة الكبريت والفسفور :

Low Sulphur And Phosphorus Ratio

يجب أن تتخفض نسبة الكبريت والفسفور في الصلب ، وذلك حتى لا يحدث تقصف وشروخ في المعدن أثناء عمليات تشكيله بالحدادة .. حيث يجب ألا تزيد نسبة الكبريت والفسفور معا عن 0.1 % .

تجهيزات وإجراءات عمليات الحدادة

Preparations Of Casting Processes

يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تجهيز المشغولات المعدنية المختلفة لعمليات الحدادة العوامل الآتية :-

1. مسلك المعدن .
2. حساب الطول التقريبي للخامة قبل تشكيلها .
3. درجة حرارة تشكيل المعدن .

أولا : مسلك المعدن

تجرى عدة اختبارات للمعادن أهمها اختبار مقاومة الشد ، والمقصود بذلك هو التعرف على خواص تقبل المعدن للطرق ، ويمكن التعرف على ذلك بسهولة من خلال عمل تجربة بسيطة ، حيث يعرض قضيب من المعدن مساحة مقطعه واحد ملليمتر مربع لإجهاد شد بوضع حمل يؤثر عليه في اتجاه طولي .. وبهذه الطريقة يمكن تقدير قوة تحمله .

(من الطبيعي وجود أجهزة دقيقة توضح هذه الاختبارات) وهذا يعني أن الصلب الذي له مقاومة شد (40 kg mm^2) .. فإنه يعني أن القضيب من هذا الصلب مساحة مقطعة (1 mm^2) يمكن أن يتحمل قوة شد تبلغ (40 kg) .

ومن ثم فإن اختبار مقاومة الشد علي المعادن التي تجري عليها عمليات الحدادة لها أهمية كبرى ، حيث تتغير مقاومة الشد في هذه المعادن القابل للتشكيل بالحدادة

بتأثير ارتفاع درجة الحرارة . والعلاقة التالية توضح مقاومة الشد ودرجة تقبل المعدن للاستطالة .

مقاومة شد عالية = استطالة ضعيفة

مقاومة شد منخفضة = استطالة كبيرة

ثانيا : حساب الطول التقريبي للخامة قبل تشكيلها

قبل البدء في عمليات التشكيل بالحدادة .. يجب تحديد الطول التقريبي للخامة للحصول على الشكل والمقاس النهائي المطلوب للمشغولة ، وذلك دون فقد كبير لتحقيق الاقتصاد في الخامات .

حيث أن حجم الخامة قبل عملية التشكيل بالحدادة .. يعادل حجمها بعد عملية التشكيل ، مع الأخذ في الاعتبار التغيرات الطفيفة التي تطرأ على حجم الخامة أثناء التشكيل .

لذلك يجب حساب الطول التقريبي للخامة قبل تشكيلها من خلال المعادلة التالية:-

$$V = a * L$$

$$V = a_1 * L_1$$

$$a * L = a_1 * L_1$$

$$\therefore L = \frac{a_1 * L_1}{a} = \frac{\text{حجم المشغولة بعد التشكيل}}{\text{مساحة مقطع الخامة قبل التشكيل}}$$

$$L_2 = L * 10\% \text{ إلى } 20\%$$

$$L_3 = L * L_2$$

حيث V ... يرمز إلى حجم الخامة قبل التشكيل أو حجم الشغلة بعد التشكيل .

a ... مساحة مقطع الخامة قبل التشكيل .

a₁ ... مساحة مقطع الشغلة بعد التشكيل .

L ... الطول التقريبي للخامة .

L_1 ... طول الشغلة المطلوبة .

L_2 ... الطول الإضافي لتعويض الفاقد في عملية التشكيل .

L_3 ... طول الخامة المطلوب تشكيلها .

حيث أن المعدن يفقد جزء منه على هيئة أكاسيد قشرية تتساقط أثناء التسخين ،
أو عند إنضغاطه نتيجة للطرق أو الكبس أثناء عملية التشكيل . لذلك يضاف إلى الناتج
من المعادلة السابقة نسبة تتراوح ما بين 10 % إلى 20 % زيادة في طول الخامة
لتعويض الفاقد في عملية التشكيل ، وتقدر حسب مقاسات الشغلة المطلوبة

مثال 1 :

يراد تشكيل قطعة من صلب الإنشاءات عن طريق عمليات الحدادة ، أبعادها
المطلوبة كالآتي :-

الطول 50 mm

العرض 10 mm

الارتفاع 5 mm

وذلك من قضيب مساحة مقطعه 10 × 10 mm . أوجد الطول المطلوب للخامة .

الحل :

حجم الشغلة بعد التشكيل (V)

$$V = a_1 * L_1$$

$$= 10 * 5 * 50 = 2500 \text{mm}^3$$

مساحة مقطع الخامة قبل التشكيل (a)

$$a = 10 * 10 = 100 \text{mm}^2$$

∴ الطول التقريبي للخامة

$$L = \frac{a_1 \times L_1}{a} = \frac{2500}{100} = 25 \text{mm}$$

الطول الإضافي (L_2) الناتج عن عملية الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل وهو

10%

النسبة الإضافية لتعويض الفقد في عملية التشكيل $L_2 = L$

$$L_2 = 25 * \frac{10}{100} = 2.5\text{mm}$$

∴ طول الخامة المطلوبة (L_3) = الطول التقريبي للخامة (L) + الطول الإضافي لتعويض الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل (L_2)

$$L_3 = L + L_2$$
$$= 25 + 2.5 = 27.5\text{mm}$$

مثال 2 :

يراد تشكيل قرص مستدير من صلب الإنشاءات عن طريق عمليات الحدادة ،
أبعاده كالآتي :-
القطر 14 cm
السّمك 2 cm

علما بأن قطر القضيب الخام المستخدم لذلك هو 6 cm . أوجد طول الخامة ؟

الحل :

حجم الشغلة بعد التشكيل

$$V = d^2 * \pi * L$$
$$= 7 * 7 * 3.14 * 2 = 308\text{cm}^3$$

مساحة مقطع القضيب الخام قبل عملية التشكيل بالحدادة

$$a = d^2 * \pi$$
$$= 3 * 3 * 3.14 = 28.3\text{cm}^2$$

الطول التقريبي للخامة

$$L = \frac{a_1 \times L_1}{a}$$

$$= \frac{308}{28.3} = 10.8 \text{ cm}$$

الطول الإضافي (L₂) الناتج عن عملية الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل وهو 15%

$$L_2 = L * \text{النسبة الإضافية لتعويض الفقد في عملية التشكيل}$$

$$= 10.8 * \frac{15}{100} = 1.6 \text{ cm}$$

طول الخامة المطلوبة (L₃) = الطول التقريبي للخامة (L) + الطول الإضافي لتعويض الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل (L₂)

$$L_3 = L + L_2$$

$$10.8 + 1.6 = 12.4 \text{ cm}$$

أي أنه يلزم طول قدره 12.4cm من خامة قطرها 14cm وسمك 2cm .

ثالثا : درجة حرارة تشكيل المعدن

تعتبر درجة حرارة تشكيل المعدن من الأمور الهامة في عملية التشكيل بالحدادة . لذلك يجب معرفة درجة الحرارة الملائمة لنوع المعدن المراد تشكيله قبل البدء في التسخين . حيث تختلف درجة حرارة التسخين من معدن إلى الآخر تبعا لنسبة الكربون الذي يحتويه أو نوع السبيكة .

توجد بعض الأخطاء التي قد يقع بها بعض الفنيين عند تسخين المعادن المختلفة .. لذلك يجب التعرف عليها ومراعاة تلافيها .. وهي كالآتي :-

1. تجاوز في ارتفاع درجة حرارة شغلة من الصلب وتعرضها إلى درجة حرارة مرتفعة لفترة طويلة ، الذي يؤدي إلى هشاشة المعدن وانخفاض متانته ، بالإضافة إلى تغير في بنيته (حيث تكون بنيته على شكل حبيبات خشنة) .
2. تجاوز في ارتفاع درجة حرارة شغلة من الصلب وظهور تطاير شرر من المعدن .. هذا يعني أن المعدن قد أحترق .. ويكون غير صالح نهائي للاستعمال .

3. تسخين المعدن إلى درجة أقل من درجة الحرارة الملائمة له ، الذي يؤدي إلى أن يكون قصفا ، كما أنه يحتاج إلى قوة كبيرة لتشكيله .
فيما يلي جدول 2 - 1 الذي يوضح درجات حرارة تشكيل لبعض المعادن .

جدول 2 - 1
درجات حرارة تشكيل بعض المعادن

نوع المعدن	درجة حرارة التشكيل بالحدادة
ألومنيوم	400 - 500 °م
نحاس - قصدير	700 - 800 °م
صلب إنشاءات	800 - 1200 °م
صلب التطبيع	900 - 1000 °م

لتحديد درجة حرارة المعادن المشكلة بالحدادة ، يسترشد عن ذلك من خلال ألوان توهجها ، حيث يناظر كل لون من ألوان التوهج إلى درجة حرارة المعدن ، و جدول 2 - 2 يوضح أنواع الصلب وألوان توهجها التي تناظر درجات الحرارة .

جدول 2 - 2
أنواع الصلب وألوان درجات حرارتها

لون الحموة	نطاق درجات الحرارة		لون الحموة	نطاق درجات الحرارة	
	من	إلى		من	إلى
بني غامق	520	580	أحمر فاتح	830	880
بني مائل للاحمرار	580	650		880	1050
أحمر غامق	650	750	برتقالي	1050	1150
أحمر قاني	750	780		1150	1250
أحمر قرمزي	780	800	أصفر غامق	1250	1350
قرمزي فاتح	800	830	أصفر فاتح		
			أبيض		

أنواع الفحم المستخدم في أفران الحدادة :

Kinds Of Cool Used In Forging Furnaces

تستخدم في أفران الحدادة (الأكوار) أنواع مختلفة من الوقود الصلب (الفحم)

وهي كالآتي :-

Forge Coke

1. فحم الكوك :

يستخرج فحم الكوك من تقطير الفحم الحجري ، يحتوى على نسبة 90 % كربون + 7 % أتربة + 1 % مواد متطايرة + 2 % رطوبة . ويعرف هذا الفحم بأحجامه الصغيرة

يتميز فحم الكوك باحتراقه دون دخان كثيف .. مما يتيح رؤية المشغولات أثناء تسخينها بوضوح ، من عيوب هذا الفحم إنه يعطي نار متقطع سهل الإطفاء . يستخدم فحم الكوك في أعمال الحدادة التي تتطلب درجات حرارة عالية .

Pit Cool

2- الفحم الحجري :

هو فحم صغير في مثل حجم الجوز .. يتميز هذا الفحم بثقله ودرجة حرارة احتراقه العالية وإعطائه خبث جيد .. ومن أهم عيوبه أنه يحتوي على كثير من الشوائب .

يستخدم الفحم الحجري في تسخين الحديد المطاوع وأيضا في جميع أعمال الحدادة ، كما أنه يناسب المشغولات التي تتطلب درجات الحرارة العالية .

Charcool

3. الفحم النباتي :

هو عبارة عن خشب متفحم تم احتراقه بعيدا عن الأكسجين . يتميز باحتراقه المصحوب بلهب صغير رائق ، ومخلفاته المنخفضة ، ومن أهم عيوبه إنه خفيف الوزن - لا يعطي حرارة عالية ، وغير اقتصادي وخصوصا في أعمال الحدادة الكبيرة .

يستخدم الفحم النباتي في تسخين الصلب الكربوني ، حيث أنه لا يحتوي على كبريت أو العناصر الأخرى الغير مرغوب فيها ، كما أنه يصلح للمشغولات الصغيرة. الموصفات الجيدة لفحم الأفران :

للحصول على أفضل النتائج أثناء عمليات الحدادة المختلفة ، فإنه يجب اختيار الفحم المناسب لعملية الحدادة المطلوبة بحيث يكون بالمواصفات التالية :-

1. ينبغي أن يعطي الفحم درجات حرارة عالية عند احتراقه بحيث تكون كافية

لاحمرار المشغولات ، حيث تتراوح درجة الحرارة المطلوبة ما بين 1200 إلى 1300°م.

2. احتواء الفحم على أقل نسبة ممكنة من الكبريت .. لكي لا يمتصه الصلب أثناء عمليات التسخين .

1. الرماد المتخلف من الفحم والنااتج عن عملية الاحتراق يكون قليل نسبياً .

معدات وعدد الحدادة اليدوية

Manual Forging Equipments

تستخدم أدوات وعدد الحدادة اليدوية على نطاق محدود وذلك للإنتاج الفردي أو في أعمال الصيانة .

صممت العدد اليدوية ذات أطراف بأشكال مختلفة وذلك للتحكم في المعادن أثناء تشكيلها من خلال الطرق لإحداث استطالة لها بين الفراغان التي تشكلها هذه العدد والأدوات .

فيما يلي عرض لجميع الأدوات والعدد المستخدمة في الحدادة اليدوية .

Forge

فرن الحدادة (الكور) :

توجد أنواع مختلفة من أفران الحدادة (الأكوار) منها الثابت وهو المستخدم عادة في الورش ، ومنها المتحرك الذي يسهل نقله من مكان إلى آخر .

يعتبر فرن الحدادة (الكور) فرن مفتوح ، حيث يمكن تسخين الحديد والصلب وبعض المعادن الأخرى قبل طرقها وتشكيلها إلى الأشكال والمقاسات المطلوبة .

يعمل فرن الحدادة (الكور) عن طريق حرق الفحم الذي يوضع في موقد النار ، حيث ترتفع درجة حرارته إلى درجة عالية تصل إلى أكثر من 1000°م .

تختلف أشكال وأحجام أفران الحدادة (الأكوار الثابتة والمتحركة) .. ولكن تتحد جميعها من حيث التصميم .

Fixed Forge

فرن الحدادة الثابت :

يصنع فرن الحدادة الثابت (الكور) من حديد الزهر أو الصاج الصلب ، ويحتوي على بناء من الطوب الحراري .يستخدم الكور الثابت في ورش الحدادة ، حيث يسخن

المعدن المراد تشكيله إلى درجة حرارة تصل إلى 1100° م .

تتولد الحرارة عن طريق حرق الوقود الصلب (الفحم الحجري) وهو أكثر أنواع الفحم استخداما في هذه الأفران . يوضع الفحم في حوض الكور وهو الذي يسمى بالموقد

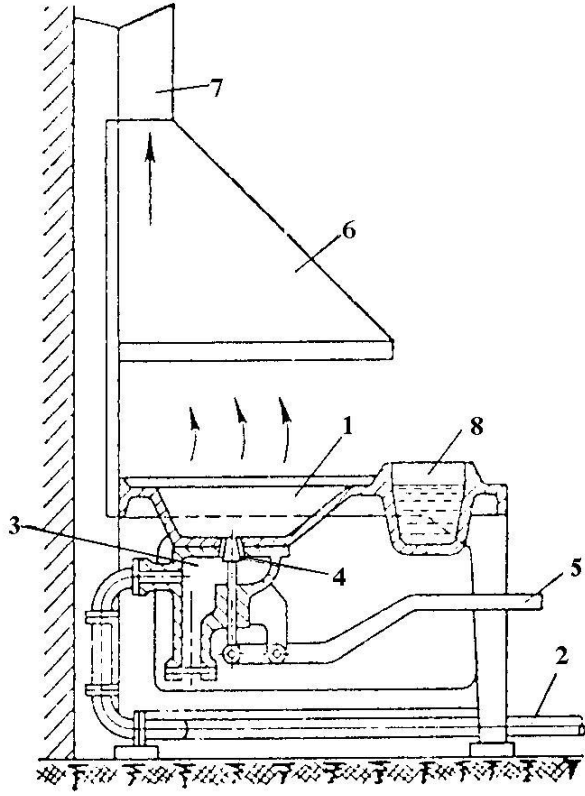
يضغط الهواء اللازم لغرض احتراق الفحم عن طريق المروحة المثبتة بالكور ، ويستمد تيار الهواء المضغوط في الأكوار القديمة عن طريق منفاخ يعمل باليد أو القدم، أما الأكوار الحديثة فأنها تستمد الهواء المضغوط عن طريق مراوح كهربائية أو مراوح دوارة التي تسمى بمضخات الهواء . وأكثر أنواع المراوح استخداما في الأكوار الحديثة هي المراوح التي تدار بالطرق الميكانيكية .

صمم فرن الحدادة (الكور) بحيث يمكن تغيير اتجاه تدفق الهواء من خلال فوهة مركبة بالموقد .. وبذلك يمكن التحكم في اختلاف درجة حرارة التسخين للمعادن المراد تشكيلها بالحدادة .

يوجد غطاء في أعلى الكور لتجميع وسحب الدخان إلى المدخنة .. وهو الدخان الناتج عن عملية احتراق الفحم وتسخين المعادن المختلفة .

يجب من حيث المبدأ إقامة الكور في مكان لا يتعرض لأشعة الشمس المباشرة ، والسبب في ذلك هو مساعدة الفنيين العاملين بأعمال الحدادة على رؤية ألوان المعادن المختلفة أثناء تسخينها بصورة أفضل .. حيث أن الظل يساعد على رؤية ألوان النار بشكل أفضل .

يتكون فرن الحدادة (الكور) الموضح بشكل 2 - 2 من الأجزاء الآتية :-

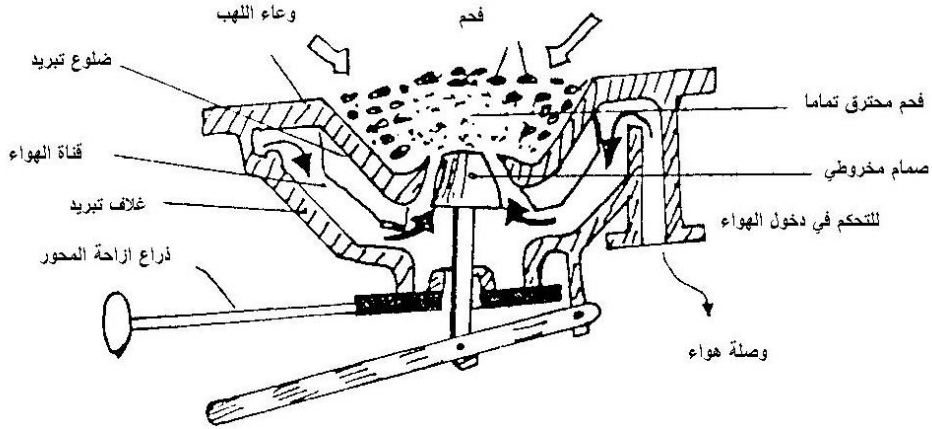


شكل 2 - 2

فرن الحديد (الكور)

1. موقد النار :

يوجد بالجزء العلوي للفرش .. وهو المكان المخصص لتسخين المشغولات المعدنية المختلفة ، وعادة وجود موقدين بكل كور . يستعمل عادة الفحم الحجري وفحم الكوك في التسخين ، حيث يعتبران من أفضل أنواع الفحم .
شكل 2 - 3 يوضح إحدى موقدي النار بالكور .



شكل 2 - 3
موقد النار

2. ماسورة الهواء :

الغرض منها هو توصيل الهواء المضغوط إلى صندوق الهواء لتخزينه ، وتوجيهه إلى موقد النار .

3. صندوق الهواء :

يحتوي على الهواء المضغوط اللازم لعملية احتراق الفحم .

4. صمام مخروطي :

مركب في ثقب مخروطي بأسفل الموقد ، الغرض منه هو التحكم في سريان تدفق الهواء المضغوط واتجاهه عن طريق مقبض ، وذلك للحصول على درجات الحرارة المختلفة لتسخين المعادن المراد تشكيلها .

5. ذراع تحكم :

متصل بالصمام المخروطي للتحكم في اتجاه وسريان تدفق الهواء المضغوط ، للتحكم في درجة حرارة الموقد .

6. غطاء المدخنة :

يسمى أيضا بالبرقع . يصنع من الصاج الصلب على شكل هرم ، ويعمل على تجميع واستقبال الأدخنة والغازات الناتجة عن عملية احتراق الفحم وتسخين المعادن المختلفة وتوجيهها إلى المدخنة لطردها إلى خارج الورشة .

7. المدخنة :

تصنع من الصاج على شكل ماسورة أسطوانية ، متصلة بالغطاء (البرقع) إلى خارج الورشة .. الغرض منها هو سحب الدخان والغازات الناتجة عن عملية احتراق الفحم وتسخين المعادن المختلفة وطردها خارج الورشة .

8. حوض تبريد :

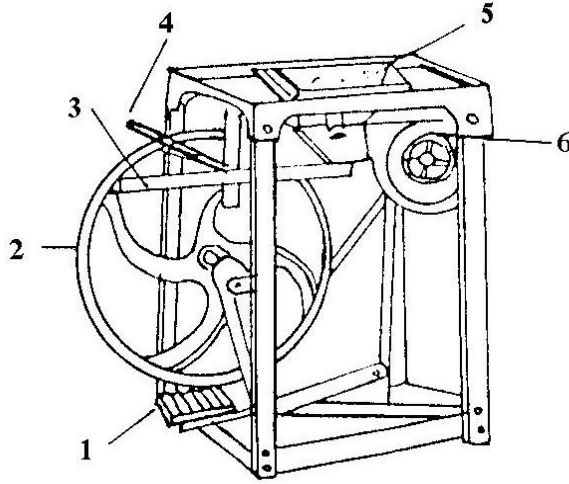
مثبت بالفرش من الجهة الأمامية للكور . يستعمل عندما يراد تقسية شغلة من الصلب بعد تسخينها وتبريدها تبريد مفاجئ ، كما يستعمل في تبريد عدد وأدوات الحدادة المختلفة .

فرن الحدادة المتحرك (الكور المتحرك) :

Movable Forge

يتمثل فرن الحدادة المتحرك (الكور المتحرك) مع فرن الحدادة الثابت (الكور الثابت) في أجزاءه الأساسية ، ولكنه يتميز بصغر حجمه ، وخفة وزنه ، مما يسهل نقله من مكان إلى آخر ، وبالتالي فإنه يناسب أعمال الحدادة اليدوية التي يحتاج إليها في مواقع الإنشاءات .

يراعي عدم تشغيل الفرن في مكان يتعرض لأشعة الشمس المباشرة .. وذلك لإمكان رؤية ألوان المعادن أثناء تسخينها .. والتي تدل على قيمة درجات حرارتها .
يتكون فرن الحدادة المتحرك (الكور المتحرك) الموضح بشكل 2 - 4 من الأجزاء الآتية :-



شكل 2 - 4

فرن الحديد المتحرك (الكور المتحرك)

1. دواسة :

هي وسيلة لتشغيل ودوران المروحة عن طريق الضغط المتردد عليها بقدم الفني.

2. عجلة :

متصلة بالمروحة عن طريق سير . تدار العجلة لتدير المروحة عن طريق الضغط المتردد بقدم الفني على الدواسة .

3. ذراع :

للتحكم في اتجاه تدفق الهواء المضغوط .

4. مقبض :

للتحكم في تنظيم تدفق الهواء المضغوط إلى الموقد .

5. موقد النار :

يوجد بالجزء العلوي للكور ، وهو المكان المخصص لتسخين المشغولات المختلفة.

6. المروحة :

لسحب الهواء من الجو وضغطه إلى الموقد لإشعال الفحم .

السندان هو عبارة عن كتلة من الصلب ، أو منضدة الشغل الخاصة بعمليات الحدادة، توضع عليه المعادن المراد تشكيلها بالطرق ، ويعتبر من أهم أدوات الحداد . يصنع جسم السندان والقرنان من الصلب الرخو ، أما طبقة سطحه العلوي التي تصل إلى حوالي 25 ملمتر فأنها تصنع من معادن تتحمل عمليات الطرق مثل الصلب الكربوني العالي المصلد . يبلغ وزنه إلى حوالي 150 كيلو جرام ، يركز على قاعدة خشبية مقواه بإطار من الحديد ، وذلك لامتصاص الصدمات والارتجاجات الناتجة عن عمليات الطرق .

Types Of Anvil

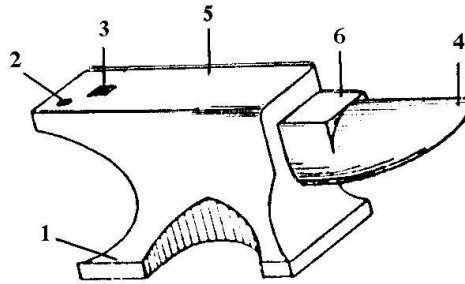
أنواع السندان :

يوجد نوعان من السندان هما :-

One – Horn Anvil

1. سندان بقرن :

سندان ذو القرن الموضح بشكل 2 - 5 ، هو عبارة عن كتلة من الصلب ، يحتوي أحد جوانبه علي قرن بشكل مخروطي .. أي ذي مقطع مستدير . يستعمل قرن السندان في تشكيل عمليات الحني والاستدارة والتمديد .



شكل 2 - 5

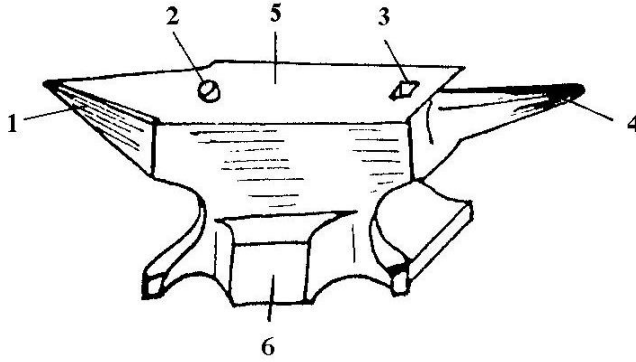
سندان بقرن

- | | |
|-------------------------------------|------------------|
| 1. قاعدة السندان . | 4. قرن مستدير . |
| 2. ثقب مستدير . | 5. وجه السندان . |
| 3. ثقب مربع لتثبيت العدد المساعدة . | 6. سندان تسطيح . |

Two – Horn Anvil

سندان بقرنين :

السندان ذي القرنين الموضح بشكل 2 - 6 هو عبارة عن كتلة من الصلب ، يحتوي عند جانبيه علي قرنين مخروطيين ، مقطوع أحدهما بشكل مستدير ومقطع القرن الآخر علي شكل مربع . يستخدم القرنين في عمليات الحني والاستدارة والثني والتمديد وغر ذلك من عمليات الحدادة .



شكل 2 - 6

سندان بقرنين

1. قرن مربع . 5. وجه السندان .

2. ثقب مستدير . 6. سندان تسطيح .

3. ثقب مربع لتثبيت العدد المساعدة .

4. قرن مستدير .

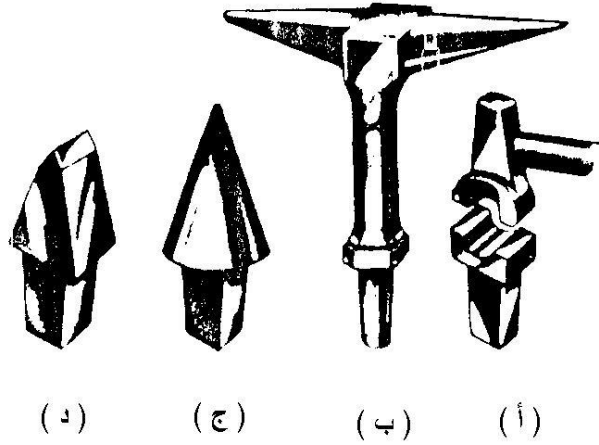
يوجد بالسندان ثقبان أحدهما على شكل مربع والآخر على شكل مستدير .

يستخدم الثقبان في تثبيت جذوع العدد اليدوية المساعدة (البلصات) الموضحة بشكل

2 - 7.

تستخدم العدد اليدوية المساعدة (البلصات) في عمليات الحدادة المختلفة مثل

التشكيل الدائري والثني - دوران الأعمدة - الثقب - القطع (الفصل) .



شكل 2 - 7

العدد اليدوية المساعدة للسندان

(ج) جذع مدبب.

(د) قاطع.

(أ) منف.

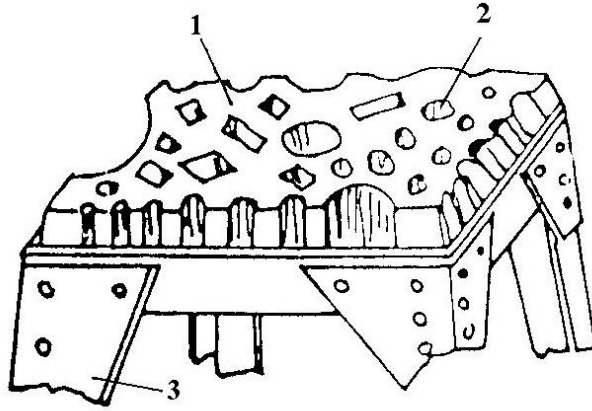
(ب) قرن.

Swage Block

زهرة التشكيل :

تسمى أيضا بزهره الطرق أو زهرة الحداد ، وهي عبارة عن كتلة معدنية كبيرة . تصنع عادة من حديد الزهر . يحتوي سطحها على مجموعة كبيرة من التجاويف ذات أشكال وأبعاد مختلفة مثل ثقوب دائرية - مستطيلة - مربعة - مسدسة الخ . ترتكز زهرة التشكيل الموضحة بشكل 2 - 8 على قاعدة متينة مصنوعة من زوايا الصلب .

تستخدم زهرة التشكيل في تسوية وتشكيل المشغولات بعد التشكيل المبدئي على السندان ، كما تستخدم كقالب طرق أسفل أي كبص قاعدة .. وذلك حسب الشكل المراد تشكيله .

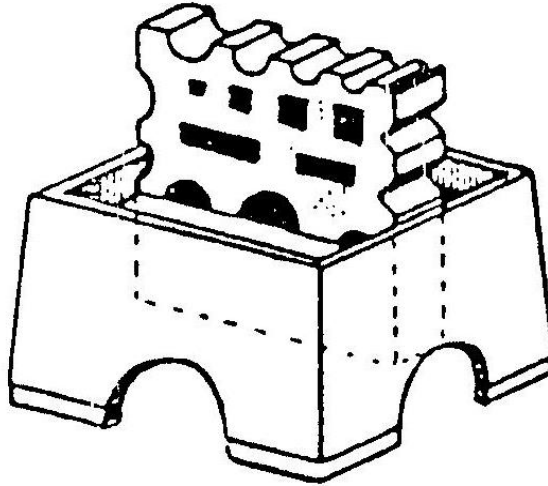


شكل 2 - 8

زهرة التشكيل

1. لوحة من الزهر المسبوك .
2. فتحات بأشكال ومقاسات مختلفة ، تستخدم في عمليات التشكيل .
3. قاعدة.

يمكن تثبيت زهرة التشكيل كما هو موضح بالشكل السابق ، كما يمكن تثبيتها كما هو موضح بشكل 2 - 9. وذلك حسب الحاجة إلى التشكيل المطلوب .



شكل 2 - 9

زهرة تشكيل بوضع آخر

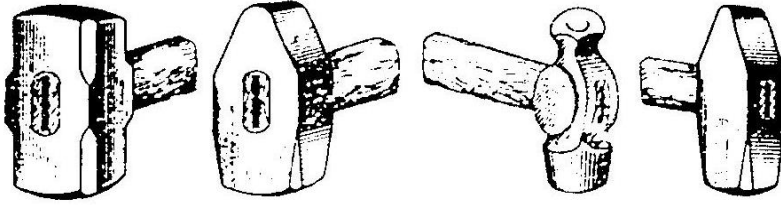
المطارق

Hammers

تعرف مطارق الحدادة من خلال مقابضها الطويلة التي تقي الفنيين من حرارة المشغولات أثناء تشكيلها ، كما تتميز بأنها أكبر وزنا من المطارق اليدوية العادية .

مطارق الحدادة ذات أحجام وأوزان مختلفة ، حيث توجد المطارق اليدوية الصغيرة HAMMERS الموضحة بشكل 2 - 10 (أ) والتي يتراوح وزنها ما بين 1 إلى 2.5 كيلو جرام ، كما توجد المطارق ذات الأحجام والأوزان الكبيرة والتي تسمى (مرزبات) SLEDGE HAMMERS شكل (2 - 10 ب) يتراوح وزنها ما بين 3 إلى 10 كيلوجرام ، ولارتفاع وزن مطارق الحدادة عن المطارق العادية .. لذلك فإن فني الحدادة يستخدمها بكلتا يديه .

تستخدم المطارق المختلفة بالوزن والشكل المناسب للمشغولات المراد تشكيلها بالحدادة .



شكل 2 - 10

المطارق

قوالب التشكيل والقطع

Cutting And Forming Moulds

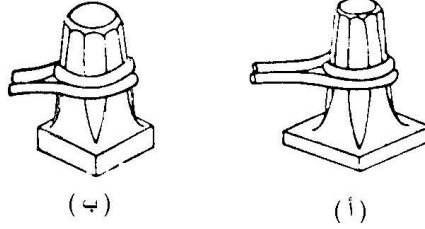
في بدأ عمليات التشكيل الأولى لأي شغلة .. يكفي أن يطرق عليها عدة طرقات مباشرة باستخدام المطارق المناسبة ، ولكن في عمليات التشكيل والتشطيب النهائي أو القطع (الفصل) ، فإنه يجب استخدام عدد يدوية مساعدة مثل قوالب التشكيل - السنايك - القواطع ... وغيرها .

فيما يلي عرض لجميع المعدات الخاصة بعمليات التشكيل والقطع .

Flatter

بلص التسوية :

بلص التسوية الموضح بشكل 2 - 11 قد يكون سطحه مربع أو مستطيل .
يستخدم البلص الموضح بشكل (أ) في سحب وتشطيب الأسطح المستوية ، أما البلص
الموضح بشكل (ب) فإنه يستخدم في تشطيب الأركان .



شكل 2 - 11

بلص تسوية

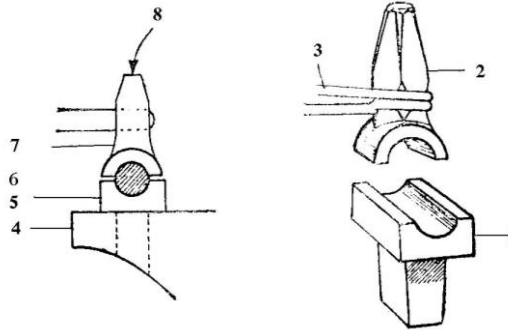
(أ) بلص ملفوف .

(ب) بلص تشطيب الأركان .

Swage

بلص التشكيل الملفوف :

بلص التشكيل الملفوف شكل 2 - 12 يسمى أيضا بقالب التشكيل المستدير ،
وهو عبارة عن جزئين هما القاعدة والوجه ، يوجد بسطح كل منهما تجويف على شكل
قوس . تثبت القاعدة في الثقب المربع للسندان ، ويوضع الجزء المراد تشكيله ما بين
قاعدة ووجه البلص ، ويمسك وجه البلص بملقاط ، ثم يطرق على البلص بمطرقة
مناسبة حتى تتم عملية التشكيل باستدارة الجزء المطلوب .



شكل 2 - 12

بلص تشكيل ملفوف

1. قاعدة الملف .

2. الملف .

3. مقبض الملف .

4. السندان .

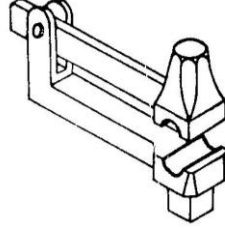
5. قاعدة الملف .

6. المشغولة المطلوب تشكيلها .

7. الملف .

8. اتجاه الطرق .

يوضح شكل 2 - 13 بلص تشكيل ملفوف مفصلي ، يختلف عن البلص السابق باحتوائه على ذراع يحمل وجه البلص ، وتتصل القاعدة بوجه البلص عن طريق محور (مسمار) .
يتميز بلص التشكيل المفصلي في عدم استخدام ملقاط أثناء عملية التشكيل .



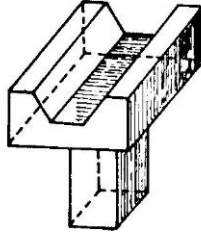
شكل 2 - 13

بلص تشكيل ملفوف مفصلي

تتميز المنتجات المصنعة عن طريق استخدام بلص التشكيل الملفوف عن المنتجات المصنعة اليدوية بورشة الحدادة عن طريق الطرق ، بالدقة في المقاسات ، والأسطح الناعمة .. بالمقارنة مع المشغولات اليدوية الأخرى .

ملاحظة :

صمم بلص التشكيل على شكل ملفوف - مربع - مسدس ... إلخ ، وذلك لإنتاج المشغولات المختلفة ، حسب شكل تجويف سطحي البلص .
شكل 2 - 14 يوضح قاعدة بلص تشكيل سداسي .. ومن الطبيعي وجود وجه البلص .



شكل 2 - 14

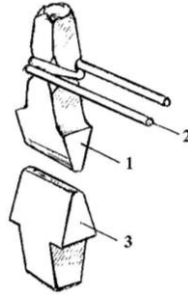
بلص تشكيل مسدس

Fuller

بلص خصر :

بلص الخصر الموضح بشكل 2 - 15 يسمى أيضا بلص حفر - بلص محرز - بلص نواة ، وهو يحتوي على جزئين هما الوجه والقاعدة ، حد تشكيل الخصر على شكل قوس .

يستخدم بلص الخصر في عمليات الحزوز الدائرية أو في عمل خصر .. أي اختصار لسمك المعدن في المكان المطلوب .



شكل 2 - 15

بلص الخصر

1. وجه بلص الخصر .

2. مقبض بلص الخصر .

3. قاعدة البلص .

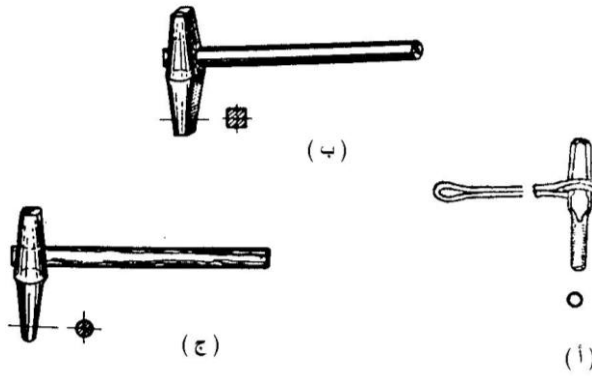
Punch

السنبك :

يستخدم السنبك في المشغولات الساخنة لعمل الثقوب ، وأيضا لتوسيعها وضبطها، يثبت به مقبض خشبي أو يستعمل عن طريق ملقاط .

يوجد للسنبك أشكال مختلفة تتناسب مع الثقوب المراد تشكيلها .. حيث يوجد

سنبك ذو مقطع مستدير - بيضاوي - مربع - مستطيل . وشكل 2 - 16 يوضح بعض أشكال السنايك .



شكل 2 - 16

أشكال مختلفة للسنايك

- (أ) سنبك مستدير .
- (ب) سنبك مربع .
- (ج) سنبك مستطيل (مسلوب) .

المقاطع

Chisels

المقاطع الموضحة بشكل 2 - 17 تتكون من جزئين هما القاعدة والوجه . تصنع من الصلب الكربوني وتجلخ حسب درجة القطع المطلوبة . تقوم المقاطع بعمل الأجنحة وتتشابه معها .

تستخدم لقطع (لفصل) الأجزاء الزائدة والغير مرغوبة . تنقسم المقاطع إلى

نوعين هما :-

Cold Cutting

1 المقطع على البارد :

يستعمل هذا المقطع في عملية قطع المعادن (فصل المعادن عن بعضها) على البارد ، ويعرف ببذنه السميك . زاوية الحد القاطع للجزئين العلوي والسفلي هي 60° .

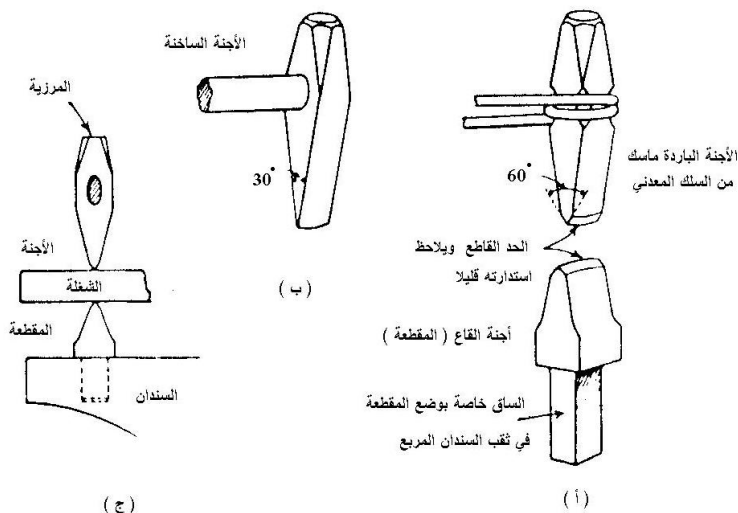
Hot Cutting

2. مقطع على الساخن :

يستعمل في عملية القطع على الساخن . زاوية حدة القاطع هي 30° .

ملاحظة :

- يجلب المقطع عند تلعمته بالزاوية المحددة له .. ويراعى تجليخ الجزئين العلوي والسفلي .
- عادة يكون المقطع الساخن مقبضه من الخشب .



شكل 2 - 17

المقاطع

(أ) مقطع على البارد .. (الجزئين العلوي والسفلي).

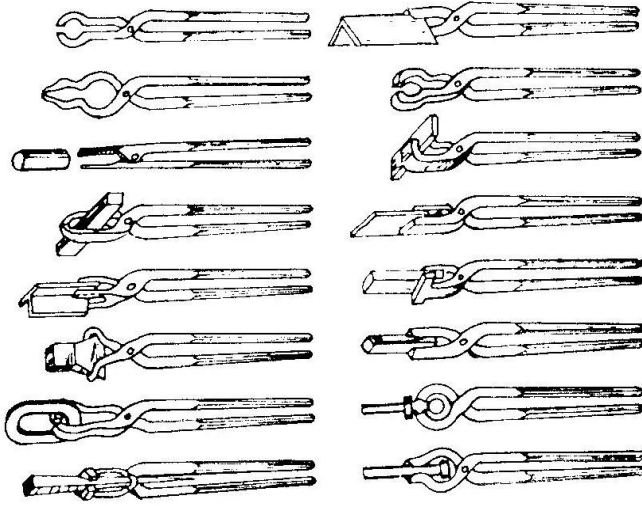
(ب) مقطع على الساخن .. (يوضح بالشكل الجزء العلوي فقط).

(ج) مقطع أثناء عملية القطع (الفصل) .

Tonges

الملاقط :

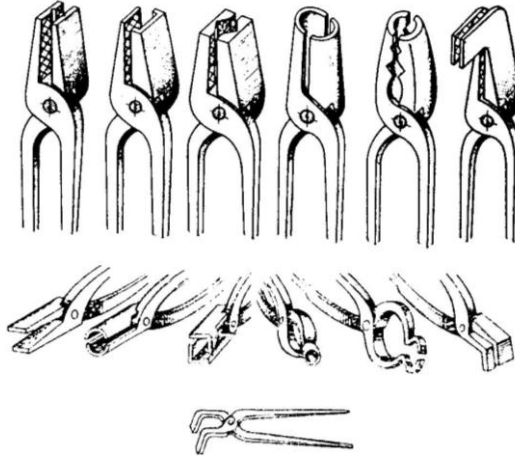
الغرض من الملاقط المختلفة الأشكال الموضحة بشكل 2 - 18 هو التحكم في المشغولات (مسك المشغولات) المراد طرقها ، وخاصة المشغولات الساخنة ، أو مسك المشغولات عند وضعها بالكور ، وأيضا بعد تسخينها ، لذلك فقد صممت الملاقط بمقابض طويلة لوقاية الفنيين من حرارة الكور ومن حرارة المشغولات أيضا .



شكل 2 - 18

الملاقط ط

كما صممت الملاقط بأشكال وأحجام مختلفة لتناسب مع جميع عمليات الحدادة اليدوية . وشكل 2 - 19 يوضح مجموعة من الملاقط ذات الأشكال الخاصة .



شكل 2 - 19

الملاقط ذات الأشكال الخاصة

عند مسك شغلة بالملاقط لفترات طويلة أثناء عمليات الحدادة المختلفة .. قد لا يكون المسك محكما ، وعندئذ تتعرض الشغلة للوقوع أو التطاير في أي اتجاه .. الأمر الذي يؤدي إلى تعرض الفني لخطر الحوادث والإصابات .

لذلك فقط وضعت عدة أساليب لقمط أذرع مقابض الملاقط للتحكم في مسك المشغولات جيدا ، ومن إحدى هذه الطرق إدخال حلقة على ذراعي الملقاط كما هو موضح بشكل 2 - 20 للتحكم في قبضة مسك الشغلة جيدا .



شكل 2 - 20

إدخال حلقة على ذراعي الملقاط

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 .
تعتبر عمليات سحب وكبس المعادن من أكثر عمليات الحدادة اليدوية على الإطلاق .. فيما يلي عرض لجميع العمليات الأساسية للحدادة اليدوية .

Drawin

السحب :

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 .

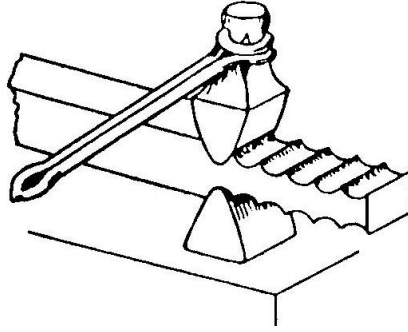
Fullering

الخصر :

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 2 - 21 . وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التجهيز للسحب .

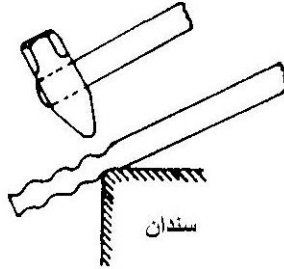


شكل 2 - 21

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 2 - 22 .



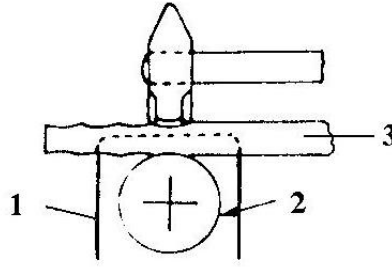
شكل 2 - 22

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 2 - 23 .

يستخدم القرن المخروطي ذو المقطع المستدير في عملية الخصر وذلك لأن الطرق على القرن المستوي يؤدي إلى انتشار المعدن على المساحة .



شكل 2 - 23

الخصر باستخدام قرن السندان

1. السندان .

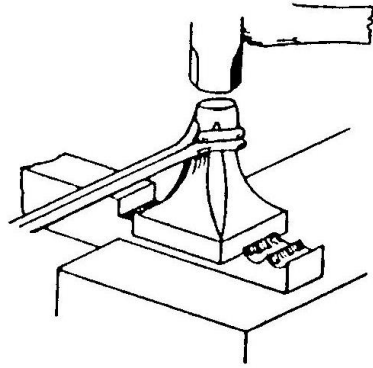
2. قرن السندان المستدير .

3. المشغولة المراد تشكيلها .

السحب باستخدام بلص التسوية :

توضع الخامة السابق خصرها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام

بلص التسوية كما هو موضح بشكل 3 - 24.



شكل 2 - 24

السحب باستخدام بلص التسوية

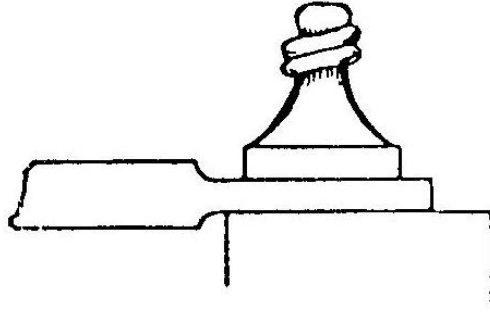
Flattening

التسوية :

توضع الخامة السابق خصرها وسحبها على سطح السندان ، ويطرق عليها

بإستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل 2 - 25 . وتعتبر هذه المرحلة هي

المرحلة النهائية لعملية السحب .



شكل 2 - 25

التسوية

Pressing

الكبس :

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 .

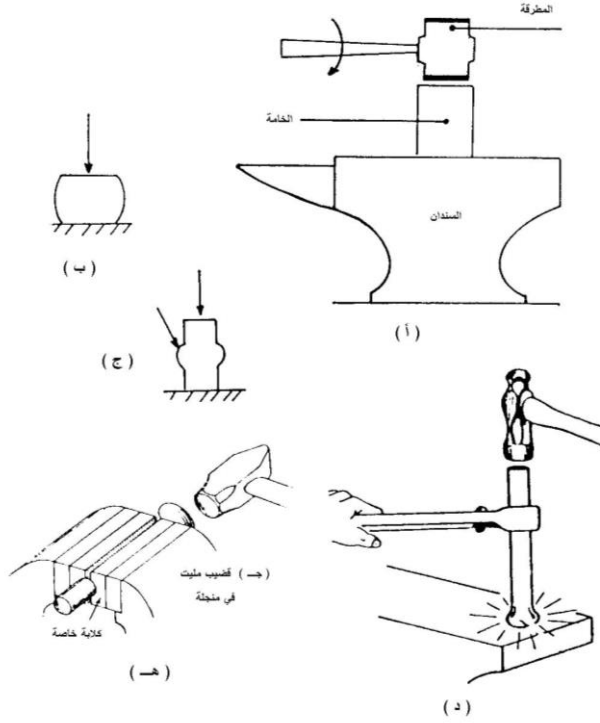
تجري عملية الكبس بتسخين الخامة كلها ، حيث تمسك من إحدى طرفيها بالمقاط ، وتوضع على سطح السندان بشكل عمودي ويطرق عليها حتى الوصول إلى القطر أو الشكل المطلوب .. وذلك في حالة كبس الخامة كلها .

أما إذا أريد زيادة في قطر أو مقطع المعدن في جزء معين ، فيسخن ذلك الجزء فقط ويطرق على الشغلة بشكل رأسي ، وبذلك يمكن تجميع أكبر قدر ممكن من المعدن في طرف أو وسط الشغلة .

شكل 2 - 26 يوضح نماذج مختلفة لعمليات الكبس .

ملاحظة :

في حالة حدوث إنحناء للشغلة ، يعدل الانحناء ، وتستمر عملية الطرق حتى الوصول إلى الشكل المطلوب .



شكل 2 - 26

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 .

العيوب التي قد تحدث في بعض عمليات السحب والكبس :

يمكن حدوث بعض العيوب في المشغولات التي تشكل بعمليات السحب والكبس

، وذلك نتيجة التشغيل الخاطئ .. وأهم هذه العيوب هي الآتي :-

1. تمزق في انسياب ألياف المعدن الذي يؤدي إلى ضعف الشغلة وعدم تحملها للإجهادات ، وهذا نتيجة لعمل أخاديد (حروز) متباعدة وذات عمق كبير أثناء التشكيل الأولى للخامة .

2. شروخ داخلية بالشغلة نتيجة لاختصار الفني لعمليات التشكيل النموذجية ، وتشكيل الخامة باستخدام بلص خصر فقط .. دون اتباع تسلسل عمليات السحب الثلاثة (الخصر - السحب - التسوية) .

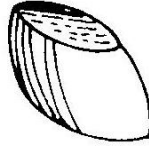
انحناء للشغلة إذا كانت طولها يزيد ثلاثة أضعاف قطرها شكل 2 - 27 .



شكل 2 - 27

انحناء في الشغلة الناتج عن زيادة طولها

4- تمدد غير منتظم للشغلة ، حيث يكون التمدد من جهة واحدة ، وذلك لعدم دوران الشغلة حول محورها أثناء عملية الكبس شكل 2 - 28 .



شكل 3 - 29

عملية تشكيل دائري

Roundin

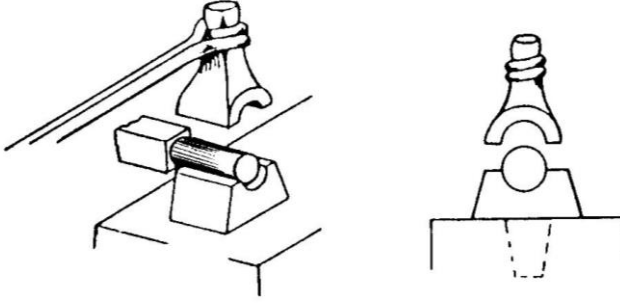
الاستدارة :

هي عملية تشكيل دائري (أسطواني) للقضبان ذات المقاطع المربعة أو المسدسة أو غيرها .

يستخدم لهذا الغرض بلص تشغيل ملفوف ، حيث يثبت قاعدة البلص في السندان وتوضع الشغلة المطلوب تشكيلها بين قاعدة ووجه البلص ، ثم يطرق على البلص حتى يتم استدارة الجزء المطلوب تشكيله كما هو موضح بشكل 2 - 29 .

ملاحظة :

يمكن تشكيل المشغولات بأشكال مختلفة أخرى ذات مقاطع مربعة - سدسة .. أو غير ذلك طبقاً لشكل البلص المستخدم .



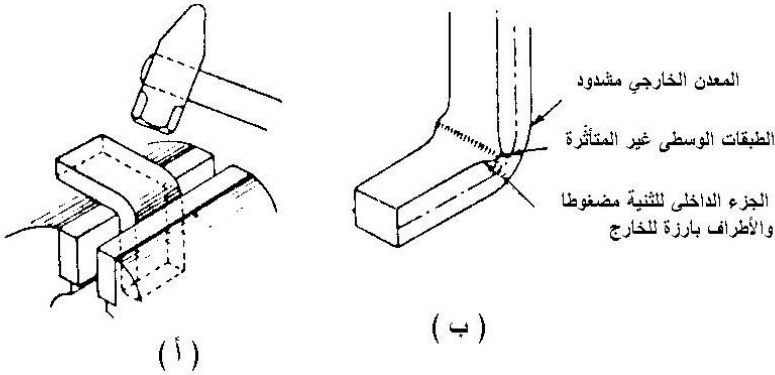
شكل 2 - 29

عملية اسـتدارة

Bending

الثنى :

عملية الثنى من العمليات الشائعة في ورشة الحدادة ، وأشكال الثنى أما أن تكون على شكل منحنى أو على شكل زاوية ذات أركان حادة .
حيث أنه إذا أجريت عملية الثنى على خامة ذات مقطع منتظم .. يؤدي ذلك إلى انخفاض ملحوظ في سمك الخامة عند منطقة الثنى ، الذي ينتج عنه انكماش طبقاته الداخلية ، بينما تتمدد طبقاته الخارجية كما هو موضح بشكل 2 - 30 .



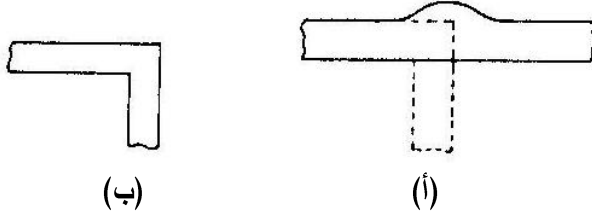
شكل 2 - 30

رداءة الشغلة لوجود تشوه في منطقة الثنى

(أ) تثبيت الشغلة في الملزمة أثناء عملية الثني .

(ب) التأثير الخاطئ في عملية الثني .

لإجراء 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 2 - 31 ، حيث يعمل المعدن الإضافي السابق تجهيزه على استكمال نقص السمك بركن الزاوية المراد تشكيلها .



شكل 2 - 31

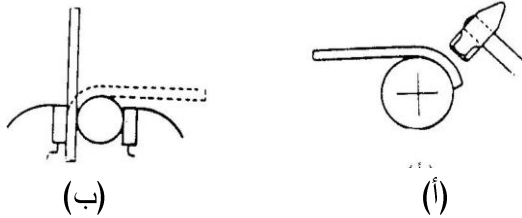
عملية جيدة لثني زاوية

(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 2 - 31 (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 2 - 31 (ب) .

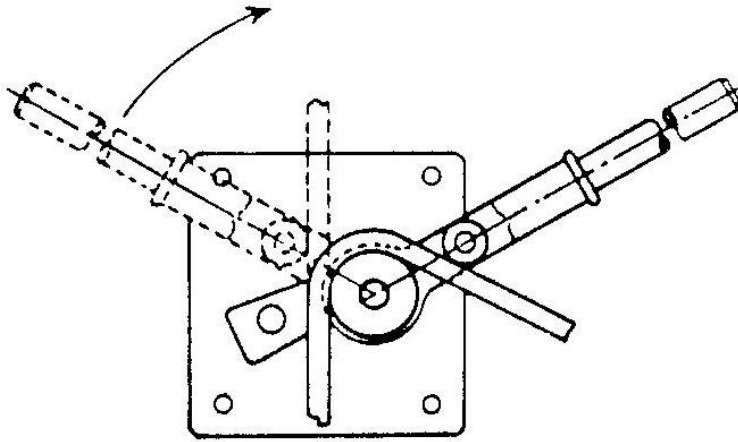
تتم هذه الطريقة بدون الحاجة إلى عمل كبس جزئي للشغلة .



شكل 2 - 32

عملية الثني المستدير

- (أ) الثني المستدير باستخدام قرن السندان المستدير .
 (ب) الثني المستدير باستخدام قضيب أسطواني بين فكي الملزمة .
 يفضل استخدام التجهيزة الخاصة لعمل المنحنيات الدائرية الموضحة بشكل 2 - 33 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 2 - 33

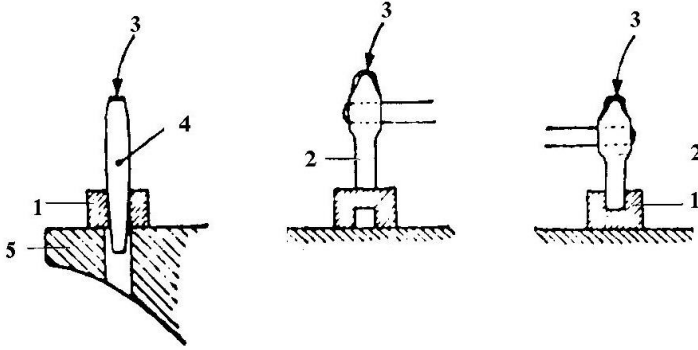
التجهيزة الخاصة لتشكيل المنحنيات الدائرية

Punching

الثقب:

تجري عملية الثقب باستخدام السنبك شكل 2 - 34 بحيث تتم هذه العملية على مرحلتين ، كل مرحلة من ناحية .. وذلك لعدم اصطدام السنبك بالسندان ، ثم يوسع الثقب باستخدام ضابط الثقب بالشكل والمقاس المطلوب . بذلك يمكن عمل ثقب على شكل مستدير - مربع - مستدق (مسلوب) ... إلخ ، حسب شكل ومقاس السنبك النهائي المستخدم .

يستخدم السندان أو زهرة التشكيل كساند للشغلة .



شكل 2 - 34

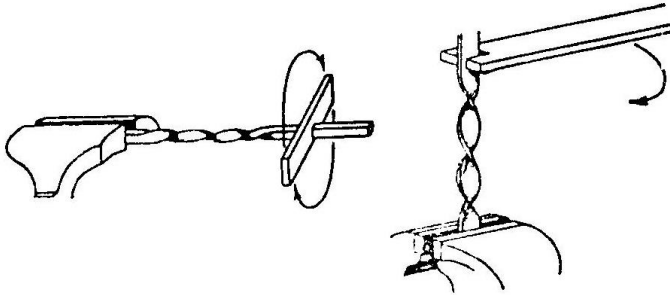
عملية الثقب باستخدام سنبك

1. الشغلة المراد ثقبها .
2. سنبك الثقب .
3. اتجاه الطرق .
4. ضابط الثقب .
5. سندان .متن.

Torsion

اللي:

هي عملية تشكيل قضيب معدني على البارد أو على الساخن وذلك بدوران الجزء المراد تشكيله حول محوره شكل 2 - 35 .
تجري عملية اللي باستخدام وسيلة محكمة للدوران .



شكل 2 - 35

عملية اللي

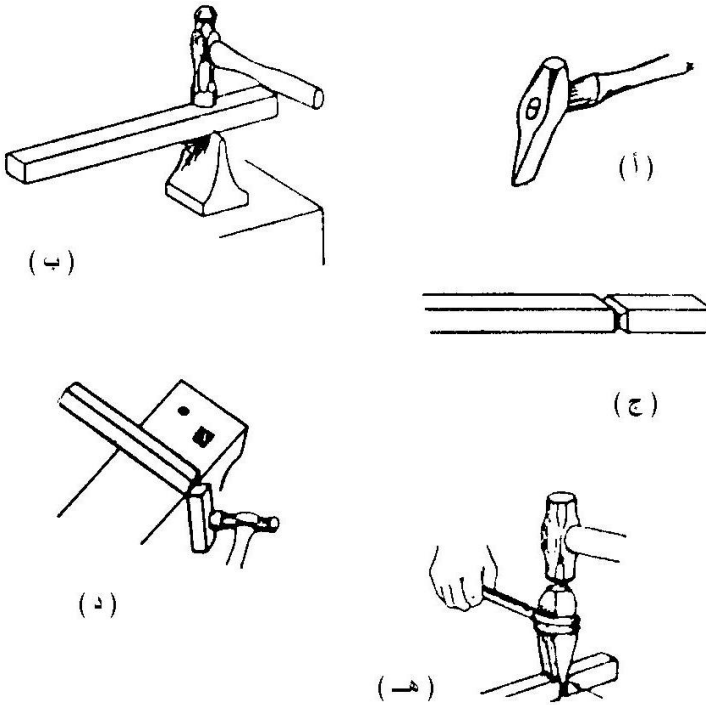
Cutting

القطع :

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 2 - 36 .

يمكن إجراء هذه العملية على البارد باستخدام المقطع البارد ذو الحد القاطع الذي يبلغ حده القاطع 60° ، أو على الساخن باستخدام المقطع الساخن الذي يبلغ حده القاطع 30° .



شكل 2 - 36

عملية القطع في ورشة الحدادة

- (أ) مقطع ساخن ، قيمة زاوية الحد القاطع 30 درجة .
- (ب) عملية القطع على الساخن .
- (ج) المشغولة المراد قطعها شبه جاهزة لعملية الفصل .
- (د) عملية القطع النهائي (الفصل) .
- (هـ) عملية قطع على البارد ، قيمة زاوية الحد القاطع 60 درجة .

Welding

اللحام :

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 وهى الموضحة بشكل 2 - 37

كالآتي:-

Counter Welding

لحام متقابل :

يسمى بالوسط الفني لحام قورة على قورة ، حيث تجهز القطع المراد لحامها بتجهيز أولي ، وذلك بكبسها كبسا جزئيا . هذه الطريقة مناسبة للحام الأجزاء الصغيرة.

Oblique Welding

لحام مائل :

تجهز الأسطح المراد لحامها بشكل مائل ، وتعتبر هذه الطريقة من أسهل أنواع طرق اللحام بالطرق .. وهي تتناسب مع جميع المشغولات .

Lap Welding

(ج) لحام تراكبي :

يسمى بالوسط الفني بلحام خابور أو لحام تربيط . تجهز الأماكن المطلوب لحامها بحيث يكون نهاية أحد الأطراف مجوف على شكل حرف V ، أما الطرف الآخر فيكون شكله مدبب ، حيث يعشق الطرفان ، ويترك عليهما حتى يتماسكا مع بعضهما البعض تماما .

تتميز هذه الطريقة بأنها من أقوى وأمتن وصلات اللحام بالطرق .. لذلك فهي تناسب المشغولات الثقيلة .

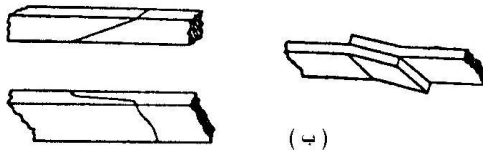
Vertically Welding

(د) لحام متعامد :

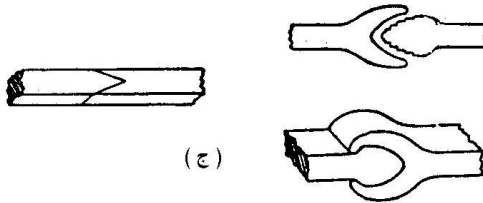
شكله على شكل حرف T . تجهز أماكن الأجزاء المراد وصلها باللحام بحيث يكون نهاية الطرف العمودي بشكل محدب ، وذلك بكبسه جزئيا ، أما الجزء الآخر المستعرض ، يكون موضع اللحام مقعر .. تتم عملية لحام الجزئين بالتسخين والطرق .. كما تم بالوصلات السابقة .



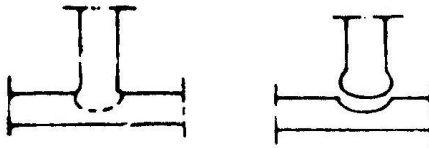
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

شكل 2 - 37

الطرق المختلفة لعمليات اللحام بالطرق

- | | |
|-------------------|-------------------|
| (أ) لحام متقابل . | (ج) لحام خابور . |
| (ب) لحام مائل . | (د) لحام متعامد . |

تذكر أن :

يجب التأكد من درجة حرارة القطعة المراد تشكيلها عند إجراء عملية التشكيل المختلفة بالحدادة ، بحيث تكون درجة حرارتها 900 درجة مئوية ، ويميز لون الحديد بمجرد النظر للخامة ، حيث يكون في هذه الدرجة لونه أحمر فاتح ، أما في حالة اللحام الحدادي فإنه يجري تجميع قطعتين أو أكثر من المعدن لتكون مطروقة واحدة ، وذلك من خلال تسخين المعادن المراد وصلها إلى درجة حرارة الحدادة ، ثم يطرق عليها بعد تجميعها . والشرط الأساسي لنجاح عملية اللحام ، هو تسخين المعادن المطلوب وصلها بدرجة الحرارة المناسبة ، ويجب أن يكون التسخين منتظماً بالتركيز علي المواضع المراد وصلها ، علماً بأن الارتفاع الكبير في درجة الحرارة يؤدي إلى احتراق المعدن .. وبالتالي تلف القطعة المراد تشكيلها .

إرشادات :

- يجب ملاحظة الإرشادات التالية أثناء عملية وصل المعادن باللحام الحدادي بالطرق .. وهي كالآتي :-
1. يجب استخدام الفحم الحجري أو فحم الكوك في عمليات لحام الصلب ، حيث أنهما يحتويان على نسبة منخفضة من الكبريت .
 2. تسخين الأجزاء المراد لحامها مع بعضها البعض إلى درجة الحرارة التي تجعل المعدن في حالة تعجن .
 3. انتظام الحرارة في منطقة اللحام .
 4. عدم تعرض المعدن إلى درجة حرارة عالية أكثر من اللازم ، حيث يؤدي ذلك إلى حرق المعدن وتلف الشغلة .
 5. عدم انخفاض درجة حرارة المعدن عن الدرجة المطلوبة ، حيث يسبب ذلك في عدم لحام الأجزاء مع بعضها البعض .
 6. تأكد من خلو الأسطح المراد لحامها من الغبش أو الشوائب قبل عملية وصلها بالطرق

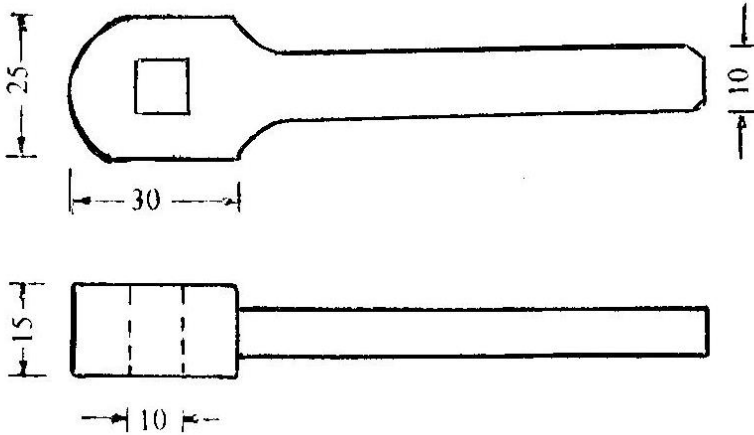
تمريانات

على عمليات تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية

الهدف من هذا الموضوع هو استفادة الطالب بالمعلومات الفنية من خلال التطبيق العملي ، لمسايرة إمكانيات الطالب وقدراته ، على أساس الربط التام بين الجانبين النظري والعملي بأسلوب العلم المتطور . الذي يتضح من خلال تنفيذ العمليات الصناعية المرتبة على هيئة تمرينات متنوعة ومتدرجة في الصعوبة . تهدف هذه التمرينات إلى التدريب والتتفيذ الصحيح من خلال إرشاد الطالب إلى خطوات العمل النموذجية لبعض التمرينات .

التمرين الأول :

من الخامة المعطاة يراد تشكيل مفتاح مربع من الداخل عن طريق الطرق بالحدادة اليدوية وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 2 - 38 .



شكل 2 - 38

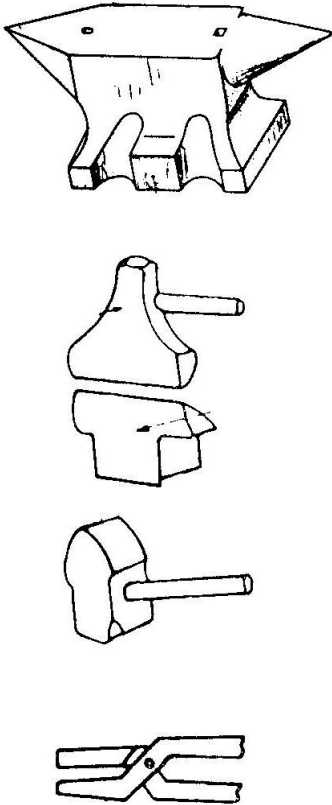
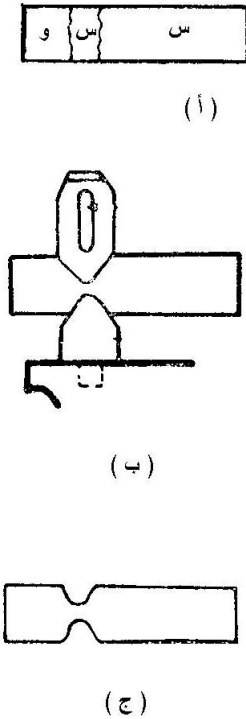
من الخامة المعطاة يشكل التمرين بالشكل والأبعاد الموضحة

خطوات العمل النموذجية لتشكيل التمرين الأول :

1- عملية الخصر :

يوضع التمرين بفرن الكور لتسخينه حتى يصل إلى درجة الاحمرار ، ويتم

مسك التمرين ونقله عن طريق ملقاط مبطط كما هو موضح بشكل 2 - 39 ، وتجري عملية الخصر على الجزء (س) وذلك لتخفيضه قبل إجراء أي عملية من عمليات الحدادة .

الأدوات والمعدات المستخدمة	رسم العملية
	 (أ) (ب) (ج)

شكل 2 - 39

الخطوة الأولى لتشكيل التمرين

(أ) تخطيط المشغولة قبل تخطيطها .

(ب) عملية الخصر للشغلة باستخدام بلص خصر وسندان .

(ج) الشغلة بعد عملية الخصر .

2- عملية السحب :

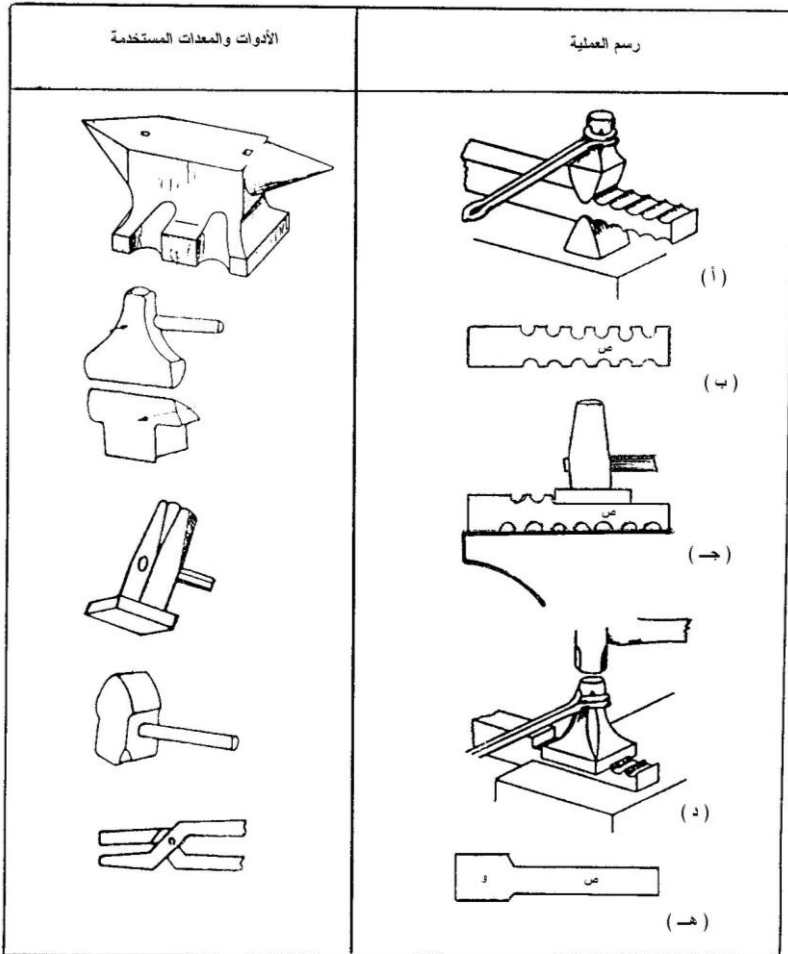
تتم عملية السحب على مرحلتين هما :-

(أ) استمرار عملية الخصر في الجزء (ص) كما هو موضح بشكل 2 - 40

وذلك لتخفيض سمك المعدن في هذا الجزء .

(ب) التسوية على الجزء (ص) كما هو موضح بشكل 2 - 40 (ب) وذلك

لتخفيض السمك وزيادة الطول .



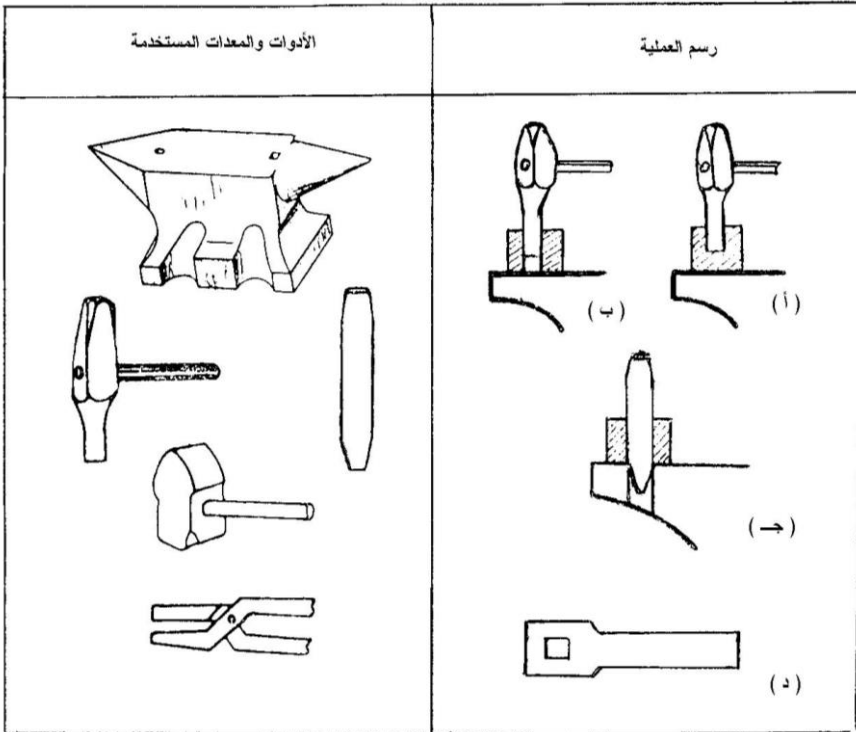
شكل 2 - 40

الخطوة الثانية لتشكيل التمرين

- (أ) استمرار عملية الخصر .
- (ب) المشغولة بعد عملية الخصر .
- (ج) السحب والتسوية .
- (د) استمرار عملية السحب والتسوية .
- (هـ) المشغولة بعد عملية السحب والتسوية .

3- عملية الثقب :

- تجري عملية ثقب التمرين ثقباً مربعاً بالجزء (و) عن طريق استخدام سنبك مربع، ويتم عمل الثقب المربع على ثلاثة مراحل كما هو موضح بشكل 2 - 41 .
- (أ) الثقب بسنبك مربع من وجه التمرين .
 - (ب) عكس وضع التمرين ، والثقب من الجهة الثانية المقابلة للثقب الأول .
 - (ج) تشطيب نهائي للثقب باستخدام ضابط الثقب .



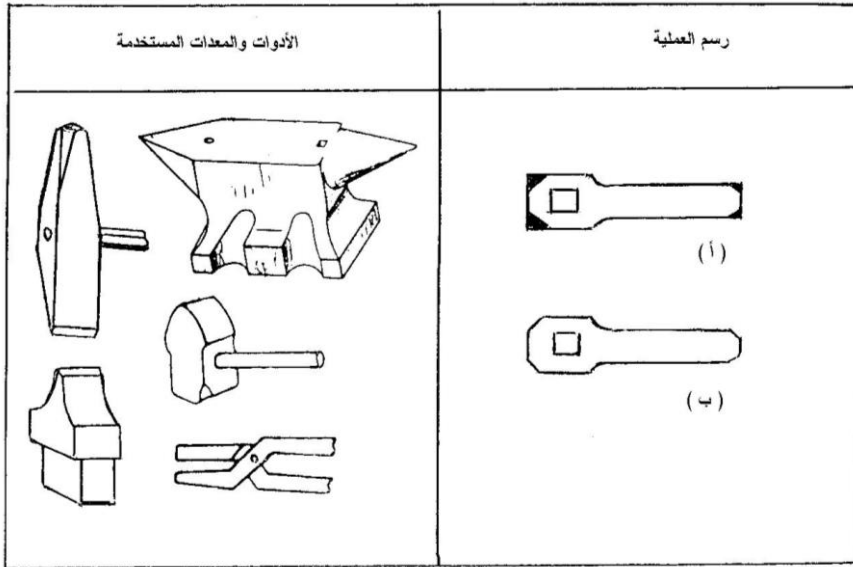
شكل 2 - 41

الخطوة الثالثة لتشكيل التمرين

- (أ) عملية الثقب باستخدام سنك مربع .
 (ب) عكس وضع التمرين ، والثقب باستخدام السنك المربع .
 (ج) تشطيب الثقب باستخدام ضابط ثقب .
 (د) التمرين بعد إجراء عملية الثقب .

4- عملية القطع :

في هذه الخطوة يتم قطع الأجزاء المظلمة ، وهي الأجزاء الزائدة والغير مرغوب فيها كما هو موضح بشكل 2 - 42 .



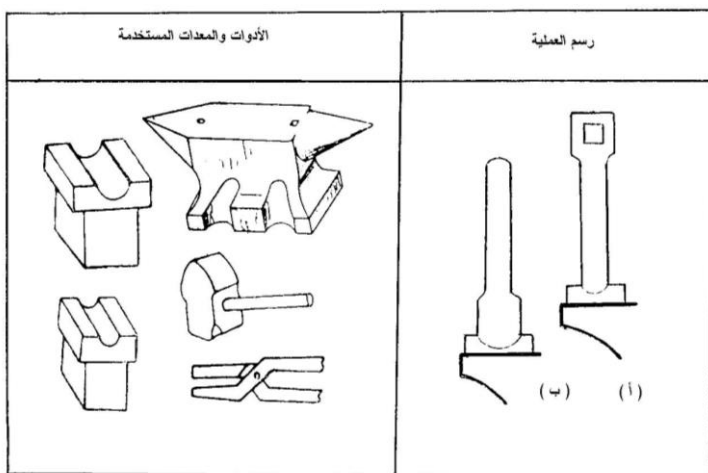
شكل 2 - 42

الخطوة الرابعة لتشكيل التمرين

- (أ) شنكرة التمرين باستدارة الجانبين لإزالة الأجزاء المظلمة .
 (ب) التمرين بعد القطع .. (بعد إزالة الأجزاء الغير مرغوب فيها) .

5- عملية اللف :

تجرى عملية اللف على طرفي التمرين وذلك لاستدارة كلا طرفيه باستخدام قاعدة بلص ملفوف لكل جزء على حدة ، حيث انهما بمقاسين مختلفين شكل 2 - 43.



شكل 2 - 43

الخطوة الخامسة لتشكيل التمرين

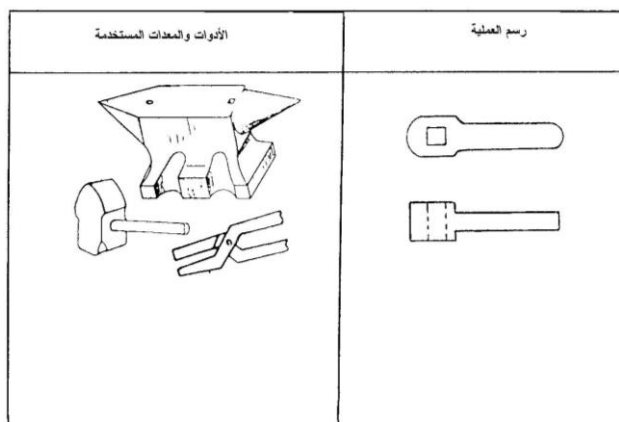
(أ) تدارة التمرين باستخدام بلص ملفوف بمقاس صغير .

(ب) استدارة التمرين من الجانب الثاني باستخدام بلص ملفوف كبير .

6- التشطيب النهائي :

تجرى اللمسات الأخيرة على الأسطح لمعالجة بعض التشوهات الناتجة عن استخدام أدوات الحدادة المختلفة ، وذلك للوصول إلى الشكل بالأبعاد المطلوبة للتمرين

شكل 3 - 44 .

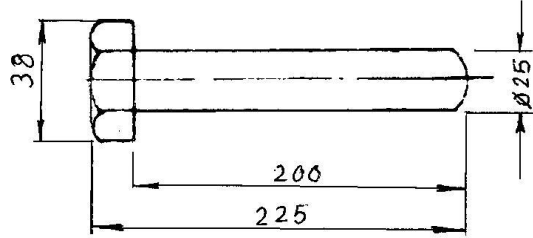


شكل 2 - 44

تشطيب نهائي للتمرين

التمرين الثاني :

من خلال قضيب أسطواني Ø 25 mm يراد تشكيل مسمار برأس مسدس وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 2 - 45 .



شكل 2 - 45

مسمار برأس مسدس

خطوات العمل النموذجية لتشكيل التمرين الثاني :

يتم قطع وتشكيل المسمار المطلوب بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية الموضحة بشكل 2 - 46 .

• الخطوة الأولى :

1. تجهيز قضيب من الصلب بقطر Ø 25 mm .
2. عمل علامة على الطول المطلوب تشكيله وهو 280 mm .
3. تسخين الجزء الموضح به علامة الطول المطلوب تشكيل .
4. قطع الطول المطلوب باستخدام المقطع الساخن .

• الخطوة الثانية :

1. تسخين أحد طرفي القضيب بطول حوالي 90 mm .
2. كبس الجزء الساخن باستخدام مطرقة مناسبة .

• الخطوة الثالثة :

1. تجهيز قالب يحتوي على ثقب بنفس قطر ساق المسمار .
2. يوضع القالب على السندان بحيث يمر ساق المسمار في ثقب القالب ، وفي ثقب السندان .

3. كبس (فلتحة) رأس المسمار باستخدام مطرقة مناسبة .

• الخطوة الرابعة :

1. إخراج ساق المسمار من ثقبى القالب والسندان

2. تهذيب شكل رأس المسمار بحيث يكون شكل الرأس مستدير ، وذلك عن طريق الطرق باستخدام مطرقة مناسبة .

• الخطوة الخامسة :

1. تجهيز بلص بشكل مثلث .

2. وضع رأس المسمار على النصف الأسفل للبلص المسدس ، ويطرق عليه باستخدام مطرقة مناسبة ، حتى الوصول إلى الشكل المسدس لرأس المسمار .

• الخطوة السادسة :

1. تجهيز بلص مسدس علوي ، وقالب بنفس ثقب المسمار .

2. تسخين رأس المسمار .

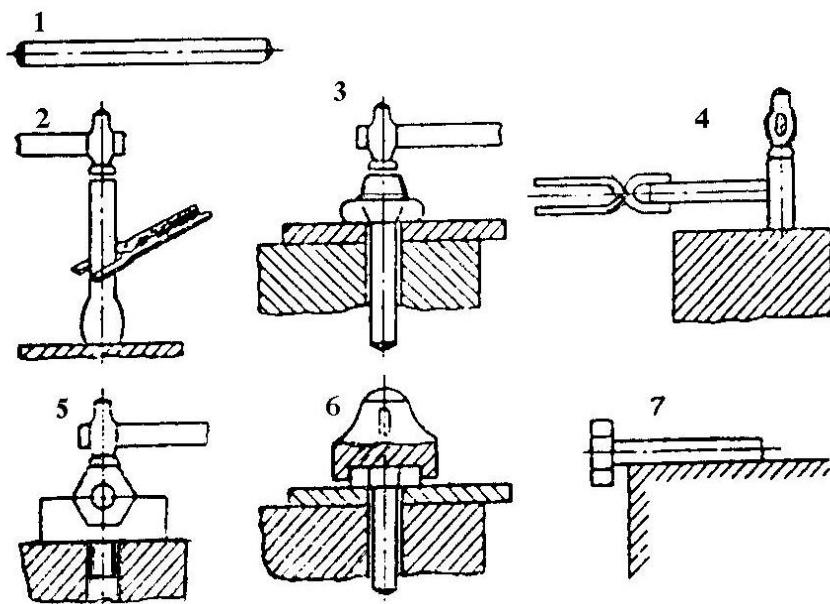
3. يوضع القالب على السندان بحيث يمر ساق المسمار في ثقبى القالب والسندان.

4. يوضع وجه البلص المسدس العلوي على رأس المسمار ويطرق عليه باستخدام مطرقة مناسبة .

• الخطوة السابعة :

1. قياس ساق المسمار ، وفي حالة وجود زيادة في الطول ، يسخن طرف الساق ، ويقطع الطول الزائد الغير مرغوب فيه باستخدام مقطع ساخن .

2. تشطيب نهائي بعمل اللمساة الأخيرة على المسمار من حيث إستبدال الساق وطرفي المسمار .

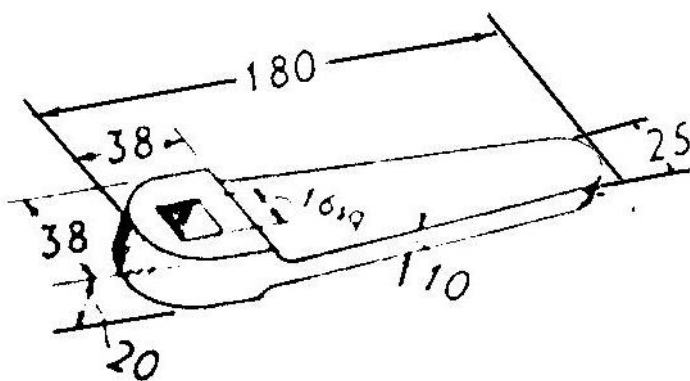


شكل 2 - 46

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل مسمار برأس مسدس

التمرين الثالث :

من الخامة المعطاة يراد تشكيل مفتاح مربع من الداخل وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 2 - 47 .



شكل 2 - 47

مفتاح مربع من الداخل

خطوات العمل النموذجية للتمرين الثالث :

يتم تشكيل المفتاح المطلوب بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية كما هو

موضح بشكل 2 - 48 .

• الخطوة الأولى :

1. تسخين الخامة .
 2. عمل حز على الجانبين المسطحين للخامة باستخدام بلص خصر (بلص محرز) .
- #### • الخطوة الثانية :

1. تجري عملية خصر وسحب للذراع وذلك باستخدام بلص خصر وبلص سحب .
- #### • الخطوة الثالثة :

1. تسوية الذراع باستخدام بلص تسوية .
- #### • الخطوة الرابعة :

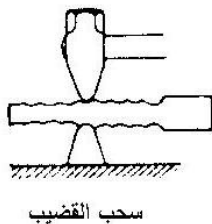
1. تخطيط الذراع بالشكل التقريبي المطلوب .
 2. إزالة الأجزاء الزائدة والغير مرغوب فيها باستخدام مقطع ساخن .
- #### • الخطوة الخامسة :

1. تشكيل طرفي المفتاح بشكل مستدير باستخدام قالبين تشكيل ملفوفان بمقاسين مختلفين .

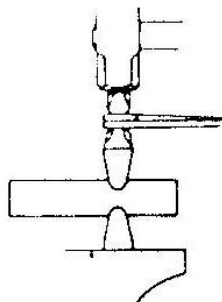
• الخطوة السادسة :

1. النقب باستخدام سنك مربع حتى الوصول بالقياس المطلوب .
- #### • الخطوة السابعة :

1. تشطيب نهائي للتمرين وذلك بتسوية أسطح وجوانب الذراع ، ومراجعة استدارة الأطراف وتهذيبها .

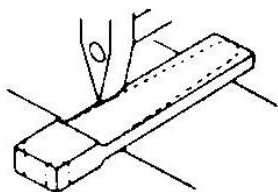


(ب)



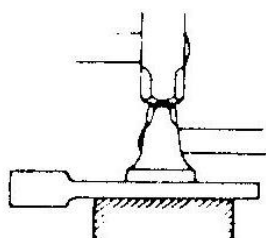
عمل حزات بالجوانب المسطحة

(أ)



أقطع على الخطوط المنقطة

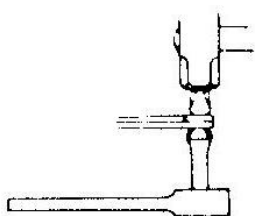
(د)



تسطيح مبدئي للجوانب اللمدة للذراع

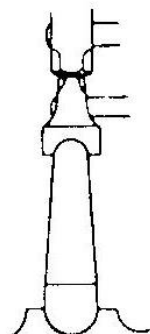
التسطيح النهائي

(ج)



تخريم ثقب

(و)



عمل استدارة النهايات بواسطة قالب التشكيل بالطرق

(هـ)

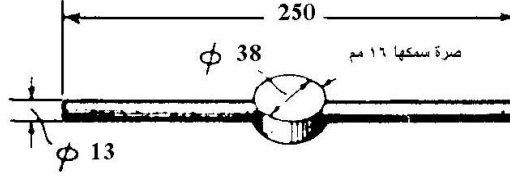
شكل 2 - 48

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل مفتاح مربع من الداخل

التمرين الرابع :

من الخامة المعطاة يراد تشكيل كفة قلاووظ وذلك حسب الشكل والأبعاد

الموضحة بشكل 2 - 49 .



شكل 2 - 49

كفة قلاووظ

خطوات العمل النموذجية للتمرين الرابع :

يتم تشكيل كفة القلاووظ المطلوب تشكيلها باتباع خطوات العمل النموذجية ،

بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية كما هو موضح بشكل 2 - 50 .

• الخطوة الأولى :

1. تخطيط مكان صرة كفة القلاووظ بالخامة .

2. تسخين الخامة .

3. عمل حزوز على مكان التخطيط بسمك أكبر قليلا من قطر ذراعي الكفة .

• الخطوة الثانية :

تجري عملية خصر وسحب مبدئي لذراعي الكفة ، وذلك باستخدام بلص خصر .

• الخطوة الثالثة :

1. تخطيط على الشغلة بشكل تقريبي .

2. إزالة الأجزاء الزائدة عن الحاجة والغير مرغوب فيها باستخدام مقطع ساخن .

• الخطوة الرابعة :

تجري عملية سحب لذراعي الكفة باستخدام بلص سحب ، بحيث يكون شكل مقطع

الذراعين على شكل مربع ، ثم تسطح أركان الزاوية المربعة ليشكل مقطع كل منهما على شكل مثنى .

• الخطوة الخامسة :

إستدارة الصرة باستخدام بلص تشكيل ملفوف بقطر مناسب .

• الخطوة السادسة :

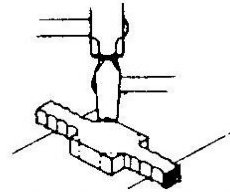
إستدارة ذراعي الكفة باستخدام قالب تشكيل ملفوف بقطر مناسب .

• الخطوة السابعة :

تشطيب نهائي للتمرين .

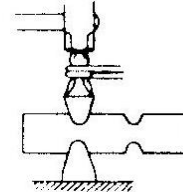
ملاحظة :

من الطبيعي أن يتم تشطيب التمرين على المخرطة (لنشغله بالقطع) ، ثم تنقب الصرة حسب مقاس لقمة القلاووظ المستخدمة .



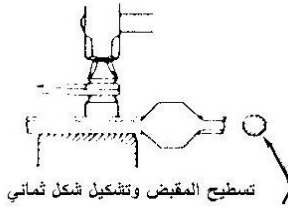
طرق الصرة لتكوين شكل معدني

(ب)



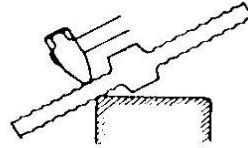
تخريز

(أ)



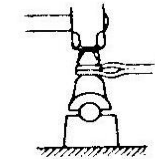
تسطيح المقبض وتشكيل شكل ثماني

(د)



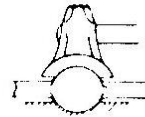
سحب معدني

(ج)



عمل استدارة الأذرع

(و)



عمل استدارة الصرة بواسطة قالب التشكيل بالطرق

(هـ)

شكل 2 - 50

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل كفة قلاووظ

الباب الثالث

الحدادة بالماكينات

Machines Forging

مُهَيِّدٌ

كانت الحدادة اليدوية قبل ظهور الطرق الحديثة للحدادة بالماكينات ، هي أهم وسيلة لتشكيل المعادن الساخنة وتحويلها إلى الأشكال المطلوبة ، حيث لم يعرف أسلوب الإنتاج الكبير في الحدادة إلا في العقود الأولى من القرن العشرين .

ولقد حدثت عدة تطورات وتحسينات في هذه الصناعة ، أدت إلى الارتفاع من مستوى جودتها مع زيادة الكميات المصنعة ، وهو ما يعرف اليوم بأسلوب الإنتاج الكمي ، حيث أُنشِدت المطارق اليدوية (المرزبات) ذات الطاقة المحدودة ، بمطارق أخرى آلية ذات رؤوس أثقل منها بكثير ، وقد صممت هذه المطارق بحيث ترتفع هذه الرؤوس بوسائل مختلفة .. كالوسائل الميكانيكية ، الوسائل البخارية ، أو باستخدام الهواء المضغوط ، وتسقط هذه الرؤوس الثقيلة على المشغولات المراد تشكيلها إما بفعل الجاذبية الأرضية .. (أي تسقط سقوطاً حراً) ، أو بفعل الجاذبية والبخار معا ، وفي هذه الحالة تزداد سرعة سقوطها .

يهدف هذا الأسلوب إلى الاقتصاد في الخامات المراد تشكيلها ، والسرعة في التشكيل ، مع الارتفاع الكبير في الإنتاج ، والانخفاض في التكاليف ، وذلك دون المساس بجودة المنتجات المصنعة .

يناقش هذا الباب تشكيل المعادن بالحدادة باستخدام الماكينات مثل ، المطارق الآلية والمكابس المختلفة المستخدمة في عمليات التشكيل ، ومميزات وعيوب كل منهم على حدة .

ويتناول القوالب المختلفة المستخدمة في عمليات التشكيل (الإسطمبات المفتوحة والمغلقة) ، ومميزات وعيوب كل منهم ، والأوضاع الصحيحة والخاطئة للخامات الساخنة أثناء تشكيلها بالقوالب ، والطرق المختلفة لنزاعها بعد إتمام عملية التشكيل .

كما يتعرض هذا الباب القواعد الأساسية لتصميم قوالب التشكيل ، والعيوب

الشائعة التي قد تظهر في المطروقات ، كما يتضمن المعاملات الحرارية اللازمة والتي تجرى على المشغولات المشكلة بالحدادة .

نبذة تاريخية :

ظهرت بشائر المدنية منذ ثمانية آلاف عام على ضفاف نهر النيل ونهري دجلة والفرات ، حيث بدء سكان هذه الأماكن بزراعة المحاصيل وتربية الحيوانات الأليفة ، واستلزم لذلك بعض الصناعات التي تفي بمتطلباتهم والدفاع عن أنفسهم ضد الحيوان والإنسان ، حيث صنعوا المناجل والفؤوس والمحاريث البدائية ، كما صنعوا السهام والدروع والسيوف ... وغير ذلك .

ومن الطبيعي أنه لم يكن هناك صناعات متطورة ، بل كانت محدودة للغاية والتي كان معظمها يعتمد بالدرجة الأولى على قوة الإنسان ، فمثلا جميع العمليات التي كان يقوم بها الحداد كانت تعتمد على قوة ساعديه .

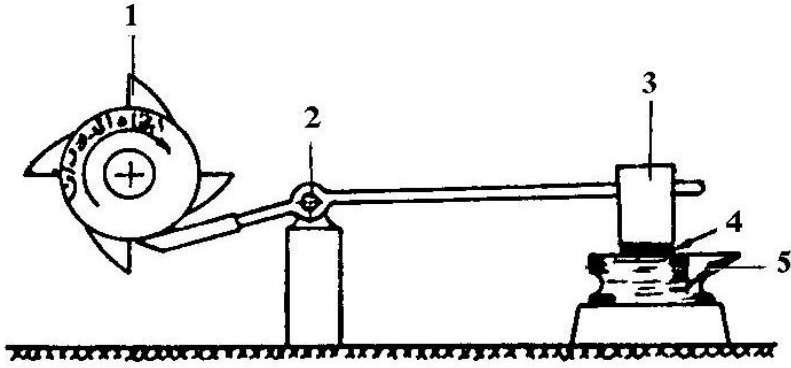
ومع التقدم المستمر والحاجة المتزايدة إلى الأحجام الكبيرة للأجزاء والمشغولات المطلوب تشكيلها ، واستغلال المصادر الطبيعية مثل تساقط المياه ، ثم اكتشاف مصادر توليد الطاقة الحرارية مثل الفحم والبترول الخ ، أدى ذلك إلى التطور التدريجي في الصناعة .

المطرقة ذات العجلة المسننة

Pointed Wheel Hammer

كان تفكير القائمين بالمجال الصناعي علي تطور الصناعة كل في اختصاصه .. الأمر الذي أدى إلى ظهور المطرقة ذات العجلة المسننة الموضحة بشكل 3 - 1 حيث كانت تدار عن طريق قوة تساقط المياه ، وهي عبارة عن قطعة خشب طويلة ، طولها حوالي ثلاثة أمتار ، لها محور ارتكاز ومثبت في إحدى أطرافها كتلة للطرق ، ووضع الطرف الآخر أمام عجلة مسننة ، تضغط أسنان هذه العجلة على طرف اللوح الخشبي أثناء دورانها ، فترتفع كتلة الطرق التي في الطرف الثاني إلى أعلى ، وعند وصول طرف اللوح الخشبي إلى الفراغ الموجود بين الأسنان ، تسقط كتلة الطرق بتأثير ثقلها

على الشغلة المراد تشكيلها والمثبتة على السندان .. بذلك فقد نجح في الحصول على طرقات متتالية بدون الحاجة إلى وجود مساعد لكي يقوم بعمليات الطرق ، حيث استغل أماكن تساقط المياه لدورها ، ثم استخدم الحيوانات كما هو متبع عند تشغيل السواقي ، وكانت تتوقف سرعة طرقات هذه المطرقة على قوة تساقط المياه أو على سرعة الحيوانات التي تديرها .



شكل 3 - 1

المطرقة ذات العجلة المسننة

1. عجلة مسننة .
2. محور إرتكاز .
3. كتلة الطرق .
4. الشغلة .
5. السندان .

عيوب المطرقة ذات العجلة المسننة :

أدى استخدام المطرقة ذات العجلة المسننة إلى ظهور عدة عيوب أهمها الآتي
انخفاض سرعة وعدد الطرقات .

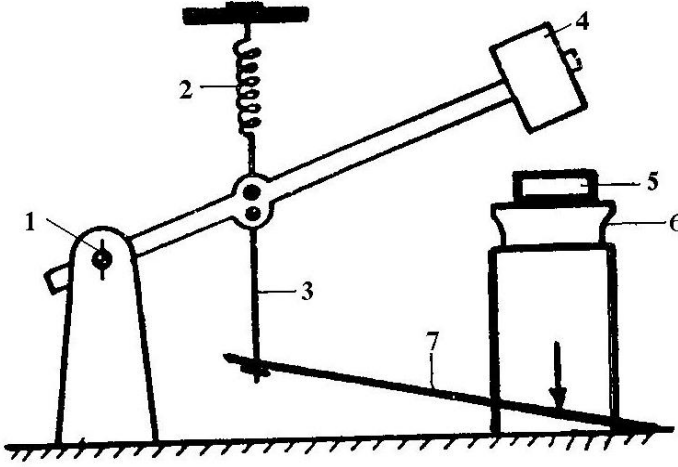
1. كسر اللوح الخشبي .
2. التأثير السيئ للمشغولات وذلك لانخفاض درجة حرارتها الناتج عن تسرب المياه المتساقطة إليها أثناء عملية التشكيل.

تطور المطارق :

للعيوب التي ظهرت على المطرقة ذات العجلة المسننة ، فقد ظهرت مطرقة تدار عن طريق قدم الحداد شكل 3 - 2 وهي عبارة عن ذراع مركب في إحدى نهايته كتلة الطرق ، والنهائية الأخرى مركبة على محور ارتكاز ، مثبت في وسطها نابض لولبي (سوسته أو ياي) يعلق في سقف الورشة ليرفع كتلة الطرق دائما ، وتتصل الدواسة بذراع المطرقة بواسطة وصلة ، ويوضع السندان أسفل كتلة الطرق .

وتعمل هذه المطرقة عند ضغط الحداد بقدمه على الدواسة حيث تسقط كتلة الطرق على الشغلة بتأثير ثقل الطرق والجاذبية الأرضية .. ومن الطبيعي ارتفاع كتلة الطرق بعد رفع قدم الحداد من على الدواسة من خلال تأثير شد النابض اللولبي (شد السوستة أو الياي) .

أدى ظهور هذه المطرقة إلى الاستغناء عن مساعد الحداد (الذي كان يقوم بعملية الطرق) .



شكل 3 - 2

مطرقة تدار بالقدم

1. محور إرتكاز .
2. نابض لولبي شد .. (ياي شد) .
3. وصلة .
4. كتلة الطرق .

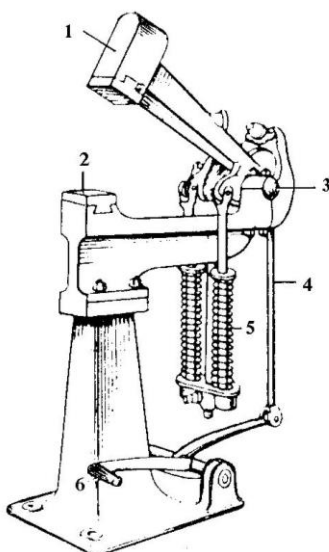
5. الشغلة المراد تشكيلها بالطرق .
6. السندان .
7. دواسة .. (للضغط عليها بقدم الفني بضغوطات مترددة أثناء تشكيل المشغولات) .

مطرقة أوليفر

Oliver Hammer

عندما تكون المشغولات المطلوب أنتجها بأعداد كبيرة ، يتطلب الأمر تشكيل كميات كبيرة من المعدن .. الأمر الذي أدى الفنيين والمهندسين إلى التفكير في تصميم مطرقة آلية أو شبه آلية ، وبالفعل فقد ظهرت مطرقة أوليفر الموضحة بشكل 3 - 3 التي اعتبرت إنها أول مطرقة آلية ، وهي عبارة عن مطرقة كبيرة تدار عن طريق قدم الحداد ، وتعطى نفس الطرقات التي كان يطرقها مساعد الحداد بالمطرقة (المرزبة) .

أدى ظهور مطرقة أوليفر إلى زيادة الإنتاج والاستغناء عن مساعد الحداد أو الطارق .



شكل 3 - 3

مطرقة أوليفر

1. كتلة الطرق .
2. قاعة الطرق .. (السندان) .
3. محور إرتكاز .
4. وصلة .
5. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط) .
6. دواسة .. (للضغط عليها بقدم الفني أثناء تشغيل المشغولات).

وقد استتبطت أنواع متعددة للمطارق التي تعمل عن طريق الطاقة المختلفة والتي استوحيت فكرتها الأساسية من مطرقة أوليفر .

ومن الطبيعي أن المطارق الحديثة لها فوائد عديدة ، الأمر الذي أدى إلى تشكيل المعادن المختلفة بإنتاج كمي وعرضها بأسعار منخفضة مع الاحتفاظ بكفاءة وجودة هذه المنتجات .

تطور صناعة الحدادة :

Development Of Forging Manufacturing

لقد حدث تطور في الصناعة وخاصة في العقود الأولى من القرن العشرين ، حيث أنتقل الإنسان من عصر الإنتاج اليدوي إلى عصر الإنتاج الآلي ، وذلك لغرض الزيادة في الإنتاج والرفع من جودته وكفاءته . وازدهرت الصناعة وتطورت تطور هائل ، وتسابقت الدول الكبرى في صناعة المعدات والأسلحة المدمرة ، والتي سرعان ما تحولت بعد الحرب العالمية الثانية إلى أدوات وأجهزة لخدمة البشرية ورخائها .

ولقد كانت لصناعة الحدادة نصيب من هذا التطور عند ظهور المكابس والمطارق الآلية المختلفة ، والتي كان لها عظيم الأثر في تحويل الأسلوب المتبع بالحدادة اليدوية إلى حدادة آلية ذات إنتاج آلي .. مع استخدام قوالب التشكيل التي ينتج من خلالها مشغولات ذات إنتاج متماثل وذو جودة عالية .. الأمر الذي أدى إلى استبدال الأكوار ذات السعة المحدودة إلى أفران كبيرة ذات سعة ودرجة حرارة عالية علي الرغم من هذا التطور الذي حدث ، إلا أن الحدادة اليدوية مازالت تستخدم حتى الآن في أعمال الصيانة وفي كثير من المنتجات ذات الإنتاج الفردي ، وذلك لأن

هذه الطريقة أقل في التكلفة من صنع قوالب مرتفعة التكاليف لإنتاج بعض القطع ذات الإنتاج المحدود ، أو صنع منتجات في مرحلة التجارب أو في مراحل التصميم الأولى.

وما زالت الدول في تسابق مستمر ، وما يدل على ذلك هو ما نراه اليوم من آلات وأجهزة ذات تحكم أوتوماتي أو تحكم رقمي ... وغير ذلك من تقدم في جميع المجالات الصناعية ، وكان الهدف هو توفير الجهد البشري ، وزيادة حجم الإنتاج وارتفاع مستوى التصنيع .. مع الاقتصاد في التكاليف وخفض زمن التشغيل .

الحدادة بالمكابس والمطارق الآلية

Forging By Presses Power Hammers

تستخدم الحدادة بالمطارق والمكابس الآلية في إنتاج المطروقات ذات الأحجام المتوسطة والكبيرة ، والأوزان المرتفعة والتي تصل وزنها إلى 350 طن .

المشغولات التي تشكل على هذه الأنواع من الماكينات ، لا يمكن تشكيلها بالحدادة اليدوية ، حيث يتطلب لذلك قدرة عالية للتشكيل ، ومن الطبيعي أنه لا يمكن توافر القدرة اللازمة للتشكيل من خلال ضربات المطرقة اليدوية (المرزبة) لإنتاج مشغولات ضخمة ، علاوة على ذلك احتياجها إلى التسخين المتكرر نظراً لطول فترة التشكيل بالحدادة اليدوية .

تتميز المكابس بإزاحتها للمعادن في اتجاهات مختلفة لقوالب التشكيل المغلقة ، كما تتميز المطارق الآلية بطرقاتها القوية السريعة المؤثرة على تشكيل المعادن بالقوالب المسطحة .

ماكينات الحدادة التي تشكل المعادن عن طريق رأس الطرق تسمى بالمطارق الآلية، أما التي تعمل على تشكيل المعادن عن طريق ضغط رأس الطرق تسمى بالمكابس .

تعتبر المنتجات المعدنية المشكلة بالطرق الميكانيكية باستخدام المطارق الآلية والمكابس المختلفة من أفضل منتجات الصناعات الميكانيكية الحديثة .

توجد المطارق الآلية والمكابس بأنواع وأحجام وأشكال مختلفة لتناسب المشغولات ذات الأحجام المتوسطة والكبيرة ، فيما يلي عرض لكل نوع من أنواع المطارق والمكابس على حدة .

المطارق الآلية

Power Hammers

تعتمد عملية تشكيل المعادن الساخنة وإزاحتها في اتجاهات مختلفة بالقوالب المسطحة على الطرقات المتتالية ذات الضغوط العالية المفاجئة، ولهذا الغرض تستخدم المطارق الآلية التي تتميز بطرقاتها ذات القوة والسرعة العالية .
توجد المطارق الآلية بأشكال وأنواع ذات أحجام مختلفة . تنقسم أنواعها بالنسبة لطريقة رفع كتلة الطرق إلى الأنواع الثلاث التالية :-

النوع الأول :

مطارق ترفع كتلة الطرق فيها بالطرق الميكانيكية ، من خلال سقوط رأس المطرقة وتسمى بالمطارق الساقطة ، ومطارق أخرى ترفع فيها رأس الطرق عن طريق نوابض وتسمى بالمطارق ذات النوابض .

النوع الثاني :

مطارق ترفع كتلة الطرق فيها عن طريق الهواء المضغوط وتسمى بالمطارق الهوائية .

النوع الثالث :

مطارق ترفع كتلة الطرق فيها عن طريق البخار وتسمى بالمطارق البخارية .

Hammers Specifications

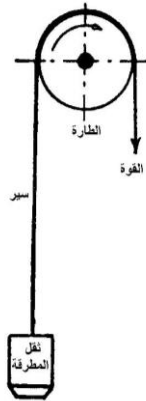
مواصفات المطارق :

يوصف النوع الأول (المطارق الميكانيكية والمطارق ذات النوابض) بوزن الأجزاء الساقطة .. أي وزن كتلة الطرق .

يوصف النوع الثاني والثالث (مطارق الهواء المضغوط والمطارق البخارية) بوزن المكبس وعموده ، حيث يقال مطرقة 10 طن .. هذا يعني أن وزن كتلة الطرق في النوع الأول أو وزن المكبس وعموده في النوع الثاني والثالث يساوي 10 طن .

أساس عمل المطرقة الساقطة :

يمكن التعرف على نظرية عمل المطرقة الساقطة من خلال التجربة البسيطة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 4 حيث يمر حبل حول بكرة مركبة على محور ، وفي إحدى أطراف الحبل يربط ثقل (كتلة معدنية) ، ومن خلال قوة شد باليد إلى أسفل من الطرف الآخر من الحبل ، حيث يرتفع الثقل إلى أعلى بارتفاع معين ، وعند ترك الحبل فأن الثقل يسقط بسرعة إلى أسفل وينتج عنه طرقة قوية أقوى من قوة الشد المبذولة ، وذلك لإضافة الجاذبية الأرضية على وزن الثقل .



شكل 3 - 4

رسم تخطيطي يوضح نظرية عمل المطرقة الساقطة

الحدادة بالمطارق الساقطة

Foring By Drop Hammers

تعتبر العمليات التي تجري من خلال الحدادة اليدوية من العمليات الهامة التي لا يمكن الاستغناء عنها ، ولكنها تكون في بعض الحالات غير مناسبة وخاصة في حالة الإنتاج الكمي .. أي إنتاج كميات كبيرة من الأجزاء المتماثلة بالجملة ، وذلك للارتفاع الكبير في التكاليف وزمن التشكيل ، هذا بالإضافة إلى عدم تجانس وتطابق المشغولات

المنتجة مع بعضها البعض .

وعند طلب تشكيل أي جزء بإنتاج كمي .. أي إنتاج كميات كبيرة بالجملة ، بمواصفات ومقاييس محددة ، وإذا كانت الخواص الميكانيكية المطلوبة لا تتناسب مع خواص المعادن المنتجة بطريقة السباكة .. عندئذ يكون أكثر الطرق ملائمة هي التشكيل باستخدام المطارق الساقطة ، حيث يمكن من خلالها تشكيل وإنتاج معظم أنواع الصلب وبعض أنواع المعادن الغير حديدية .

وللحدادة بالطرق إمكانيات وقدرات مختلفة ، فمثلا المشغولات التي تبلغ وزنها خمسة أطنان ، تحتاج إلى رؤوس مطارق ما بين 10 إلى 15 طن .. وبالرغم من وجود المطارق الضخمة ، إلا أنه في بعض الحالات يفضل طريقة ضغط المشغولات بالمكابس.

تتميز المعادن المشكلة على الساخن باستخدام المطارق الساقطة بالجودة العالية وترتيب البنية البلورية للمنتج ، لذلك فإن المشغولات المشكلة بهذه الطريقة تستخدم بوفرة في جميع الحالات التي تطلب قوة ومقاومة عالية . وعلى سبيل المثال لا الحصر فإنه ينتج بالتشكيل باستخدام المطارق المتساقطة العديد من الأجزاء المستخدمة في السيارات والطائرات وعربات السكك الحديدية والآلات الزراعية وغيرها ، وتصل الكميات المنتجة بهذا الأسلوب إلى عدة ملايين من الأجزاء المتماثلة .

Drop Hammer

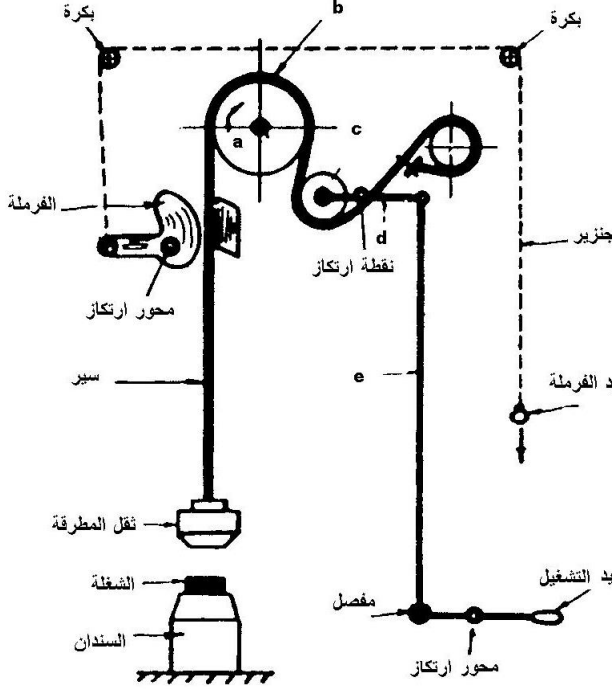
المطرقة الساقطة :

المطرقة الساقطة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 5 تحتوي على البكرة الرئيسية b المتحركة حركة دائرية دائمة في اتجاه عقارب الساعة والمركبة على العمود

عندما يتحرك مقبض التشغيل إلى أسفل ، يؤثر على الوصلة e لتتحرك الرافعة العليا d حول مركزها ، لتتحرك البكرة c وتجذب السير إلى أسفل ، حيث يحدث احتكاك بين السير والبكرة الرئيسية b ، ليتحرك السير حركة دائرية مع البكرة بتأثير هذا الاحتكاك رافعا معه ثقل المطرقة ، وعندما يصل ثقل المطرقة إلى ارتفاع معين ،

يكون الاحتكاك بين السير والبكرة قد تلاشى .. فيسقط ثقل المطرقة إلى أسفل بتأثير وزنه محدث الطريقةوهكذا .

تستمر حركة رفع الثقل والطرق لتشكيل الأجزاء المراد إنتاجها ، ويمكن تثبيت وضع المطرقة في أي ارتفاع من خلال يد فرملة .



شكل 3 - 5

رسم تخطيطي للمطرقة الساقطة

المطرقة الساقطة ذات اللوح :

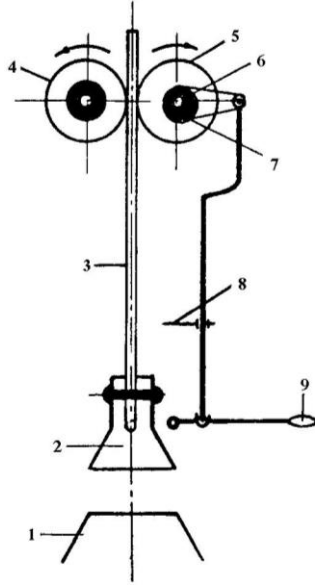
Board Drop Hammer

المطرقة الساقطة ذات اللوح الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 6 ،

سميت بهذا الاسم نظراً لاحتوائها على لوح خشبي ، وضع اللوح في هذه المطرقة بشكل رأسي ، مثبت بطرفه الأسفل رأس المطرقة ، أما الجزء العلوي من اللوح فإنه يركب بين بكرتين يتحركان حركة دائرية في اتجاهين متضادين .

عند تناقص المسافة بين البكرتين الدائرتين .. ينتج عن ذلك احتكاكهما وإنضغاطهما على اللوح الخشبي لاندفاعه إلى أعلى رافعا معه رأس المطرقة ، وعند زيادة المسافة بين البكرتين .. ينعدم احتكاكهما مع اللوح ، فيسقط اللوح والنقل وتحدث الطرقة.

تتوقف قوة الطرقة على وزن رأس الطرق والارتفاع الذي سقطت منه .



شكل 3 - 6

رسم تخطيطي للمطرقة الساقطة ذات اللوح

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1. سندان . | 6. عمود مرفق . |
| 2. ثقل المطرقة . | 7. كرسي محور لا مركزي |
| 3. لوح خشبي . | 8. دليل ضبط المشوار . |
| 4. بكرة . | 9. مقبض تشغيل . |
| 5. بكرة . | |

مميزات منتجات المطارق الساقطة

تتميز المنتجات المشكلة على المطارق الساقطة المختلفة بالآتي :-

1. الحصول على أكبر مقاومة للاجهادات .

2. تخفيض الزيادات في الخامات المخصصة لعمليات التشطيب النهائي إلى أدنى حد.
3. تخفيض عمليات التشطيب النهائي إلى أدنى حد .
4. الاقتصاد في المعدن .
5. التخفيض الكبير في الأيدي العاملة .
6. أقل تكلفة .

Spring Hammer

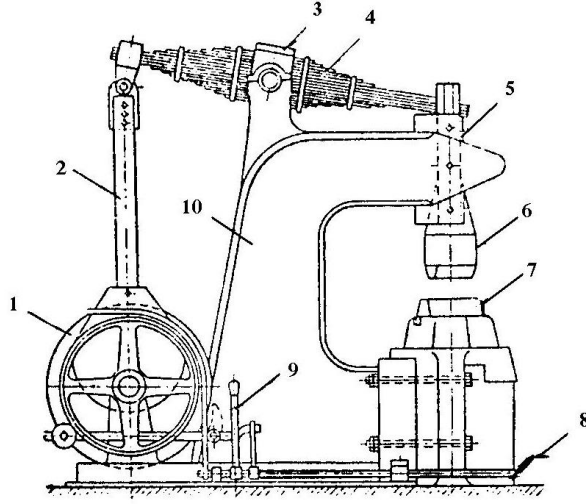
المطرقة ذات النابض :

المطرقة ذات النابض الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 7 هي التي تعمل من خلال الحركة المتأرجحة للنوابض الورقية (اليات أو السوست الورقية) .. لذلك سميت بالمطارق ذات النوابض .

عند دوران عمود المرفق 1 بالحركة الدائرية ، يؤثر على عمود المطرقة الذي يحمل كتلة الطرق 6 ليحركه إلى أعلى وإلى أسفل ، وذلك نتيجة لحركة أوراق الصلب النابضة 4 الحركة المتأرجحة .. الذي يؤدي إلى الطرق المتتالية على المشغولات المراد تشكيلها .

يتراوح وزن كتلة الطرق (الأجزاء الساقطة) من 30 إلى 250 كيلو جرام ، ووزن كتلة النوع الشائع الاستعمال 100 كيلوجرام . وتتراوح سرعة طرقاتها من 30 إلى 400 طريقة في الدقيقة ، والنوع الذي وزن كتلة الطرق فيه 50 كيلو جرام يصل سرعة طرقاته إلى 300 طريقة في الدقيقة .

تستخدم المطرقة ذات النابض في المشغولات ذات الأحجام الصغيرة ، وكذلك المشغولات الرقيقة التي تبرد بسرعة.



شكل 3 - 7

رسم تخطيطي للمطرقة ذات النابض

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| 1. عمود المرفق . | 6. كتلة الطرق . |
| 2. ذراع توصيل | 7. السندان. |
| 3. ور ارتكاز . | 8. دواسة للتحكم في تشغيل المطرقة . |
| 4. وابض ورقية . | 9. فرملة . |
| 5. دليل عمود الطرق . | 10. الهيكل .. (جسم المطرقة) . |

مميزات المطرقة ذات النابض :

تتميز المطرقة النابضة بالميزات التالية :-

1. بساطة التصميم الذي يسمح بتنظيم سرعة وقوة الطرقات .
2. ذات كفاءة أكبر في الإنتاج .
3. أكثر تحمل .
4. سهولة التشغيل والصيانة .
5. انخفاض القوة المحركة التي يحتاج إليها لإدارتها .
6. رخيصة الثمن .

عيوب المطرقة ذات النابض :

1. من أهم عيوب هذا النوع من المطارق هو كسر أوراق الصلب النابضة (أوراق صلب السوستة) نتيجة لتأثرها بالطرقات السريعة أثناء عملية تشكيل المشغولات .
2. الإرتجاجات الناتجة عن الضربات المتتالية والضوضاء الصادرة منها .

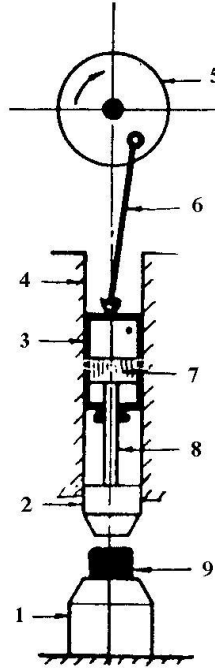
المطرقة الهوائية

Pneumatic Hammer

المطارق الهوائية هي التي تعمل بالهواء ، وتتخلص فكرة رفع ثقل المطرقة في هذه المطارق من خلال نوعين أساسيين هما :-

النوع الأول :

موضح بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 8 . يعتمد على رفع ثقل المطرقة عن طريق خلخلة وتفريغ الهواء من الجزء العلوي للأسطوانة .



شكل 3 - 8

رسم تخطيطي لمطرقة تعمل من خلال تخلخل وتفريغ الهواء

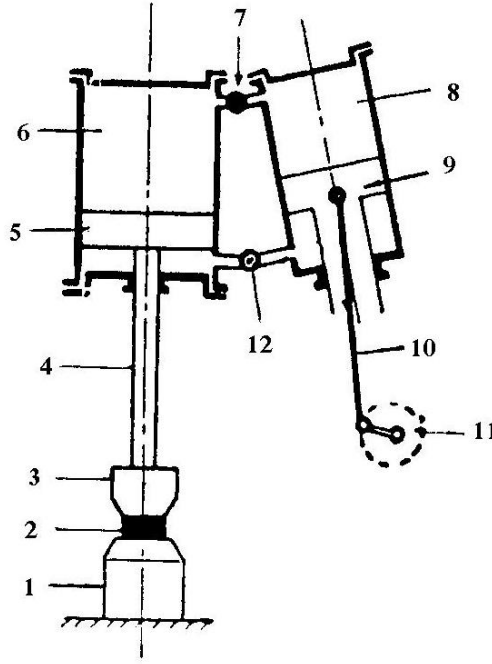
1. السندان .
2. ثقل المطرقة .
3. أسطوانة متحركة حركة رأسية بين دليلين .
4. دليل الأسطوانة مثبت بشكل رأسي .
5. مرفق يأخذ حركته من عمود إدارة .
6. ذراع توصيل ما بين المرفق والأسطوانة .
7. مكبس .
8. عمود المكبس يحمل ثقل المطرقة .
9. الشغلة المطلوب تشكيلها .

تركب الأسطوانة 3 في هذه المطرقة بشكل رأسي ، وتتحرك بين دليلين رأسيين، يتصل بأعلى الأسطوانة 3 ذراع توصيل 6 متصل بالمرفق 5 ، يأخذ حركته من عمود إدارة ، يتحرك داخل الأسطوانة مكبس 7 يتصل عموده بثقل المطرقة 2 . عند تحرك المرفق 5 يرفع ذراع التوصيل 6 الأسطوانة 3 ، وحيث أن المكبس 7 لم يتحرك ، فإن حجم الحيز الموجود بالجزء العلوي للأسطوانة يزيد تدريجياً .. وبالتالي ينخفض ضغطه .

وحيث أن الضغط أسفل الأسطوانة يساوي الضغط الجوي ، فإن فرق الضغطين يدفع المكبس 7 إلى أعلى رافعا معه ثقل المطرقة 2 . وقبل أن يصل المكبس 7 إلى نهاية مشواره ، تكون الأسطوانة 3 قد بدأت في الهبوط عن طريق حركة دوران المرفق 5 ، حيث يقل حجم الحيز بأعلى المكبس .. وبالتالي يزيد ضغطه ، فيندفع المكبس بشدة إلى أسفل ومعه ثقل المطرقة وتحدث الطرقة ، حيث تكون قوة الطرقة تساوي ضغط الهواء داخل الأسطوانة + وزن ثقل المطرقة . ثم تبدأ الأسطوانة 3 في الصعود مرة أخرى ، حيث ينخفض الضغط بأعلى المكبس 7 ويرتفع .. وهكذا تتم عملية رفع عمود المكبس وانخفاضه لتحدث الطرقات المتتالية .

النوع الثاني :

يحتوي النوع الثاني للمطارق الهوائية الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 9 على أسطوانتين ، أحدهما تسمى بأسطوانة الطرق ، حيث يتحرك بداخلها المكبس الذي يحمل ثقل المطرقة ، أما الأسطوانة الأخرى فإنها تعمل كضاغط هواء لتجهيز الهواء المضغوط وهي مركبة خلف أسطوانة المطرقة . يتصلا الأسطوانتين ببعضهما عن طريق صمامين تحكم . ويتحرك كباس الضاغط عن طريق عمود التوصيل الذي يأخذ حركته من المرفق .



شكل 3 - 9

رسم تخطيطي لمطرقة هوائية تعمل بالهواء المضغوط

1. السندان .
2. الشغلة المراد طرقها .
3. ثقل المطرقة .
4. عود المكبس يحمل ثقل المطرقة .
5. المكبس .

6. أسطوانة المطرقة .

7. صمام اتجاهي .. (للتحكم في حركة دخول وخروج الهواء المضغوط) .

8. ضاغط الهواء .

9. مكبس أسطوانة الضاغط .

10. عمود توصيل الضاغط .

11. مرفق .

12. صمام اتجاهي .. (للتحكم في حركة دخول وخروج الهواء المضغوط) .

عند تحرك المرفق 11 الحركة الدائرية .. من الطبيعي أن يتحرك معه عمود التوصيل 10 ليتحرك كباس الضاغط 9 إلى أسفل الأسطوانة 8 ، لينتقل الهواء المضغوط من الضاغط 8 إلى الجزء الأسفل للأسطوانة المطرقة 6 عن طريق صمام اتجاهي* 12 ، حيث يندفع المكبس 5 إلى أعلى بتأثير ضغط الهواء المضغوط أسفل المكبس رافعا معه ثقل المطرقة إلى أعلى .

مع الارتفاع التدريجي للمكبس 5 يفتح الصمام الاتجاهي* 7 لينتقل الهواء من الجزء العلوي للأسطوانة 6 إلى الجزء العلوي للأسطوانة 8 ثم يغلق الصمام عند ارتفاع معين للمكبس 5 .

وعند تحرك الكباس 9 إلى أعلى يدفع الهواء المضغوط في الجزء العلوي من الأسطوانة 6 عن طريق الصمام الاتجاهي* 7 ليتحرك مكبس المطرقة إلى أسفل وذلك بتأثير الهواء المضغوط بالجزء العلوي للأسطوانة 6 بالإضافة إلى ثقل المطرقة 3 .

تعمل الصمامات الاتجاهية بالمطارق الهوائية على التحكم في الآتي :-

1. التحكم في قوة المطرقة عن طريق ضبطها لدخول وخروج الهواء بالقدر المناسب.

2. إمكانية التحكم في تشغيل المطرقة بطرقات منفصلة أو بطرقات متتالية آلياً .

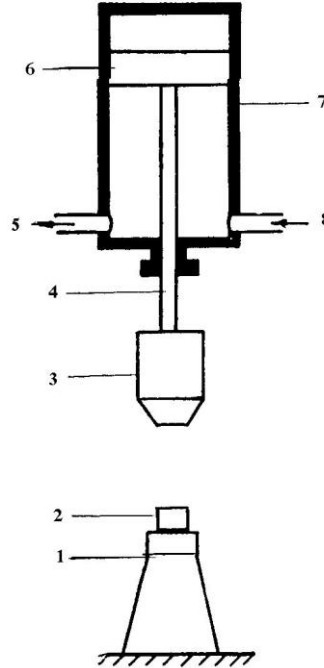
3. التحكم في تثبيت ثقل المطرقة في الوضع العلوي .

* الصمام الاتجاهي 7 ، 12 مصممان بتعدد مساراتهما ، وذلك للتحكم في دخول وتوجيه الهواء المضغوط إلى أكثر من اتجاه .

تتشابه المطرقة البخارية مع الآلة البخارية .. أي أنها لها أسطوانة يتحرك داخلها مكبس لضغط البخار ، ولها فتحتان جانبيتان لدخول وخروج البخار . يعتمد هذا النوع من المطارق على توجيه البخار من أسفل المكبس لرفع المكبس وثقل المطرقة ، وعند تصريف البخار من أسفل .. يسقط ثقل المطرقة والمكبس بتأثير ثقلهما . توجد المطارق البخارية بنوعين أساسيين هما :-

1. النوع الأول :

المطرقة البخارية مفردة التأثير الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 10 . يؤثر فيها البخار على المكبس من ناحية واحدة ، من أسفل المكبس فقط ، وعندما يبلغ المكبس نهاية الأسطوانة يفتح صمام تصريف البخار ليسقط المكبس إلى أسفل بتأثير وزنه بالإضافة إلى وزن كتلة ثقل الطرق والجاذبية الأرضية .

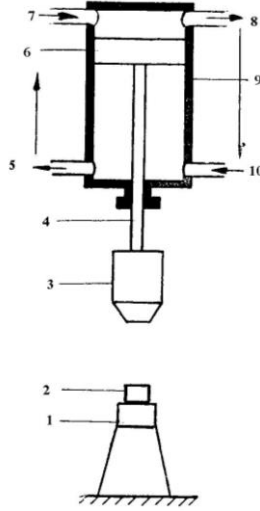


شكل 3 - 10

رسم تخطيطي للمطرقة البخارية مفردة التأثير

1. السندان .
 2. الشغلة المطلوب تشكيلها .
 3. المطرقة .
 4. عمود المكبس ويحمل ثقل المطرقة .
 5. فتحة خروج البخار .
 6. المكبس .
 7. الأسطوانة .
 8. فتحة دخول البخار .
- النوع الثاني :

المطرقة البخارية المزدوجة التأثير الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 11 . يؤثر البخار على المكبس من الناحية السفلي لرفع المكبس الذي يحمل ثقل المطرقة إلى أعلى ، كما يؤثر البخار بدفعه من أعلى سطح المكبس أثناء مشوار السقوط ، ليحدث بذلك طريقة سريعة وقوية وجدا .



شكل 3 - 11

رسم تخطيطي للمطرقة البخارية المزدوجة التأثير

1. السندان .
2. المشغولة المطلوب تشكيلها .
3. المطرقة .
4. عمود المكبس ويحمل ثقل المطرقة .
5. صمام تحكم في خروج البخار .
6. المكبس .
9. الأسطوانة .
10. صمام تحكم في دخول البخار .

7. صمام تحكم في دخول البخار .

8. صمام تحكم في خروج البخار .

المطارق البخارية بصفة عامة يمكن أن تكون فردية أو مزدوجة البدن ، وتعتبر من أفضل المطارق الآلية .

تبلغ عدد الطرقات في المطرقة المزدوجة التأثير إلى حوالي 450 طريقة في الدقيقة، وتتوقف طاقة تشغيلها على وزن السندان وأيضاً وزن ثقل المطرقة .. حيث يأخذ ذلك في الاعتبار عند تصميم المطارق البخارية .

وبصفة عامة يجب أن يكون وزن السندان أكثر من ثمانية أضعاف وزن المطرقة وذراع التوصيل الذي يحمل المطرقة . وعندما يكون المعدن المراد تشكيله صلد جداً كالصلب السبائكي فإن نسبة كبيرة من الطاقة تفقد عند اصطدامها بمعدن الشغلة .. ويفضل في هذه الحالة استخدام مطرقة وسندان بنسبة 1 : 15 حتى تتوافر طاقة تكفي لتشكيل المعدن الصلد .

وزن السندان له أهمية كبرى ، حيث أنه كلما انخفض وزنه ، انخفضت طاقة الطريقة التي يمتصها الجزء المراد تشكيله . وتتناسب الطاقة المفقودة تناسباً عكسياً مع وزن السندان .. مهما كان نوع المعدن المشكل .

مميزات المطارق البخارية :

1. سهولة التشغيل .
2. رخيصة الثمن .
3. يمكن تشغيلها للطرق بطرق مختلفة .
4. يمكن تثبيت ثقل المطرقة في الوضع العلوي .
5. أكبر قوة طرق ، حيث يصل قوة الطريقة الواحدة إلى 0.75 إلى 7 طن وذلك حسب حجم المطرقة .

حساب طاقة الطرق لمطرقة بخارية :

يمكن حساب طاقة الطرق لمطرقة بخارية ، بفرض أن الضغط المتوسط الفعال للبخار على سطح المكبس هو 80 % من ضغط البخار في المواسير .. وذلك من

خلال المعادلات التالية :-

$$\begin{aligned} \text{قوة ضغط البخار} &= \text{مساحة أسطوانة المطرقة} \times \text{الضغط المتوسط للبخار} \\ \text{مجموع القوة الساقطة} &= \text{قوة ضغط البخار} + \text{وزن الثقل الساقط} \\ \text{طاقة الطرق} &= \text{مجموع القوة الساقطة} \times \text{طول المشوار} \end{aligned}$$

مثال :

مطرقة بخارية قوتها 350 كيلو جرام ، وزن الثقل الساقط 420 كيلو جرام ، قطر أسطوانة المطرقة 200 ملليمتر ، طول مشوار عمود الطرق 600 ملليمتر ، والضغط المتوسط للبخار 6 كجم / سم² ، علما بأن كتلة الطرق تستمر في التحرك لمسافة 3 ملليمتر بعد تلقي الطريقة بسبب التغلغل في المعدن المراد تشكيله . أوجد متوسط قوة الطريقة ؟

الحل :

$$\text{قوة ضغط البخار} = \text{مساحة أسطوانة المطرقة} \times \text{الضغط المتوسط للبخار}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} \times p \quad \text{أو} \quad \dots \quad \frac{\text{طق}^2}{4} \times \text{ض}$$

$$1884 = 6 \times \frac{3.14 (20)^2}{4} =$$

$$\text{مجموع القوة الساقطة} = \text{قوة ضغط البخار} + \text{وزن الثقل الساقط}$$

$$1884 + 420 = 2304 \text{ كجم}$$

$$\text{طاقة الطرق} = \text{مجموع القوة الساقطة} \times \text{طول مشوار عمود الطرق}$$

$$2304 \times 60 = 138240 \text{ كجم / سم}$$

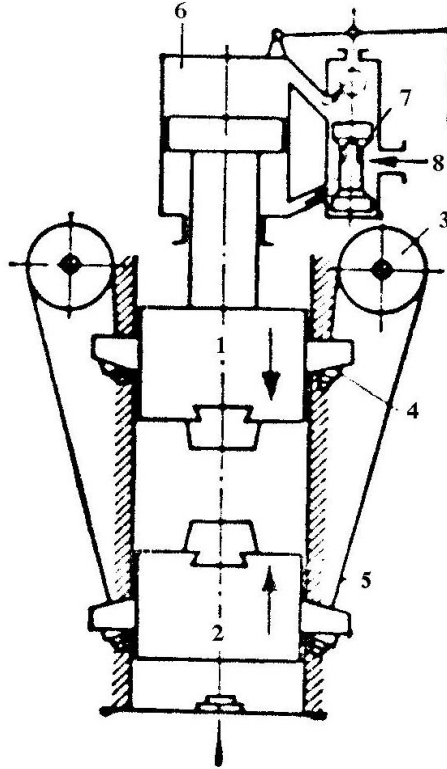
$$\text{متوسط قوة الطريقة} = \frac{138240}{1000} = 138.24 \text{ طن}$$

مطارق الضربة المضادة

Counterblow Hammer

مطارق الضربة المضادة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 3 - 12 ، سميت بهذا الاسم لانحصار القطعة المراد تشكيلها بين رأس الطرق العليا ورأس الطرق السفلي ، وحصولها على طرقات من كلا الجانبين الرأسيين (من أسفل ومن أعلى) .. لذلك تعتبر طريقة كل منهما طريقة مضادة لطريقة الجهة الأخرى ، لذلك فإن هذه المطارق لا تؤثر طاقة الطرق المتولدة منها على الأساسات أو على ما يحيط بها من منشآت .

وهذا هو السبب في عدم حاجتها إلى سندان ذات وزن وكتلة كبيرة ، كما تعتبر أساساتها بسيطة بالمقارنة مع أساسات المطارق الأخرى .



شكل 3 - 12

رسم تخطيطي لمطرقة الضربة المضادة

1. رأس الطرق العليا .
 2. رأس الطرق السفلي .
 3. بكرة .
 4. دليل رفع رأس المطرقة .
 5. جنزير قوي من الصلب .
 6. أسطوانة المطرقة الرئيسية وتعمل بالبخار أو الهواء المضغوط .
 7. صمام اتجاهي للتحكم في اتجاه البخار أو الهواء المضغوط في كلا الاتجاهين الأعلى والأسفل .
 8. اتجاه دخول البخار أو الهواء المضغوط .
- يتحرك الكباس وذراعه الذي يعمل بواسطة البخار أو الهواء المضغوط بتحريك رأس الطرق السفلي والعليا معا ، ولتحريك هذين الرأسين في اتجاهين متضادين يستخدم لذلك جنازير قوية من الصلب ، أو قابض هيدروليكي .
- صمم هذا النوع من المطارق بحيث يرتفع رأس الطرق السفلي في نفس الوقت الذي تهبط فيها رأس الطرق العليا ، حيث يصطدمان ويحصران الجزء المراد تشكيله بينهما في منتصف الطريق بين الوضع الطرفي لكل منهما ، وبهذه الكيفية تستخدم طاقة الطرق بأكملها في عملية الطرق ، ومن الطبيعي أن راس الطرق السفلي لهذه المطرقة تحل محل السندان .
- الحركة الرأسية السفلي المتجهة إلى أعلى ، وحركة الرأس العليا المتجهة إلى أسفل، ليس لهما أي أثر ضار على عملية التشكيل في القوالب المغلقة . في حين أنه لا يمكن إجراء الطرق في القوالب المفتوحة بهذه الطريقة دون حدوث آثار جانبية . يمكن الحصول من المطارق ذات الضربة المضادة على طاقة طرق تصل إلى 80 طن في الطريقة الواحدة .

الباب الرابع
المكابس الميكانيكية والهيدروليكية

مُهَيِّدٌ

كانت الحدادة اليدوية قبل ظهور الطرق الحديثة للحدادة بالماكينات ، هي أهم وسيلة لتشكيل المعادن الساخنة وتحويلها إلى الأشكال المطلوبة ، حيث لم يعرف أسلوب الإنتاج الكبير في الحدادة إلا في العقود الأولى من القرن العشرين.

ولقد حدثت عدة تطورات وتحسينات في هذه الصناعة ، أدت إلى الارتفاع من مستوى جودتها مع زيادة الكميات المصنعة ، وهو ما يعرف اليوم بأسلوب الإنتاج الكمي ، حيث استبدلت المطارق اليدوية (المرزبات) ذات الطاقة المحدودة ، بمطارق أخرى آلية ذات رؤوس أثقل منها بكثير ،

أثبتت التجارب أن الطرقات السريعة القوية الناتجة من المطارق الساقطة ، تؤثر فقط على السطح الخارجي للخامة المطلوب تشكيلها ، في حين أن الضغط المستمر الناتج عن استخدام المكابس لا يحدث صدمات متتالية ، بل يكون الضغط ثابتاً ومستمراً لأوقات طويلة ، وبذلك يكون الضغط واقعاً داخل الخامة المراد تشكيلها ، مما يجعل إنسيابها مستمر، لذلك استخدمت المكابس في عمليات تشكيل المعادن المتعجنة لاعتمادها على حركة المعدن الكبيرة في قوالب التشكيل ، حيث أن الضغط الواقع على المكبس يكون بشكل منتظم لفترة طويلة الأمر الذي يؤدي إلى إنسياب المعدن في فراغ القالب (الاسطمية) بصورة متجانسة.

سنناول هذا الباب المكابس الميكانيكية والهيدروليكية ومميزات وعيوب كل من مع عرض الأمثلة المحلولة التي تساعد الطالب على التدرج في الفهم وتحصيل المعلومات.

المكبس

Presser

أثبتت التجارب أن الطرقات السريعة القوية الناتجة من المطارق الساقطة ، تؤثر فقط على السطح الخارجي للخامة المطلوب تشكيلها ، في حين أن الضغط المستمر الناتج عن استخدام المكابس لا يحدث صدمات متتالية ، بل يكون الضغط ثابتاً ومستمراً لأوقات طويلة ، وبذلك يكون الضغط واقعاً داخل الخامة المراد تشكيلها ، مما يجعل انسيابها مستمر.

كما أنه يفضل استخدام المكابس في عمليات تشكيل المعادن المتعجنة لاعتمادها على حركة المعدن الكبيرة في قوالب التشكيل ، حيث أن الضغط الواقع على المكبس يكون بشكل منتظم لفترة طويلة الأمر الذي يؤدي إلى إنسياب المعدن في فراغ القالب (الاسطمية) بصورة متجانسة .

ومن البديهي أن الجهد المبذول في عملية الكبس أقل من الجهد الناتج عن عملية الطرق ، ومن جهة أخرى فإن تكاليف عمل الأساسات الأرضية للمكبس أقل بكثير من تكاليف عمل أساسات المطارق نظراً لعدم وجود اهتزازات أثناء عملية التشكيل .

مميزات المكابس :

تتميز المكابس بصفة عامة عن المطارق الآلية في الآتي :-

1. تعجن الخامات المطلوب تشكيلها تماماً ، كما تكثف بنيتها بصورة متجانسة .
2. عدم وجود ضوضاء أثناء تشغيلها .
3. لا تحدث أي اهتزازات .

Types Of Presses

أنواع المكابس :

تقوم المكابس بتوليد القوى الكبيرة ، وتختلف أنواع المكابس باختلاف نوع الآلية المستخدمة في حركة صادم المكبس إلى أعلى وإلى أسفل ، ويمكن تقسيم المكابس من حيث نوع الآلية المستخدمة إلى نوعين أساسيين هما :-

1. مكابس ميكانيكية :

يتحرك صادم المكبس بها عن طريق الوسائل التالية :-

(أ) أعمدة مقلوطة تدور داخل صواميل ثابتة .

(ب) أعمدة مرفقيه .

(ج) روافع مفصلية .

2. مكابس هيدروليكية :

يتحرك صادم المكبس بها عن طريق استخدام الوسائل المضغوطة .. فيما يلي

عرض لأكثر أنواع المكابس انتشارا .

Screw Presses

مكابس الأعمدة المقلوطة :

المكابس ذات الأعمدة المقلوطة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 - 1

سمى أيضا بالمكابس الاحتكاكية نظرا لوجود أقراص احتكاكية وهي الآلية الرئيسية في

نقل الحركة إلى عمود القلاووظ ، ومن الطبيعي أن يتحرك عمود القلاووظ الحركة

الدائرية بداخل صامولة ثابتة .

وعادة يكون عمود القلاووظ المستخدم في هذا المكبس من ثلاثة أبواب .. وذلك

لزيادة سرعة حركته إلى أسفل وإلى أعلى .

يقوم المحرك الكهربائي بنقل الحركة إلى البكرة (الطارة) 2 عن طريق

مجموعة سيور إسفينية (سيور على شكل حرف v) لدوران الأقراص الاحتكاكية

القائدة 3 المثبتة على العمود القائد 1 ، لنقل الحركة إلى عمود القلاووظ 5 عن طريق

القرص الاحتكاكي المنقاد 8 ليتحرك الصادم 7 إلى أسفل ، كما تنعكس الحركة

بارتفاع الصادم إلى أعلى عن طريق حركة روافع التعشيق ليتحرك العمود القائد 1

نحو اليسار لدوران القرص المنقاد 8 باتجاه عكسي .

يثبت بالنهاية السفلية للعمود الصادم أربعة قوائم دليلية 6 لتوجيه عمود الصادم

توجيها دقيقا .

تتميز الأجزاء الرئيسية لهذا المكبس بالمتانة بصفة خاصة ، وبذلك تتلقى

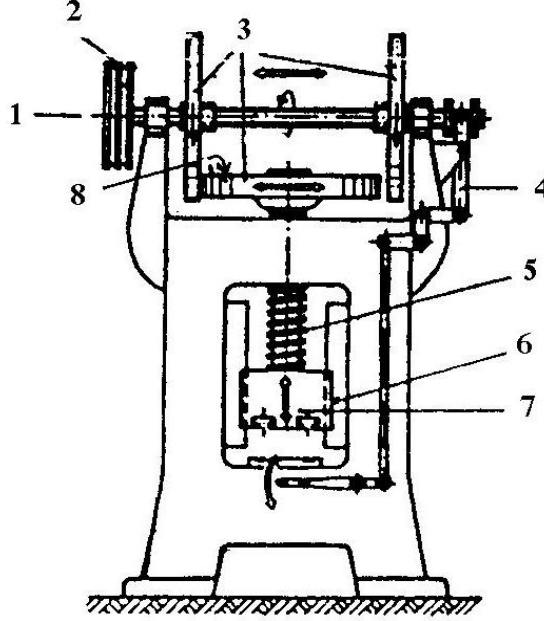
الأحمال الصدمية بأمان .

يستخدم هذا النوع من المكابس على نطاق واسع في إنتاج مختلف المطروقات

الصغيرة ، وهو من الأنواع الشائعة الاستخدام .

تصل قوة هذا المكبس إلى ما بين 80 إلى 400 طن .. علما بأن بعض مكابس

هذا النوع يصل قوتها إلى 2000 طن .



شكل 4 - 1

رسم تخطيطي لمكبس العمود المقلوظ

1. العمود القائد .
2. بكرة (طارة) إسفينية .
3. الأقراص الاحتكاكية القائدة .
4. روافع عكس الحركة .
5. عمود قلاووظ .
6. دليل الصادم .
7. صادم المكبس .
8. القرص الاحتكاكي المنقاد .

مميزات مكابس الأعمدة المقلوظة :

1. تصميم بسيط .

2. دوران الأقراص الاحتكاكية دورانا هادئا .. (بدون ضجيج تقريبا) .
3. لا تحتاج إلى وسيط شد كما هو الحال بمجموعات نقل الحركة بالسيور أو الجنازير .
4. إمكانية نقل القدرة الاحتكاكية للأحمال المختلفة .
5. إمكانية تغيير سرعة الآلة أثناء التحميل بحمل كامل .. (تغيير السرعة تغييرا لا تدريجيا) .
6. عدم وجود صدمات .
7. صيانة قليلة .
8. كفاءة وجودة عالية .

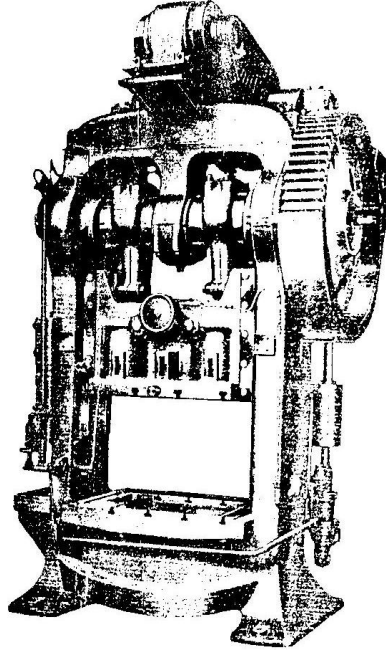
عيوب مكابس الأعمدة المقلوبة :

1. انخفاض القدرة المنقولة بسبب الانزلاق الطفيف بين الأقراص الاحتكاكية .
2. نقل القدرة المحدودة .
3. استخدام محامل ثقيلة بسبب قوى الضغط الكبيرة .

المكابس المرفقية

Crank Presses

المكبس المرفقي الموضح بشكل 4 - 2 يحتوي على عمود مرفق بركبتين يحركان ذراعين متصلين بالمكبس الذي يتحرك بين دليلين . يستخدم هذا النوع من المكابس لقوالب (اسطوانات) ذات مجاري ، حيث يثبت النصف الأعلى للقالب في المكابس ويثبت النصف الأسفل في القاعدة ، كما يحكم تثبيت القالب بمسامير قلاووظ . صممت القوالب هذا المكبس بحيث يمكن تركيبها ونزعها بطريقة سريعة .



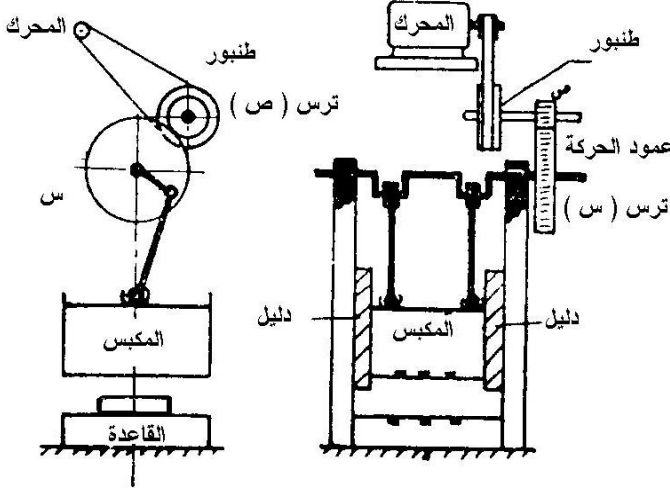
شكل 4 - 2

المكبس المرفقي

تنتقل الحركة بالمكبس المرفقي الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 - 3 من المحرك الكهربائي المثبت على قاعدة بأعلى المكبس إلى البكرة الكبيرة (الطنبور) إلى الترس الصغير ص ، إلى الترس الكبير س المثبت على عمود المرفق ، حيث تتحول الحركة الدائرية من الترس س إلى حركة مستقيمة مترددة إلى أعلى وإلى أسفل لذراعي المرفق اللذان يحملان المكبس .

السبب في عدم تركيب المحرك الكهربائي على عمود الحركة مباشرة (عمود المرفق) ، وانتقال الحركة من المحرك الكهربائي من خلال بكرة صغيرة ثم بكرة كبيرة، ومن ترس صغير إلى ترس كبير .. هو تخفيض السرعة مع ارتفاع القدرة . تستخدم المكابس المرفقية للمكبس على الساخن على نطاق واسع في عملية الإنتاج بالحدادة ، وتعتبر هذه الأنواع أكثر تطوراً من المطارق .

تجهز المكابس المرفقية للمكبس على الساخن بإنتاجية عالية ، وتصل قوتها إلى ما بين 200 إلى 10000 طن .



شكل 3 - 4

رسم تخطيطي للمكبس المرفقي

مميزات المكابس المرفقية :

1. تصميم بسيط .
2. قوة كبس عالية .
3. الاقتصاد في المعادن المشكلة .. وبالتالي انخفاض تكاليف منتجاتها .
4. إنتاجية عالية .
5. صيانة قليلة .
6. كفاءة وجودة عالية .

المكابس الهيدروليكية

Hydraulic Presses

هي التي تعمل بالسوائل ، والسوائل المستخدمة في الأجهزة الهيدروليكية بصفة عامة هي الزيوت الخاصة والماء .

قبل مناقشة هذا الموضوع (المكابس الهيدروليكية) .. نسلط الضوء على كلمة هيدروليكية .

كلمة هيدرو : مأخوذة من الإغريق ومعناها ماء .

الهيدروليكا :

تعني السوائل المتحركة المضغوطة ، والتي لا يقل حجمها بالضغط ، لذلك فإن الزيوت الهيدروليكية تستخدم في أجهزة نقل الحركة لنقل القدرات ولإنتاج قوى كبيرة جدا ، كما تستخدم في أغراض التحكم بالآلات والماكينات الدقيقة الحديثة .

قوة ضغط المكابس الهيدروليكية :

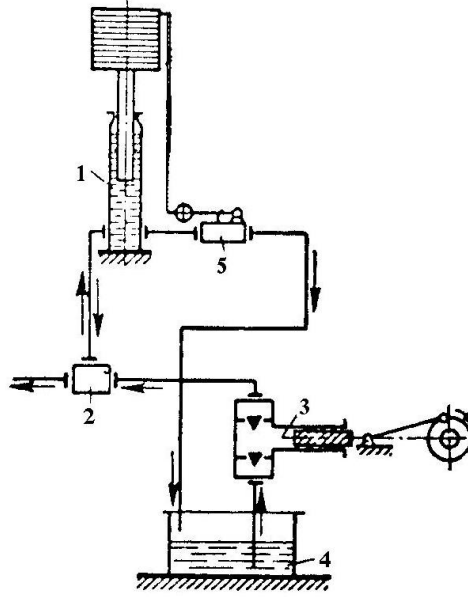
يشكل المعدن بهذه المكابس عن طريق الضغط ، ويستخدم الزيت أو الماء تحت ضغط يساوي 300 كجم / سم² لتحريك مكبس أسطوانة لإحداث الضغط المطلوب على الخامة المراد تشكيلها .

يمكن أن يصل الضغط على الخامة من 300 إلى 15000 طن .. وذلك حسب حجم الجزء المراد تشكيله ، ونوع المكبس المستخدم .

مكابس الحدادة الهيدروليكية

Hydraulic Forging Presses

تولد القدرة اللازمة للضغط بهذه المكابس عن طريق ضغط السوائل المستخدمة ، حيث تعمل على عصر المطروقات الساخنة عن طريق رؤوس كبس .
المضخة الهيدروليكية الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 - 4 تبين كيفية توليد الضغط اللازم بالماء وحفظه جاهز للاستخدام .



شكل 4 - 4

رسم تخطيطي لمضخة هيدروليكية (جهاز تغذية هيدروليكي)

1. خزان الماء المضغوط .

2. موزع .

3. مضخة هيدروليكية ترددية .

4. وعاء ماء مكشوف .

5. صمام أمان

المضخة الهيدروليكية* الترددية 3 هي مضخة ذات ضغط عالي ، تضخ الماء باستمرار من الوعاء المكشوف 4 إلى الموزع 2 بضغط يتراوح ما بين 200 إلى 350 كجم / سم² ، ويوصل خط الأنابيب الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 - 17 الماء إلى المكبس الهيدروليكي . وفي أثناء فترة عدم التشغيل ، يتجمع الماء المضغوط في الخزان 1 الذي يعرف بالجمع الهيدروليكي ، حيث يندفع الماء أثناء تدفقه إلى هذا الخزان عن طريق كباس محمل بثقل إلى أعلى تدريجياً ، وعندما يصل الكباس إلى أعلى موضع له، يفتح صمام الأمان 5 ، حيث يعود الماء المضغوط إلى الوعاء المفتوح 4 .

وعند فتح ماسورة تغذية المكبس شكل 4 - 5 يندفع ماء الضغط ليتجمع في الأسطوانة الرئيسية 1 ، حيث يضغط على كل سنتيمتر مربع من الجزء العلوي من الكباس الكبير بضغط يساوي الضغط المتولد في المضخة والمسلط في المجمع الهيدروليكي .

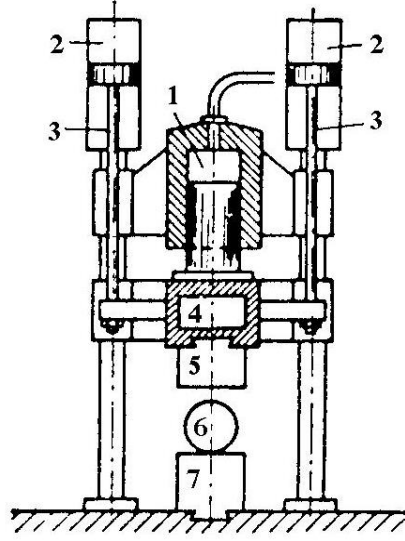
ولما كانت مساحة المقطع المستعرض لهذا الكباس كبيرة ، لذلك فإن رأس الكباس يندفع إلى أسفل بقوة ضغط عالية على الخامة المراد تشكيلها 6 المثبتة على السندان المثبت عليه الجزء الأسفل للقالب 7 .

يعود رأس الكباس 4 بعد كل مشوار ضغط إلى وضعه الأصلي عن طريق الأسطوانتين 2 وذراعي الكباس 3 ، ولتأدية حركة الرجوع السريع للكباس ، يسلط على هذين الكباسين كمية كبيرة من الماء تحت ضغط .

* المضخة الهيدروليكية :

تعمل المضخة الهيدروليكية المدارة بواسطة محرك كهربائي على سحب (الماء أو الزيت) من خلال توصيلات إلى أسطوانة التشغيل لبذل شغل يمكن الاستفادة به .. أي أن المضخة الهيدروليكية تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة هيدروليكية .

توجد أنواع مختلفة للمضخات الهيدروليكية التي يعرف كل منها من خلال عنصر الضخ مثل المضخة الترسية ، المضخة ذات الريش ، المضخة الترددية ، والمضخة الترددية ذات الأسطوانات القابلة للإمالة .



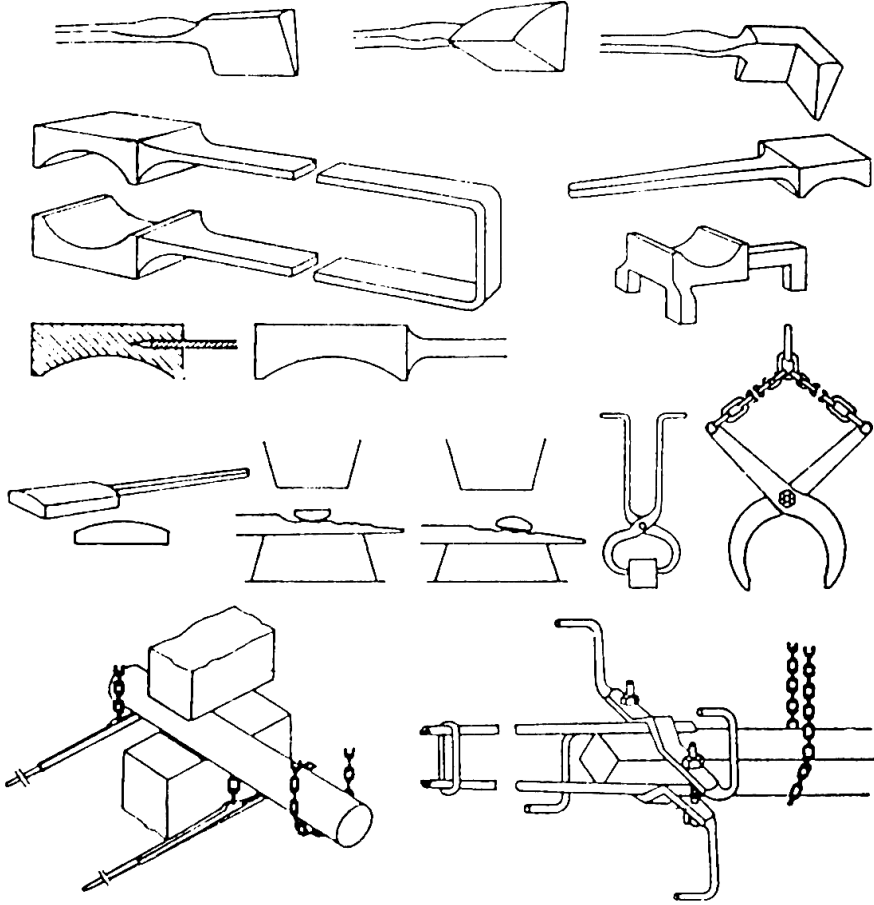
شكل 4 - 5

رسم تخطيطي لمكبس هيدروليكي

1. الأسطوانة الرئيسية .
2. اسطوانات رفع المكبس .
3. ذراعي اسطوانات رفع المكبس .
4. رأس المكبس .. يثبت به الجزء العلوي للقالب .
5. الجزء العلوي للقالب .. الاسطوانة .
6. الخامة المطلوب تشكيلها .
7. الجزء الأسفل للقالب .. يثبت بالسندان .

تستخدم المكابس الهيدروليكية في إنتاج مطروقات قوالب التشكيل (الاسطوانات) الكبيرة ، ولاستكمال تشكيل المطروقات الضخمة ، كما تستخدم في كبس وتشكيل المشغولات ذات الأحجام والأوزان الكبيرة والتي يصل وزن الواحدة منها إلى 240 طن ، ويصل ضغط المكابس الهيدروليكية الحديثة المستعملة للطرق الحر من 500 إلى 10000 طن ، وضغط المكابس المستعملة للكبس في القوالب إلى 20000 طن . تستخدم الأوناش أو البكرة الدوارة أو تجهيزات مناولة المطروقات ، وذلك عند تثبيت أو تدوير أو رفع المشغولات الضخمة .

تجري عمليات الحدادة للأجزاء ذات الأحجام المتوسطة والكبيرة على المطارق الآلية والمكابس المختلفة ، وذلك باستعمال العدد والأدوات الموضحة بشكل 4 - 6 .



شكل 4 - 6

بعض العدد والأدوات المستخدمة في المكابس والمطارق الآلية

مميزات المكابس الهيدروليكية :

تتميز المكابس الهيدروليكية بالصفات التالية :-

1. إنتاج قوة كبيرة .
2. استخدام وسائل وتجهيزات بسيطة نسبياً .
3. عدم حدوث أي اهتزازات أو ذبذبات أثناء عملية الكبس .

4. سهولة التحكم في نقل القوة المطلوبة في عملية الكبس .

5. يعمل من خلال مقبض واحد .

6. الطمأنينة أثناء تشغيله وذلك لوجود صمامات أمان .

عيوب المكابس الهيدروليكية :

على الرغم من كثرة مميزات المكابس الهيدروليكية ، إلا أن هناك بعض

العيوب البسيطة والتي يجب التعرف عليها وهي كالآتي :-

1. ارتفاع درجة حرارة الزيت مع تغير لزوجته أثناء مروره في القنوات الضيقة ،

الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف أدائه نتيجة لذلك .

2. تغير خواص الزيت مع طول الاستعمال .

3. ضرورة وجود تفاوتات صغيرة جداً للأجزاء المتحركة لتلافي تسرب الزيت ..

مما يؤدي إلى ارتفاع ثمنها .

Propertyes Of Hydraulic Oils

خواص الزيوت الهيدروليكية :

يجب أن تكون الزيوت المستخدمة في المكابس أو التجهيزات الهيدروليكية

المختلفة مطابقة للمواصفات القياسية الدولية .. أي بالخواص التالية :-

1. الاحتفاظ بلزوجة مناسبة وثابتة زمناً طويلاً .

2. الاحتفاظ بسيولته عند درجات الحرارة المنخفضة .

3. لا يكون رواسب صمغية .

4. لا يحتوي على أحماض .

5. يقاوم درجات الحرارة العالية .

6. صامد للضغط ، كما يقوم بتزليق الأسطح المنزلقة .

7. مقاوم للصدأ .

8. لا يتجزأ .

9. لا يشتعل بسهولة .

إرشادات عند العمل على ماكينات الحدادة :

عند تشغيل ماكينات الحدادة (المطارق الآلية والمكابس المختلفة) يجب مراعاة الإرشادات التالية :-

1. التأكد من تسخين الخامة المراد تشكيلها بدرجة الحرارة المناسبة لطرقها قبل البدء في عملية التشكيل .
2. مطابقة أبعاد جزئي قالب التشكيل (العلوي والسفلي) مع بعضهما البعض .
3. وضع الكتلة المراد تشكيلها على السندان بحيث تكون بوضع يسمح بطرقها بشكل آمن .
4. وضع كتلة المعدن المراد تشكيلها على الجزء الأسفل لقالب التشكيل بالوضع الصحيح ، حيث أن وضع الخامة الصحيح بقالب التشكيل يحدد مدى نجاح عملية التشكيل .
5. تطابق سطح رأس الطرق مع قالب التشكيل تطابق كامل أثناء الطرق .
6. العمل غلي مطرقة تتناسب قوة طرقاتها مع حجم الكتلة المراد تشكيلها .
7. عند العمل على المكابس .. يراعى أن تكون بداية التشغيل بطيئة .

الباب الخامس

قوالب التشكيل (الإسطمبات)

Moulds Forming

مَهْد

تشكل المعادن المختلفة عن طريق أدوات تشكيل خاصة تسمى بقوالب التشكيل (الاسطوانات) . يتكون عادة القالب أو الإسطمة الواحدة من جزئين هما القاعدة والوجه ، يشكل سطحي انطباق جزئي القالب بتجويف ، يختلف شكل هذا التجويف من قالب إلى آخر .

توجد القوالب بتجويفات بأشكال مختلفة ومتعددة ، يسمى كل قالب باسم شكل التجويف الموجود به . يتم اختيار شكل القالب المناسب لشكل المنتج المراد تشكيله . يتكلف إنتاج قوالب التشكيل (الاسطوانات) مبالغ باهظة ، إلا أن القدرة الإنتاجية منها مرتفعة ومشغولاتها تميز بدقة الأبعاد وجودة الأسطح ، هذا بالإضافة إلى تخفيض المعدن المستخدم في عملية التشكيل إلى أدنى حد ممكن .. بالمقارنة بالمنتجات المنتجة بالسباكة ، وكذلك الحصول على منتجات معقدة لا يمكن الحصول عليها بالحدادة اليدوية عن طريق الطرق الحر .

هذا يعني أن التشكيل باستخدام القوالب (الاسطوانات) هو تحسين لعملية الحدادة اليدوية . صممت قوالب التشكيل المختلفة الأشكال والأحجام لتشكيل المعادن على الساخن على مرحلة واحدة أي باستخدام قالب واحد ، أو على عدة مراحل . تتميز قوالب التشكيل بمميزات متعددة أهمها هو الإنتاج الكمي للمشغولات بدرجة عالية من الدقة في زمن قصير .

قوالب التشكيل (الإسطمبات)

MOULDS FORMING

تشكل المعادن المختلفة عن طريق أدوات تشكيل خاصة تسمى بقوالب التشكيل (الاسطمبات) ، يتكون عادة القالب أو الإسطمبة الواحدة من جزئين هما القاعدة والوجه ، يشكل سطحي انطباق جزئي القالب بتجويف ، يختلف شكل هذا التجويف من قالب إلى آخر .

توجد القوالب بتجويفات بأشكال مختلفة ومتعددة ، يسمى كل قالب باسم شكل التجويف الموجود به . يتم اختيار شكل القالب المناسب لشكل المنتج المراد تشكيله .

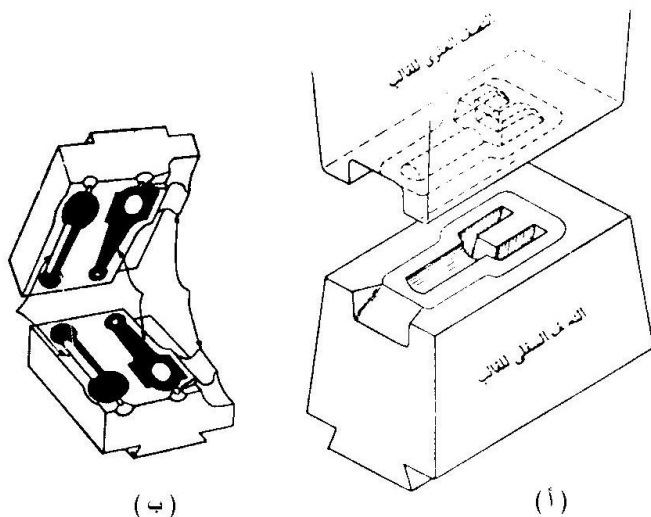
يتكلف إنتاج قوالب التشكيل (الاسطمبات) مبالغ باهظة ، إلا أن القدرة الإنتاجية منها مرتفعة ومشغولاتها تتميز بدقة الأبعاد وجودة الأسطح ، هذا بالإضافة إلى تخفيض المعدن المستخدم في عملية التشكيل إلى أدنى حد ممكن .. بالمقارنة بالمنتجات المنتجة بالسباكة ، وكذلك الحصول على منتجات معقدة لا يمكن الحصول عليها بالحدادة اليدوية عن طريق الطرق الحر .

هذا يعني أن التشكيل باستخدام القوالب (الاسطمبات) هو تحسين لعملية الحدادة اليدوية . صممت قوالب التشكيل المختلفة الأشكال والأحجام لتشكيل المعادن على الساخن على مرحلة واحدة أي باستخدام قالب واحد ، أو على عدة مراحل .

تتميز قوالب التشكيل بمميزات متعددة أهمها هو الإنتاج الكمي للمشغولات بدرجة عالية من الدقة في زمن قصير .

مواد صنع قوالب التشكيل :

تصنع قوالب التشكيل (الإسطمبات) من كتل من الصلب المتوسط الكربوني أو الصلب السبائكي ، يمكن تصنيع القالب بفجوة واحدة كما هو موضح بشكل 1 - 5 (أ) وذلك لتشكيل قطعة واحدة فقط ، أو بفجوتين لتشكيل قطعتين في آن واحد شكل 1 - 5 (ب) .



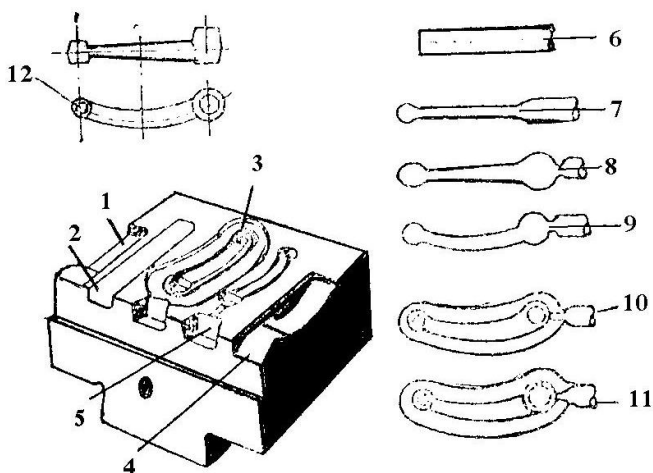
شكل 5 - 1

قوالب التشكيل .. (بفجوة واحدة وبفجوتين)

(أ) قالب تشكيل فجوة واحدة .

(ب) قالب تشكيل بفجوتين لتشكيل ذراع توصيل .

كما يمكن تصنيع القالب بفجوات متعددة شكل 5 - 2 وذلك لتشكيل مجموعة قطع في آن واحد ، أو حسب مراحل إنتاج المشغولة .



شكل 5 - 2

قالب تشكيل متعدد الفجوات

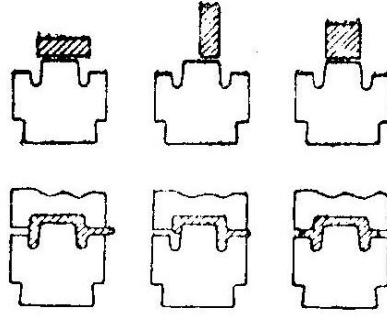
1. فجوة الخصر .
2. فجوة تكوين الحواف .
3. فجوة الشني .
4. فجوة التجهيز الأولي .
5. فجوة التشطيب .
6. كتلة التشكيل .
7. عملية اختصار .
8. عملية تكوين الحواف .
9. عملية الشني .
10. تشطيب أُملي .
11. تشطيب نهائي .
12. المنتج النهائي .

يتكون القالب من جزئين ، يثبت الجزء العلوي الذي يسمى بوجه القالب في قاعدة المكبس ، ويثبت الجزء الأسفل للقالب الذي يسمى بالقاعدة على سطح السندان ، بحيث يحصر المعدن المراد تشكيله عند انطباقهما ليشكل القطعة المطلوب إنتاجها . ونظرا لدرجة الحرارة العالية للخامات أثناء تشكيلها ، لذلك فإن قالب التشكيل يصنع حسب مقاسات الجزء المراد تشكيله مضافا إليه زيادة تعادل مقدار الانكماش ، وتقدر هذه الزيادة بنسبة 1.25 % من المقاسات الأصلية .

الوضع الصحيح للخامة الساخنة في قالب التشكيل :

يتحدد مدى نجاح عملية تشكيل كتلة المعدن الساخنة أثناء وضعها على الجزء الأسفل بالقالب ، علي وضعها الصحيح ، حيث أنه في حالة وضـع الكتلة المراد تشكيلها بوضع خاطئ ، يؤدي ذلك إلى عيوب في شكل ومقاسات المنتج المشكل ، وشكل 5 - 3 يوضح الأوضاع الصحيحة والخاطئة ، وحالة كل منهم بعد عملية التشكيل .

لذلك يجب أن يشتمل الجزء الأسفل من قالب التشكيل على وسادة مناسبة لتحديد وضع الخامة .



(ب)

(أ)

شكل 5 - 3

الأوضاع الصحيحة والخاطئة للخامة الساخنة بـ قالب التشكيل ،

وحالة الأجزاء المنتجة بعد عملية التشكيل

- (أ) الوضع الصحيح لكتلة المعدن وحالة المنتج المقبول بعد عملية التشكيل .
 (ب) الأوضاع الخاطئة لكتلة المعدن والحالة السيئة للمنتج بعد عملية التشكيل .

طرق نزع القطع المشكلة من القوالب :

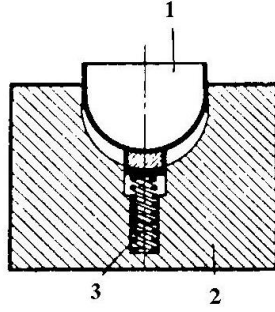
عادة يراعى عند صنع قالب التشكيل (الاسطمية) طريقة نزع القطعة المشكلة

منه، وقد وضع المصممون عدة طرق لنزع القطعة المشكلة من القالب ، يمكن تطبيق الطريقة المناسبة عند صنع قالب التشكيل وهي كما يلي :-

1. تشكيل الجدران الداخلية لجزئي القالب بإستدقاق (سلبة) تتراوح ما بين 3 إلى 15°.

2. عمل ثقب مغلق باستخدام جزء يشبه رأس المسمار ، وعن طريقه يمكن دفع الشغلة إلى الخارج .

3. في حالة تشكيل الألواح المعدنية على البارد ، فإن قالب التشكيل يجهز بثقب من أسفل التجويف الخاص بالتشكيل ، ويثبت نابض لولبي (ياي ضغط) كما هو موضح بشكل 5 - 4 وذلك لدفع القطعة بعد تشكيلها مباشرة إلى الخارج بمجرد رفع نصف القالب العلوي . وبهذه الطريقة يمكن استخدام مجموعة من النوابض اللولبية (اليابات) أسفل المشغولات الكبيرة لسهولة نزعها .



شكل 4 - 5

طريقة نزع قطعة مشكلة على البارد

1. القطعة المشكلة .

2. قالب تشكيل .

3. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط) .

كما تستخدم الأجهزة الهيدروليكية والميكانيكية مثل الروافع التي تعمل آليا في دفع المشغولات الكبيرة الحجم والوزن ، وذلك لتخليصها ونزعها من قوالب التشكيل ، مثل عجلات السكك الحديدية أو ما يشابهها .
يتوقف استخدام أحد الطرق السابقة على نوع وحجم الشغلة ، والخامات المستخدمة في التشكيل ، وعلى شكل الشغلة نفسها .

تشكيل المعادن

في

القوالب المفتوحة والمغلقة

Metals Forming In Open And Closed Moulds

تجري عمليات تشكيل المعادن الساخنة في قوالب التشكيل (الاسطوانات) ، لإنتاج مطروقات (تشكيل المعادن الساخنة) ذات أشكال ومقاسات مطابقة أو قريبة جدا من أشكال وأبعاد الأجزاء تامة الصنع . تستخدم هذه القوالب في تشكيل المواد والمعادن الحديدية وبعض المعادن الغير حديدية .

تتميز طريقة التشكيل بالقوالب بالدقة والجودة في الإنتاج ، عن دقة وجودة المنتجات المماثلة المشكلة بالطرق الحر عن طريق الحدادة اليدوية .
كما أنه يمكن تصميم المنتجات المشكلة بالقوالب بأحجام أقل ، مما يؤدي إلى تخفيض وزن الجزء المنتج إلى أدنى حد بالمقارنة بالأجزاء المنتجة بالطرق اليدوي ، وتساعد هذه الطريقة في الحصول على أفضل وضع للألياف بالمطروقات ، مما يؤدي إلى زيادة متانتها ومقاومتها العالية للاجهادات المختلفة ، بالإضافة إلى خلوها من العيوب والتشوهات الداخلية مثل البخبة الناتجة عن بعض عمليات السباكة .
يوجد نوعان أساسيان من قوالب التشكيل هما :-

1. قوالب التشكيل المغلقة .

2. قوالب التشكيل المفتوحة .

فيما يلي يعرض لعمليات التشكيل في القالب المفتوحة والمغلقة .. كل منهما على حدة .

التشكيل في قوالب مغلقة

Forming In Closed Moulds

تسمى هذه العملية بالحدادة المقيدة .. وسميت بالمقيدة وذلك لاختلاف انسياب المعدن بهذه الطريقة عن الحدادة الحرة ، حيث انسياب المعدن يكون مقيد بشكل ومقاسات التشكيل الداخلي لفجوة القالب المماثل لشكل ومقاسات القطعة المطلوب إنتاجها .

تشكل المعادن الساخنة بالقوالب المغلقة باستخدام المطارق الآلية أو المكابس المختلفة ، وعادة تستخدم طريقة الحدادة المقيدة (القوالب المغلقة) للمشغولات ذات الإنتاج الكمي .. (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة) .

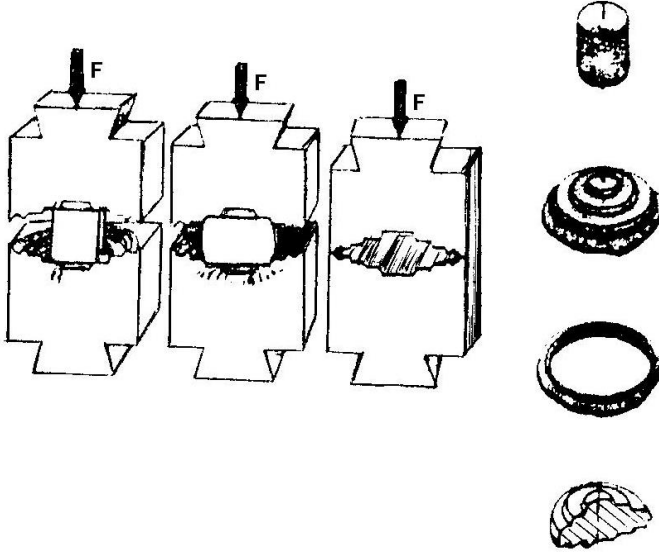
يتميز التشكيل بهذه الطريقة بتوجيه الألياف المعدنية لانسياب في الاتجاهات التي تؤدي إلى الارتفاع من مستوى الصلادة وزيادة تحملها للاجهادات المختلفة أثناء استخدامها ، بالإضافة إلى دقة المنتجات ونعومة الأسطح ، الذي يؤدي في كثير من العمليات إلى عدم حاجة المطروقات المنتجة بهذه الطريقة إلى عمليات تشطيب على

آلات التشغيل المختلفة .

وشكل 5 - 5 وضح نماذج لعملية الحدادة بالقوالب المغلقة ، ومن الطبيعي وجود القالب من جزئين ، بهما فجوة يتناسب شكلها مع شكل وأبعاد المطروق أو المنتج المراد تشكيله .

يثبت الجزء الأسفل للقالب وهو ما يسمى بالقاعدة على سطح السندان ، ويوضع عليه القطعة المراد تشكيلها ، ويثبت النصف العلوي للقالب وهو ما يسمى بالوجه أو الرأس بكتلة الطرق في المكبس أو في المطرقة الآلية ، ومن خلال عملية الطرق أو الضغط يجبر المعدن المنحصر بينهما على الانسياب داخل فجوة القالب .

وللتأكد من انسياب المعدن داخل الفجوة المنحصرة بين جزئي القالب العلوي والسفلي ، وتشكيل القطعة المراد إنتاجها بدون أي عيوب ، فإن حجم المعدن الساخن الذي يوضع بالقالب يكون أكبر قليلاً من حجم المطروق المطلوب تشكيلها ، والزيادة في حجم المعدن عن الجزء المشكل بالقالب ، يجبر إلى الخروج في تجويف مخصص في القالب ، ثم يتم تهذيب القطعة المنتجة لاستخدامها ، أو لتداولها بالأسواق .



شكل 5 - 5

نماذج لتشكيل مطروقات داخل قوالب مغلقة

مميزات التشكيل في قوالب مغلقة :

تتميز المنتجات المشكلة بالقوالب المغلقة بالضغط عن طريق المكابس المختلفة

بالمميزات التالية :-

1. دقة المقاسات مع نعومة الأسطح وجودة التشكيل .
2. عدم الحاجة للعديد من المنتجات للتشطيب على آلات التشغيل المختلفة .
3. تطابق وتجانس المنتجات المشكلة .. فعلى سبيل المثال القطعة رقم 1 تماثل وتطابق القطعة رقم 4697
4. يعتبر التشكيل بالقوالب اقتصادي إذا استخدم في الإنتاج الكمي .

التشكيل في قوالب مفتوحة

تتم عملية التشكيل في القوالب المفتوحة بالضغط على المعدن الساخن عن طريق استخدام المكابس ، أو الطرق عن طريق استخدام المطارق الآلية ، أو المطارق اليدوية .

يحتوي قالب التشكيل المفتوح على جزئين هما القاعدة والوجه ، يوجد بسطح الانطباق بكل منهما تجويف مشكل ، ويسمى قالب التشكيل المفتوح ، باسم شكل التجويف الداخلي لوجهي القالب مثل .. قالب مستدير - قالب بيضاوي - قالب مربع - قالب مسدس الخ .

توضع الخامة المراد تشكيلها بين قاعد ووجه القالب بحيث تثبت القاعدة على سطح السندان ، أما وجه القالب فيمكن تثبيته في صادم المكبس عند التشكيل بالضغط عن طريق الكبس ، أو الطرق عليه مباشرة باستخدام المطارق الآلية أو اليدوية . عند الضغط على القالب المفتوح ينساب المعدن الساخن بين جزئي القالب بشكل سطحي .

تتميز خواص المعادن المشكلة بهذه الطريقة بالمرونة الجيدة التي تتيح إنتاج عمليات الحدادة المختلفة ذات الخواص المتعددة التي تحقق أقصى فائدة .

تنتج المطروقات باستخدام القوالب المفتوحة مشغولات حديدية بأحجام وأشكال مختلفة مثل الصلب العالي الجودة ، حيث تستخدم كتل هذه الخامات في قوالب التشكيل المغلقة ، كما تستخدم هذه المطروقات في الصناعات الهندسية المختلفة التي تكون فيها صفات المعادن المشكلة بهذه الطريقة أكثر ملائمة من المطروقات المشكلة بقوالب التشكيل المغلقة .

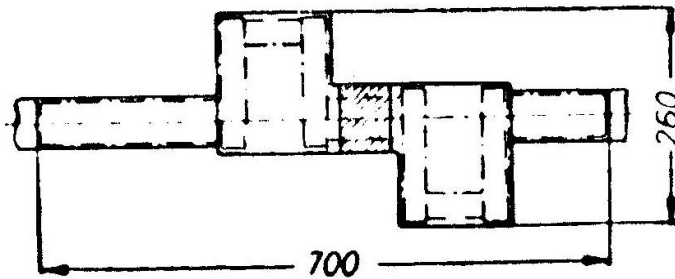
تستخدم المنتجات المنتجة عن طريق القوالب المفتوحة في صنع المنتجات التي تتحمل الاجهادات العالية مثل قوالب التشكيل - أسطوانات المحركات - أعمدة المرافق - أعمدة دوران جميع الماكينات ذات الأحجام الكبيرة - أعمد الكباسات الخاصة بماكنات التشكيل المختلفة وغيرها .

يتراوح وزن الجزء الواحد من هذه المطروقات من بضعة كيلو جرامات وتصل الأحجام الكبيرة إلى 50 طن .

وبصفة عامة فإن التشكيل باستخدام القوالب المفتوحة يكون أكثر ملائمة في بعض الأغراض الخاصة من التشكيل في القوالب مغلقة .

مثال على الحدادة في القوالب المفتوحة :

يراد تشييد عمود مرفقي ذي صدفتين حسب الشكل والمقاسات الموضحة بشكل 5 - 6.

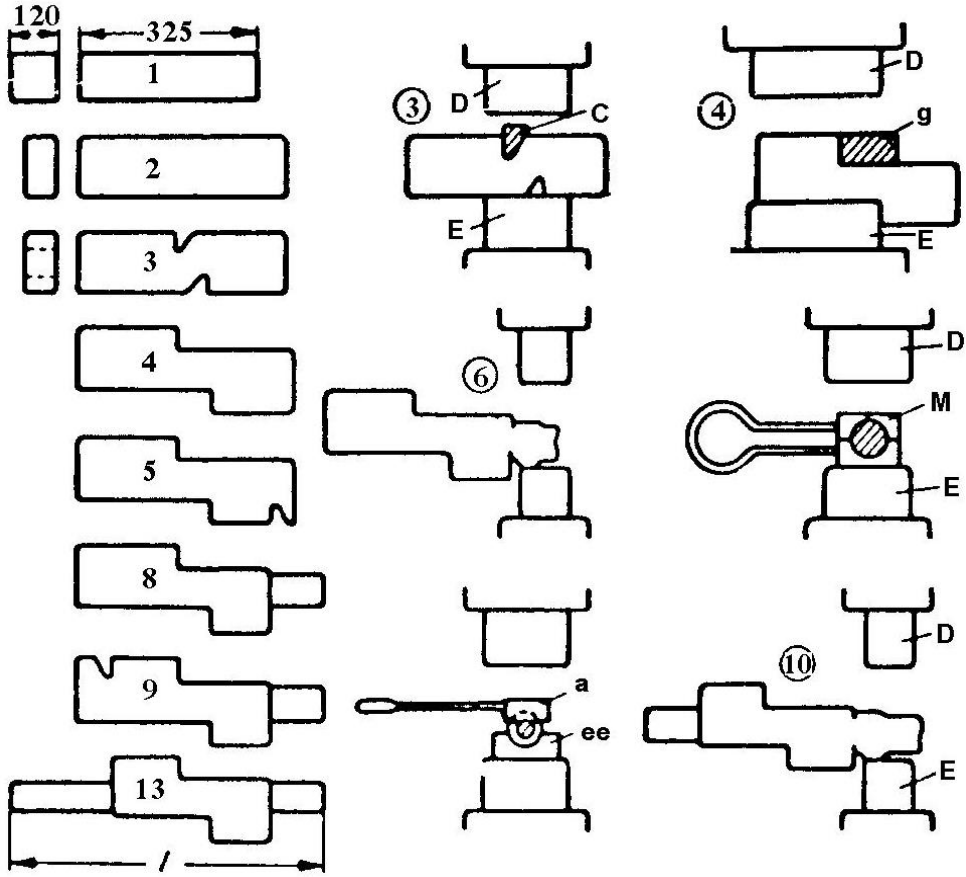


شكل 5 - 6

عمود مرفقي بحدافتين

خطوات العمل النموذجية لتشكيل عمود مرفق :

المطروقة المطلوبة بعض أجزائها مبطن ، والبعض الآخر مستدير . وزنها يصل إلى حوالي 37 كيلو جرام ، وهي مشكلة من الصلب بمطرقة بخارية قوتها 500 كيلو جرام ، أو بالضغط عن طريق مكبس حدادة قوته 300 طن .
يوضح شكل 5 - 7 وجدول 5 - 1 تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل عمود مرفق .



شكل 5 - 7

تسلسل خطوات تشكيل عمود مرفق باستخدام قوالب مفتوحة

جدول 5 – 1
تسلسل خطوات تشكيل عمود مرفق في القوالب المفتوحة

الرقم على الرسم التخطيطي	العملية	العدد والأدوات المستعملة	ملاحظات
1	التسخين	فرن	المقاس الأصلي للشغلة 325 × 120 × 120 مم
2	تشكيل الشغلة إلى قضيب مبسط	بلص تسوية	تشكيل تشكيلاً حراً
3	التحزيز (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) .. c	يعاد تسخين الشغلة بعد تحزيزها .. (خصرها) .
4	تشكيل الشغلة على شكل مرفق	قالب وسيط .. g	يعاد تسخين الشغلة بعد تشكيلها للمرة الثانية
5	التحزيز (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) .. c	
6	بلص السحب	بلص سحب	تشكيل الشغلة تشكيلاً حراً
7	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف .. m	
8	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف .. m	يعاد تسخين الشغلة للمرة الثالثة
9	التحزيز .. (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) .. c	
10	السحب	بلص سحب	تشكيل الشغلة تشكيلاً حراً
11	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف .. m	
12	القطع والتنشطيب	مقطع على الساخن - قالب تشكيل	تنشطيب نهائي للشغلة
13	المطروقة المنتهية .. تنقل إلى قسم التشغيل على الماكينات لتشغيلها بالقطع		

حياة قالب التشكيل :

Life Of Forming Moulds

المقصود بحياة قالب التشكيل .. أي الفترة الزمنية التي يمكن استخدام القالب لتشكيل المعادن المختلفة بشكل مقبول ، حيث يتم اختيار المادة التي يصنع منها القالب، تبعاً لنوع المعدن الذي سيشكل به ، كما يتوقف حياة قالب التشكيل على عدد ما يتلقاه من طرقات ، وعندما يتطلب الأمر أن يستمر القالب في الخدمة لمدة طويلة .. يجب أن يشكل من مادة ذات مقاومة عالية ، وتكون قابليتها لتشكيل المعادن عالية أيضاً .

تصنيع قوالب التشكيل

Manufacturing Of Forming Moulds

تصنع عادة فجوات قوالب التشكيل في نصفي أسطحها المتقابلة ، وذلك عن طريق آلات التفريز أو الآلات الناسخة ، وتتميز هذه الطريقة بالدقة العالية والإنتاج المتميز ، وتنعكس دقة تصنيع قوالب التشكيل (الاسطمبات) على دقة وجودة المنتجات المشكلة .

الأمر الذي تطلب على القائمين لمثل هذا العمل أن يكونوا من ذوي الخبرات العالية في هذا المجال من حيث التصميم والتصنيع . وهذا السبب الذي أدى إلى ارتفاع ثمنها ، والذي أدى إلى المحافظة عليها والاستفادة منها بأكبر قدر مستطاع ، وذلك عن طريق تصنيع أكبر عدد ممكن من القطع المشكلة ، حتى يكون ثمن قالب التشكيل (الاسطمبة) اقتصادي يتناسب مع الكميات المصنعة .

وقد اتضح من الخبرة العملية للعاملين في هذا المجال أن الاستعمال المستمر لقالب التشكيل يطيل في حياته أكثر من الاستعمال المتقطع ، حيث يصل حياة القالب الواحد المستخدم في الإنتاج المتواصل إلى ما بين 20000 إلى 40000 قطعة ، التي يتراوح وزن القطعة الواحدة منها والمشكلة بالقوالب المغلقة ما بين 6 إلى 1200 كيلو جرام . بينما يصل حياة القالب المستخدم في الإنتاج المتقطع إلى ربع الكمية المنتجة من خلال الاستعمال المستمر للقالب .

ملاحظة :

يتوقف عدد القطع المنتجة باستخدام القوالب المغلقة بطريقة مستمرة على حجم ووزن القالب وطريقة الإنتاج المستعملة (بالطرق عن طريق المطارق الآلية أو بالضغط عن طريق المكابس المختلفة) .

مميزات تشكيل المعادن بالقوالب :

يختار المصممون عملية تشكيل المعادن على الساخن بورشة الحدادة باستخدام قوالب التشكيل (الاسطمبات) ، وذلك لتمييزها عن المنتجات الأخرى المماثلة عن طريق الحدادة اليدوية بالمميزات التالية :-

1. إمكانية الحصول على إنتاج كمي .. (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة) وفي زمن قياسي .
2. انخفاض كبير في زمن التشكيل .
3. الوفرة في الخامات .. حيث يترك أقل سماح ممكن للتشغيل والتشطيب النهائي علي آلات القطع ، بحيث يمكن إهماله .
4. اقتصادي أقل في التكلفة .
5. الحصول على منتجات متشابهة ذات مقاسات متساوية .
6. أقل معدن يزال أثناء التشطيب النهائي للمنتجات ، كما أن بعض المنتجات المشكلة لا تحتاج إلى عمليات تشطيب نهائي على آلات التشغيل كالمخارط والفرايز الخ.
7. خلوها من العيوب والاجهادات الداخلية .

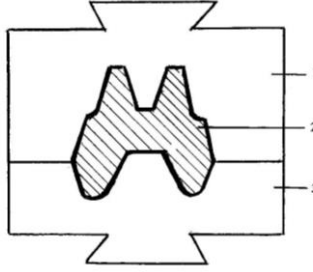
القواعد الأساسية لتصميم قوالب التشكيل :

هناك قواعد أساسية يجب مراعاتها عند تصميم قوالب التشكيل (الاسطمبات)

وهي كالآتي :-

1. لوحظ في عمليات الحدادة الآلية ، أن انسياب المعدن لملء فراغات النصف العلوي من القالب أفضل من انسيابه في ملء فراغات النصف السفلي ، ويرجع إلى برودة المعدن الملامس للنصف الأسفل للقالب باستمرار ، لذلك يفضل حفر

الجزء الأعمق من الفجوة في النصف العلوي للقالب كما هو موضح بشكل 5 - 8.



شكل 5 - 8

حفر الجزء الأعمق من الفجوة في النصف العلوي لقالب التشكيل

1. الجزء العلوي لقالب التشكيل .

2. المشغولة المشكلة .

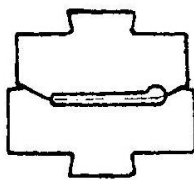
3. الجزء الأسفل لقالب التشكيل .

2. يقسم الشكل المطلوب تشكيله في قالب التشكيل ، ويحدد جزئي الفراغ بين نصفي القالب العلوي والسفلي بشكل متماثل أو غير متماثل ، بحيث يكون شكل الفراغ بين نصفي القالب عند انطباقهما مطابق بالشكل المطلوب إنتاجه ، كما يسمح بخروج الشغلة من القالب بسهولة بعد تشكيلها .

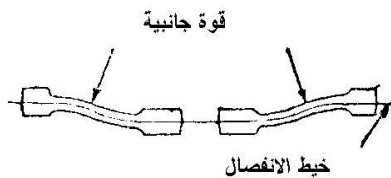
3. يراعى التدرج بخطوات التشكيل .. إذا تطلب تشكيل الجزء المطلوب إنتاجه عن طريق الكبس عدة مراحل .

4. يؤخذ في الاعتبار نوع المعدن المشكل ، حيث أن الصلب أسهل في عصره من الألومنيوم .. لذلك فإن الآلات والمعدات المستخدمة في الكبس تختلف قليلا في حالة كبس المعادن الغير حديدية .

5. بالنسبة للمطروقات ذات الأشكال الخاصة والتي ينتج عن عملية تشكيلها قوى جانبية تؤثر على دقة شكلها وأبعادها . لذلك يجب الأخذ في الاعتبار أن يتم تشكيل كل جزأين منهما في آن واحد كما هو موضح بشكل 5 - 9 (أ) ، أو تشكيل فراغات القالب بطريقة بحيث تتلافى القوى الجانبية كما هو موضح بشكل 5 - 9 (ب) .



(ب)



(ا)

شكل 5 - 9

تشكيل القوالب بحيث تتلافى القوى الجانبية

(أ) تشكيل كل جزئين من المطروقات التي ينتج عنها قوى جانبية في آن واحد.

(ب) تصميم الاسطمة بطريقة بحيث تتلافى القوى الجانبية .

6. يجب الأخذ في الاعتبار طريقة التخلص من كمية المعدن الزائدة أثناء عملية

الكبس (المعدن الذي ينساب داخل فجوة نصفي القالب) لتحقيق المنتج الأمثل .

7. بالنسبة للمشغولات التي يوجد بها مقاطع في مستويات مختلفة مثل عمود المرفق ،

فإنه يفضل تشكيلها على عدة مراحل ، حيث تشكل في المرحلة الأولى في مستوى

واحد ، ثم تجري عليها في المرحلة الثانية والثالثة عمليات الثني واللي المطلوبة .

8. يجب تجهيز نصفي القالب بدلائل لضمان دقة ضبط محاورهما ، وحتى لا يحدث

أي انحراف في المشغولات أثناء كبسها .. وبالتالي دقة المنتجات المشكلة .

9. يراعي طريقة نزع المشغولات ذات الجدران العميقة من القوالب ، وذلك بتشكيل

جزئي جدران القالب بزوايا تتراوح ما بين 3 إلى 10 درجة للصلب ، و 15

درجة للألومنيوم .

10. يجب صلادة وجه جزئي القالب عن طريق المعاملة الحرارية ، بحيث لا يقل

صلادتهما عن 4 روكيل .

(الروكيل .. هو وحدة قياس الصلادة).

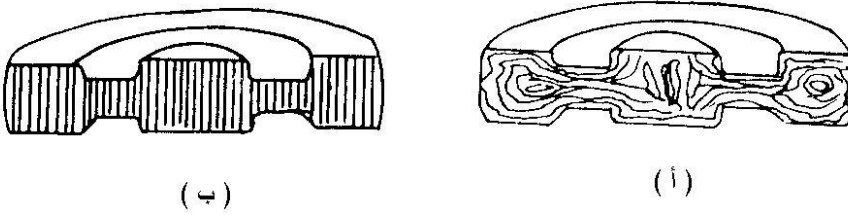
التشكيل بحدادة الضغط

Shaping By Press Forging

تشكل الأجزاء المعدنية الصغيرة والمتوسطة باستخدام القوالب المغلقة بالضغط باستعمال المكابس المختلفة . تتم عملية التشكيل عادة من خلال شوط واحد للمكبس بالضغط المناسب للقطعة المراد تشكيلها ، حيث تنتقل الطاقة الناتجة عن عملية الضغط إلى المعدن الساخن ، مما يؤدي إلى سرعة تشكيله بشكل الفراغ المحفور في القالب .

يوضح شكل 5 - 10 (أ ، ب) رسم تخطيطي لحركة الألياف المعدنية لترس تم إنتاج الأول عن طريق التشغيل بآلات القطع ، بينما تم تشكيل الثاني عن طريق حدادة الضغط باستخدام القوالب المغلقة .

يبين الرسم التخطيطي لمقطع الترس (أ) ظهور الألياف المعدنية في اتجاه غير منتظم ، حيث لا يصل المعدن إلى أقصى تحمل له ، أما الرسم التخطيطي لمقطع الترس (ب) المشكل بحدادة الضغط فإنه يوضح تجميع انسياب خطوط التليف بشكل منتظم ، الذي يؤدي إلى اكتساب أسنان هذا الترس مقاومة عالية للاجهادات المختلفة ، مع تساوي ذلك في كل سنه من أسنان الترس .



شكل 5 - 10

رسم تخطيطي للألياف المعدنية لترسين تم تصنيع أحدهما

بالتشغيل بالقطع والآخر عن طريق التشكيل بحدادة الضغط

(أ) حركة الألياف المعدنية لترس تم إنتاجه عن طريق التشغيل بالقطع .

(ب) حركة الألياف المعدنية لترس تم إنتاجه عن طريق التشكيل بحدادة الضغط .

يستخلص من خلال ما سبق ذكره ، أن المعادن المشكلة والمنتجة عن طريق حدادة الضغط (المكابس) باستخدام قوالب التشكيل المغلقة ، تتميز بالمتانة والصلادة .. مع اكتساب هذه المشغولات مقاومة عالية للجهدات المختلفة .

العيوب الشائعة في المطروقات

لا شك أن اكتشاف العيوب في المطروقات سواء كانت أثناء العمليات التي تجرى عليها ، أو بعد الانتهاء من تشكيلها ، تؤدي إلى انخفاض الربح ، وتختلف قيمة الخسارة باختلاف نوع وحجم المطروق ، وعدد العمليات التي أجريت عليه ، الأمر الذي أدى إلى ضرورة التأكد من جودة المواد الخام المستعملة ، والتشكيل بالطرق الصحيحة ، لإمكان الحصول على مطروقات عالية الجودة .

ومن العيوب الشائعة في المعادن التي يجري عليها عمليات التشكيل العجائني هي الآتي :-

1. وجود خبث أو شوائب لعدم فصلها من الحديد أثناء عملية الصهر .
2. وجود بخرية ناتجة عن انطلاق غازات أثناء عملية تجمد الصلب الخام .
3. عيوب في تكوين الخامة الأصلية التي تظهر على شكل تشققات أو تشوه بالأسطح
4. عيوب بسبب أخطاء في التسخين والتبريد .

معالجة المطروقات :

نجد أنه من الصعب كشف العيوب التي بالمطروقات ، إلا إذا كانت كبيرة يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، ولذلك فإنه يجب اتباع بعض الوسائل لمعالجة الأجزاء المنتجة للتأكد من خلوها من العيوب ، فمثلا هناك احتمال تكون القشور الداخلية ، أو وجود تمزقات داخل المعدن بعد الانتهاء من عمليات الحدادة ، ومن ثم فإنه يجب إجراء بعض المعاملات الحرارية ، مع ضبط سرعة التبريد وخاصة للمطروقات نصف المشغلة والمجهزة لأجراء عمليات الحدادة عليها .

كما يجب متابعة عمليات تشكيل المعادن على الساخن في القوالب المغلقة ،

بحيث تنتج إلى حد كبير أجزاء خالية من العيوب السابق ذكرها .

العيوب التي تحدث في الصلب المطروق بسبب التسخين الخاطئ:

قد تحدث عيوب في الصلب أثناء عملية التشكيل بالحدادة ، ناتجة عن التسخين

الخاطئ .. أي بتسخينه بدرجة حرارة غير مناسبة وهي كالآتي :-

1. التسخين بدرجة حرارة منخفضة :

يحدث ذلك في حالة الصلب عالي الكربون ، حيث يترسب الكربون غير المتحد

على هيئة كربون جرافيتي ، مما يؤدي إلى حدوث تقصف .

2. التسخين إلى درجة اللون الأحمر :

يحدث ذلك في الصلب الذي يحتوي على كميات زائدة من الكبريت أو الأكسوجين،

مما يؤدي إلى حدوث تقصف .

3. التسخين إلى درجة اللون الأزرق :

يحدث ذلك إذا أجريت الحدادة في درجة حرارة تتراوح ما بين 300 - 500

°م ، مما يؤدي إلى حدوث تقصف ، ويرجع ذلك إلى مقاومة الصلب التي تزداد عند

تسخينه بالتدريج من درجة حرارة الجو المحيط إلى 300 درجة مئوية ، أو في بعض

الحالات إلى 900°م .

الباب السادس

فحص واختبار المطروقات

Forging Test Inspection

مُهَيِّدٌ

نظرا لأهمية المطروقات في الصناعة بوجه عام ، ومع التطورات الحديثة ، واستخدامها في كافة المجالات الميكانيكية والكهربائية ، هذا بالإضافة إلى أهمية منتجاتها وتكاليفها العالية ، كان لابد أن تحظى باهتمام المتخصصون ليصل إنتاجها إلى أفضل وجه ، الأمر الذي أدى إلى وضع مقاييس ومعايير ذات مواصفات فنية ، أوجب اتباعها في صناعة الحدادة .

من هذا المنطلق كان لابد من عمل فحوص واختبارات على المعادن المستخدمة في عمليات الحدادة ، وفحص المطروقات نصف المصنعة ، والمطروقات المنتجة كاملة التصنيع ، للتأكد من مطابقتها للمواصفات الفنية .. وبالتالي التأكد من جودتها . فحص مواصفات.

يتناول هذا الباب الفحوصات المختلفة التي تجرى على المطروقات مثل فحص الأسطح – اختبار المطروقات بالأحماض الساخنة – الاختبار الميكروسكوبي – الاختبارات الغير إنهيارية.

فحص واختبار المطروقات

Forging Test Inspection

الحديد المطاوع soft iron هو إحدى السبائك الحديدية التي يتم إنتاجها من الحديد الزهر الغفل بتخفيض نسب معينة من الكربون والشوائب . ويتم إنتاجه في أفران عاكسة مبطنة من الداخل بأكسيد الحديد حيث يوضع مصهور الحديد في الفرن ، ويمرر هواء ساخن لأكسدة الشوائب ، فيتحول بعضها إلى أكاسيد غازية تتطاير، والبعض الآخر إلى أكاسيد تتحد مع بطانة الفرن لتحول إلى خبث ، ويسحب المعدن وهو ما زال ليناً من الفرن ثم يطرق لفصل ما به من خبث ، ويشكّل إلى صفائح وقضبان حسب الطلب .

يعرف الحديد المطاوع تاريخياً باسم الحديد النقي ، وهو ما لا يمكن اعتباره اليوم حديدًا نقيًا، فالحديد النقي اليوم ينبغي أن يكون نسبة الكربون أقل من 0.008% [2][3]

مواصفات الحديد المطاوع :

الحديد النقي هو الذي يمكن تشغيله بسهولة .. لذلك فجب أن يتوفر فيه المواصفات التالية :-

1. موصل جيد للحرارة والكهرباء.
2. يتمغنط بسهولة.
3. منخفض الصلابة.
4. مرونة عالية.

Forging Test Inspection

فحص واختبار المطروقات :

تقوم المختبرات الموجودة بالمصانع بفحص مواصفات خامات الصلب أثناء عملية إنتاجها ، لتحديد خواصها من حيث التصليد ، مقاومة المعدن للصدمات ، وخواصه الفيزيائية الخ ، كما تحدد هذه مواصفات أنواع الصلب المختلفة ، وأفضل استخدامات كل منه .

ويعتبر اختبار المعدن المناسب لأداء عمل معين ، أمر بالغ الأهمية .. والذي ينعكس على كفاءة وجودة المعدة .

فيما يلي بعض الفحوص والاختبارات التي تجرى على المطروقات :-

1. فحص أسطح المطروقات :

تفحص أسطح المطروقات بالعين المجردة للتعرف على العيوب المحتمل وجودها بالأسطح المعدنية ، مثل الشقوق أو النقط المحترقة أو القشور أو الصدأ العميق ، وهي التي تحدث نتيجة لأخطاء في التسطیح أو في قوالب التشكيل الغير مطابقة للمواصفات الفنية ، وقد تظهر بعض العيوب الأخرى في المعدن من خلال لكسر مقطع بها وبذلك يمكن كشف العيوب تحت السطح .

2. اختبار المطروقات بالأحماض الساخنة :

تختبر المطروقات باستخدام الأحماض الساخنة ، لتظهر العيوب الموجودة بالسطح مثل عيوب اللحامات ، التثني ، التشقق ، كما تظهر شكل وعيوب البنية الداخلية للمعدن .

يجرى هذا الاختبار من خلال تغطيس قطعة من الصلب في حامض كبريت مخفف لمدة 15 دقيقة ، حيث يزيل الحامض القشور الموجودة بالأسطح والتي تتكون نتيجة لأكسوجين الجو ، ثم تلمع وتغطس مرة أخرى لمدة 30 دقيقة في محلول 50 % حامض هيدرو كلوري و 50 % ماء ساخن عند درجة حرارة قدرها 90 درجة مئوية .. حيث تظهر حجم الحبيبات وشكل البنية .

3. الاختبار الميكروسكوبي :

يكشف الميكروسكوب العيوب التي تظهر بالعين المجردة ، حيث تتضح خطوط الشوائب ، وتشير هذه العيوب إلى وجود خطأ في طريقة صهر الصلب ، الذي يؤدي إلى الانخفاض العمر التشغيلي للمطروقة المنتجة ، وقد تتسبب هذه الشوائب في ظهور تشققات شعرية داخلية ، تغير في مقاومة المعدن للإجهادات .

فعلى سبيل المثال يفحص مقطع عينة بالميكروسكوب أو بعدسة مكبرة ، حيث

تظهر العيوب الموجودة في سطح المقطع ، كما تقدر حجم الحبيبات ، وتحدد نوع الشوائب وتقدر كمياتها .

4.الاختبارات الغير إنهيارية :

الاختبارات الغير إنهيارية تعني اختبارات المعادن بدون حدوث أي تلفيات بها ، حيث تكتشف هذه الاختبارات الكسور والتفلاقات ، وحالة المعدن الداخلية أسفل سطحها عن طريق استخدام القوى المغناطيسية .

وتظهر العيوب المستترة وهي العيوب الموجودة أسفل الأسطح مباشرة عن طريق تسليط الأشعة السينية التي تخترق قطعة من المعدن سمكها 10 سنتيمتر ، ويكون الجهد المستعمل 300000 فولت ، ومن خلال خطوط القوى المغناطيسية التي تظهر عند رش برادة الحديد على السطح المغنط ، تستقطب مواضع العيوب التي في السطح أو القريبة منه ، حيث تتجمع حولها برادة الحديد ، وتظهر العيوب المستترة وهي العيوب السطحية أو التي بأسفل السطح مباشرة .

اقتصاديات صناعة المطروقات

Economics Of Forging Industry

أصبحت صناعة المطروقات بتطوراتها الحديثة من الصناعات الهامة والضرورية في الصناعات الحديثة ، حيث اعتمدت عليها كافة المنشآت الصناعية الهامة لما تنتجه من مشغولات في غاية الأهمية ، كأعمدة الدوران لجميع الماكينات الثقيلة ، وأعمدة أعضاء التأثير في الآلات الكهربائية ، وأعمدة المرافق والمكابس ، وكذلك كافة المطروقات التي تشكل الهيكل الأساسي في كافة المنتجات الصناعية والهندسية بصفة عامة .

ومع الحاجة المتزايدة لهذا الكم الهائل من المطروقات ، كان لابد أن يستمر التطور في صناعة الآلات والمعدات ، بحيث يتحقق الإنتاج بطريقة اقتصادية .. مع المحافظة على مستوى الجودة .

وعلى سبيل المثال فقد كانت صناعة الحدادة تعتمد في الماضي على بعض العدد اليدوية البسيطة مثل استعمال الأفران البدائية كالكور ، ثم تطورت حيث تستخدم

الآن الأفران المتنوعة المزودة بأحدث الوسائل العلمية ، والمكابس المختلفة ذات الضغوط العالية جدا ، والمطارق الآلية الضخمة .. مما أدى إلى زيادة الإنتاج ، وانخفاض الأيدي العاملة ، الأمر الذي يؤكد استغلال هذه الآلات والمعدات بأفضل الطرق ، وبالتالي الحصول على طاقة إنتاجية كبيرة ذات جودة عالية ، حتى يمكن إحداث التوازن بين عناصر التكلفة المختلفة والحصول على منتجات بأسعار مناسبة .
فيما يلي عرض لبعض العناصر الهامة التي لها تأثير مباشر على اقتصاديات صناعة المطروقات .

1. استخدام الهواء الساخن بدلا من البخار :

تعمل المطارق البخارية من خلال استخدامها للبخار ، كما يمكن تشغيلها بالهواء المضغوط الساخن ، ويتوقف استخدام أحدهما على مدى أفضاليته من الناحية الاقتصادية على النوع الآخر . فإذا كان يتوفر بخار بأحد مصادر المصنع ، فيكون من الأنسب حينئذ استخدامه .. أما في الظروف الأخرى فيكون استخدام الهواء الساخن هو الأفضل . في هذه الحالة يسحب الهواء الجوي ويتجه إلى الضاغط ، حيث يضغط الهواء ثم يتجه إلى خزان الهواء المضغوط ، ليمر الهواء المضغوط بمسترجع حراري حيث يسخن الهواء المضغوط إلى 160°م ، ثم يتجه الهواء الساخن إلى أسطوانة المطرقة الآلية .

من مميزات الهواء الساخن هو تخفيض كبير لكمية الهواء المضغوط بمقدار الثلث تقريبا ، مما يخفض بمقدار كبير في تكاليف التشغيل ، فضلا عن مزاياه الفنية الأخرى .

2. خفض استهلاك الوقود الغازي :

يمكن تخفيض استهلاك الغاز المستخدم كوقود في الأفران ، وذلك عن طريق استرجاع الحرارة من الغازات المنصرفة من أفران الحدادة ، مما يؤدي إلى تخفيض استهلاكه بدرجة ملحوظة ، ويتحقق ذلك باستخدام مسترجعات حرارية (مبادلات حرارية) ، التي تتكون من شبكة من المواسير تمر الغازات المنصرفة خارجها ، أما الهواء اللازم للاحتراق فإنه يمر من خلالها في اتجاه مضاد فترتفع درجة حرارته .

3. إطالة العمر التشغيلي لقالب التشكيل :

سبق توضيح أن التشغيل المستمر لقوالب التشكيل يطيل في عمرها بدرجة كبيرة عن استخدامها بطريقة متقطعة وعلى فترات .

ويمكن إطالة العمر التشغيلي لقالب التشكيل (الاسطمية) من خلال تصليد الأسطح المعرضة للإجهادات العالية عن طريق تيار عالي متردد أو التصليد السطحي ، أو باستخدام الجرافيت الرغوي كمادة للتزليق في عمليات التشكيل في القوالب المغلقة ، وبالتالي يمكن زيادة عمر القالب بمقدار ثلاثة أضعاف عمره ، مما يؤدي إلى الحصول على أكثر من ثلاثة أضعاف المطروقات المنتجة من القالب الواحد .

كما يمكن إطالة عمر قالب التشكيل بمقدار أربعة أضعاف عمره ، في حالة تسخين القطع الغفل (البياضات) المراد تشكيلها في جو مشرب بالليثيوم ، حيث تكون في هذه الحالة خالية من القشور السطحية ، وهي التي تتسبب في سرعة إتلاف قالب التشكيل .

4. تصنيع القوالب بالكبس على البارد :

يمكن تصنيع القوالب المفتوحة بأسلوب الكبس على البارد تحت ضغط عالي ، وبمقدار تغذية منخفضة جدا ، بدلا من أسلوب التشغيل بالقطع ، حيث ينساب معدن في القالب ببطء مكونا التجويف المطلوب .

5. صقل القالب بمخلوط تحضين :

يرش مخلوط من مادة تحضين آكلة مع الماء بسرعة عالية من خلال نافورة في داخل تجويف القالب ، وهذا يؤدي إلى صقل التجويف في دقائق قليلة . توفر هذه الطريقة نصف الوقت تقريبا عن طريقة صقل القالب باليد ، ونتيجة لاستخدام هذا الأسلوب في الصقل ، ترتفع كمية المطروقات المنتجة من هذه القوالب إلى نسبة تصل إلى 110 % تقريبا .

المعاملات الحرارية

Thermal Treatment

تسمى أيضا بالمعالجات الحرارية ، وهي عملية صناعية تجرى على المعادن وسبائكها ، ويكون فيها التسخين وإمداد المعادن بالحرارة أساسا في عملية المعالجة . الهدف من عملية المعاملة الحرارية ، هو تغيير البناء البلوري للمعادن .. للحصول على خواص أخرى ، وهذا يعني علاج المعدن من حالته التي يكون عليها قبل التسخين إلى حالة ذات خواص جيدة ، حتى يمكن استغلاله وتشكيله صناعيا بالشكل المطلوب دون تلفه أثناء عمليات التشكيل أو التشغيل .

المعاملة الحرارية للصلب : Thermal Treatment Of Steel

يجب أن تتصف العدة وأجزاء الآلات بخواص ملائمة لاستعمالاتها مثل الصلادة - المتانة - قابلية التشغيل - مقاومة التآكل الخ ، فمثلا يجب أن يكون الحد القاطع للأجنة صلدا ، بينما يجب أن تكون أسنان التروس صلدة مقاومة للأكل الاحتكاكي مع الاحتفاظ بمقاومتها للصدمات .

وقد يكن الصلب المستخدم في عمليات القطع طريا (يحتوي على نسبة كربون منخفضة) فيسهل بذلك تشكيله ، ولكنه لا يكون صالحا للاستعمال لفترة طويلة نظرا لحالته فيتآكل بسرعة . والعكس إذا كان صلدا (يحتوي على نسبة كربون عالية) يصعب تشغيله ، مما يؤدي إلى الاحتياج إلى المعالجة الحرارية .

يمكن تحقيق هذه الخواص المختلفة المتفاوتة من خلال اختيار مادة التصنيع المناسبة بالإضافة إلى المعالجة الحرارية اللازمة لذلك .. وفيما يلي عرض لأهم عمليات المعاملة الحرارية لمطروقات الصلب .

1. تخمير مطروقات الصلب :

Fermentation Of Steel Forging

تهدف عملية التخمير إلى تليين المعدن ، وإزالة الاجهادات الداخلية عن المطروقات، وذلك لتحسين خواصه الفيزيائية . وتتخصص هذه العملية في تسخين المعدن المطروق إلى درجة الحرارة الحرجة (من 700 إلى 750 ° م) وذلك تبعا

لنوع الصلب ، ويترك المطروق عند هذه الدرجة لفترة محدودة ، ثم يبرد ببطء داخل الفرن ، ومن خلال عملية التخمير لمطروقات الصلب تتحقق النتائج التالية :-

(أ) إزالة الانفعالات المتركمة أثناء عمليات الحدادة المخلفة .

(ب) الحصول على مواصفات جيدة للمعدن .. من خلال البنية الداخلية ، حيث تكون ذات حبيبات منتظمة .

(ج) إزالة الاجهادات الداخلية .

(د) تحسين الخواص الميكانيكية من حيث قابلية المعدن للتشغيل .

2. تصليد مطروقات الصلب : Hardening Of Steel Forging

تهدف عملية التصليد إلى زيادة نشوفة المعدن ، حيث يسخن الصلب المطروق إلى درجة حرارة أعلى بقليل من درجة الحرارة الحرجة ، ثم يبرد بسرعة بغمسه في الزيت ، أو في ماء بارد ، أو في ماء مذاب به ملح .

توجد أنواع مختلفة من الصلب ، تختلف درجة حرارة تسخين كل منهم أثناء عملية التصليد باختلاف نوع الصلب ، حيث تصل درجة حرارة التصليد إلى 750 °م للصلب الكربوني ، وإلى 1150 °م للصلب السبائكي .

كما يمكن إجراء بعض المعاملات الحرارية المناسبة على مطروقات الصلب التي تحتوي على نسبة عالية من الكربون لتصليدها بواسطة النقسية من خلال التبريد المفاجئ ، بحيث تصلد أسطحها فقط ، بعمق يصل إلى ما بين 0.4 إلى 0.5 ملميمتر ، ومن أمثلة ذلك .. فرش ماكينات التشغيل ، الحدبات CAMS ، عمود الحدبات CAMSHAFT ، وجميع الأسطح المنزلقة بالآلات والماكينات الخ .

تجري عملية التصليد السطحي لمشغولات مطروقات الصلب بوسائل مختلفة .. أهمها وأكثرها انتشارا هي الآتي:-

(أ) تسخين سطح المطروقات بالحث الكهربائي ، ثم تغمر في الماء البارد .

(ب) تسخين سطح المطروقات بلهب الأكسوجين والإستيلين ، ثم تغمر في الماء البارد .

تتميز عملية التصليد السطحي لمشغولات مطروقات الصلب بأنها لا تستغرق سوى ثواني قليلة .

3.مراجعة مطروقات الصلب :

تجري عملية المراجعة على مطروقات الصلب بعد عملية التصيد . وتتلخص هذه العملية في تسخين الجزء المصلد لمدة محدودة ، في درجة حرارة بين العادية ودرجة حرارة الصلب الحرجة ، ثم تبرد في الهواء . علما بأن سرعة التبريد أثناء عملية المراجعة ليست لها أي أهمية تذكر .

وبإجراء عملية المراجعة ، يتحول الصلب الصلب القصف إلى معدن لين له استعمالات واسعة وفوائد عديدة ، كما يتحول صلادة الصلب الطري بعد إجراء عملية التصليد ، إلى معدن له أقصى صلادة ، وأقل قابلية للاستطالة ، وأقل انفعالات داخلية .. ولهذا تجري عملية المراجعة .

لتحويل الصلب الصلب إلى معدن أقل صلادة ، يكون بذلك أقل مقاومة من الحالة الأولى . كما تؤدي عملية المراجعة إلى إزالة الاجتهادات الداخلية ، حيث تستقر وتتظم ألياف بنية المعدن الداخلية إذا أجريت هذه العملية على الوجه الصحيح .

وتتوقف درجة حرارة المراجعة بالصلب المطروق على العمليات السابقة التي أجريت عليه ، علي مدي أهمية هذه القطعة . وبصفة عامة فإن الصلب الكربوني يراجع عند درجة حرارة منخفضة ما بين 150 إلى 200 °م ، ويراجع الصلب السبائكي الغالي الجودة عند درجة حرارة ما بين 480 إلى 650 °م ، كما يجب مراجعة المطروقات التي تتعرض إلى درجات حرارة مرتفعة أثناء استخدامها .

الباب السابع

الحديد الزخرفي

فن زخرفة الحديد

مِهْدْ

يحتوي الحديد المطاوع على نسبة عالية من الحديد تتراوح ما بين 99 % إلى 99.7 % ، ويعتبر الحديد المطاوع من أطرى المعادن الحديدية ، لذلك فإنه يستخدم في زخرفة المعادن بإشكالها المتعددة

يستخدم الحديد المطاوع المعروف في الوسط الفني بالصلب الطري في المشغولات المنزلية والتجارية وأعمال الديكور من خلال زخرفة الحديد بأشكال مختلفة.

الزخرفة من حيث تاريخها من البداية إلى النهاية بالنسبة لمادة الحديد بالقول إن مادة الحديد منذ نشأتها في القرن الثاني عشر ورسوخها في القرنين الثالث عشر والرابع عشر واستمرارها حتى الآن، كانت مرموقة من كافة المهتمين بالفنون الزخرفية والمعمارية، وقد يكون لصلابتها وطواعيتها دخل في ذلك.

يتناول هذا الباب فن زخرفة الحديد المستخدم عادة في الأعمال المنزلية والديكور وغير ذلك ، كالأبواب الحديدية والشبابيك والأثاث المنزلية مع عرض نماذج مختلفة لكل منهم.

الحديد الزخرفي

يعتبر الحديد من المواد الأولية الطبيعية التي استخدمت في البناء وفي الأعمال المنزلية والتجارية منذ وقت طويل، وقد اتخذ استخدامه العديد من الأشكال، فأحياناً كان استخدامه قاصراً على الهيكل الخرساني، وأحياناً كان يستخدم في الأعمدة السلاسل والأبواب بشكل جمالي، كما أن شكله الجمالي قد اتخذ مراحل عدة حتى نصل إلى الأشكال الحديثة منه.

لا يقتصر استخدام الحديد على الأعمال الإنشائية فقط .. بل تعداه إلى عالم الديكور.. الذي أصبح فيه الحديد المشغول واحد من العناصر الأساسية فيه مع اختلاف تشيكلاته وألوانه.

أنواع الحديد

حديد التماسح : لا يدخله الكثير من العناصر ويحتوي على بنسبة بسيطة من الكربون.

الحديد الزهر: يحتوي على عنصري السيليكون والكربون.

الحديد المطاوع : يعتبر من أفضل أنواع الحديد المستخدم للديكور.. فهو حديد نقي يخلط مع نسبة من مادة تشبه الزجاج لذلك فهو قابل للطرق والتشكيل.

خواص الحديد المطاوع .. (الحديد الطري) :

أهم خواص الحديد المطاوع (الحديد الطري) الآتي :-

1. سهل التشكيل بالحدادة واللحام الحدادي.
2. يعتبر من أكثر المعادن الحديدية تقبلاً لعمليات السحب والثني والتشكيل .
3. سهل الثني على البارد.
4. يتحمل الصدمات.
5. مقاوم للعوامل الخارجية ، حيث أن أكسوجين الجو لا يمكنه الوصول إلى الطبقات الداخلة للمعدن.

الحديد المشغول :

يستخدم الحديد المشغول في الآتي :-

1. الأبواب.
2. الشبابيك.
3. سور البلكونة — سور السلم.
4. الأثاث المنزلي.
5. الكباري.
6. السيارات.
- والكثير غيرها.

العدد والأدوات المستخدمة :

يستخدم في تشكيل الحديد المشغول العدد والأدوات التالية :-

1. الصاروخ : يستخدم للجلي وتنظيف الحديد من الرايش وبقايا اللحام..
2. المنقاب الكهربائي : يستخدم في عمليات الثقب.
3. المطارق بأنواعها وأحجامها.
4. القدمة ذات الورنية : تستخدم في قياس الأبعاد والأقطار الخارجية والداخلية.
5. مقص : مقص صاج — مقص ميكانيكي لقص الصاج وقطع الحديد.
6. مفاتح بلدي : تستخدم في فك وربط المسامير والصواميل.
7. مفكات .. تستخدم في فك وربط المسامير.
8. منشار حدادي : يستخدم للقطع.
9. مجموعة مبارد : تستخدم للتنظيف من الرايش وبقايا اللحام.
10. ميزان المياه : يستخدم في ضبط المستوى الأفقي والرأسي.
11. أدوات تخطيط وعلام (أدوات شنكرة) : قدم صلب — شريد قياس 3 أو 5 متر — فراجير (براجل بأشكال مختلفة) — شوكة علام — زنبه — زوايا بأشكال مختلفة.

الحديد المشغول واستعمالاته في الديكور

لا يقتصر استخدام الحديد على الأعمال الإنشائية فقط ، بل تعداه إلى عالم الديكور الذي أصبح فيه الحديد المشغول واحد من العناصر الأساسية مع اختلاف تشكيلاته وألوانه.

الخامات المستخدمة

يستخدم في تشكيل الحديد المشغول الخامات التالية :-

1. حديد مبطن .. (حديد خوصة).
2. حديد مربع.
3. حديد مستدير.
4. حديد زاوية.
5. مواسير مستديرة.
6. مواسير مربعة.
7. مواسير مستطيلة .
8. ألواح صاج مختلفة السمك (التخانة).

حديد خوصة :

يستخدم حديد الخوصة بسمكه المختلف في تشكيل الحديد لعمل الحلوق — إطارات الضلف — عمل الحشوات الداخلية للمشغولات كما هو موضح بشكل 7 — 1.



شكل 7 - 1

حشوة داخلية لمشغولات الحديد الزخرفي

كما يستخدم حديد الخوصة في الأعمال المنزلية والديكور كما هو موضح بشكل

2 - 7.



شكل 7 - 2

بعض استخدامات حديد الخوصة في الأعمال المنزلية والديكور

الحديد المربع ،

يستخدم الحديد المربع بأبعاده المختلفة في عمل الإطارات الخارجية للأبواب والشبابيك شكل 7 - 3 وعمل الفواصل - الضلف - الشبابيك - الكراسي - وفي بعض الأعمال المنزلية والتجارية.



شكل 7 - 3

مقاسات مختلفة من الحديد المربع

يجري تشكيل الحديد المربع بأبعاده الصغيرة على البارد ، أما الأحجام الكبيرة مثل 10 - 12 - 16 - 18 مم وغيرها يتم تشكيلها على الساخن. شكل 7 - 4 يوضح نموذج من مشغولات الحديد المربع.



شكل 7 - 4

شكل لسور حديقة من الحديد المربع

الحديد المستدير :

يوجد الحديد المستدير شكل 7 — 5 بأقطاره المختلفة 8 — 10 — 12 — 16 — 18 مم ، ويستخدم في أعمال التسليح بالمباني الخرسانية ، وعمل الفواصل والحليا.



شكل 7 — 5

الحديد المستدير

كما يستخدم الحديد المستدير في الأبواب والشبابيك وأعمال الديكور المنزلي كالكراسي والترييزات المعدنية كما هو موضح بشكل 7 — 6.



شكل 7 — 6

نموذج لاستخدام الحديد المستدير في الأثاث المنزلية

المواسير المستديرة :



شكل 7 - 7

مواسير مستديرة مجلفنة بأقطار مختلفة

2. مواسير سوداء : تنتج المواسير السوداء بأقطاره المختلفة 8 - 10 - 12 - 16 - 18 مم ، وتستخدم في أعمال التسليح بالمباني الخرسانية ، وعمل الفواصل والحليات ، يتم قياسها من الخارج (القطر الخارجي) . تستخدم في الأبواب والشبابيك وأعمال الديكور المنزلي.

المواسير المربعة :

تنتج عادة المواسير المربعة من الحديد الأسود بأبعاد 20 - 30 - 40 وهكذا ، تستخدم في عمل أرجل الكراسي شكل 7 - 8 وفي الطاولات (التريزات) وإطارات الضلف والأبواب وفي عمل الفوصل.



شكل 8 - 7

استخدام المواسير المربعة في عمل الكراسي وأعمال الديكور المختلفة

المواسير المستطيلة :

تنتج عادة المواسير المستطيلة من الحديد الأسود بأبعاد مختلفة ل تتناسب مع كافة الأغراض الصناعية.

تستخدم المواسير المستطيلة شكل 7 — 9 في عمل الأبواب والشبابيك وفي عمل الثلاجات والغسالات والمكاتب والأثاثات المعدنية المختلفة.



شكل 7 — 9

مواسير مستطيلة بأبعاد مختلفة

ألواح الصاج :

تستخدم ألواح الصاج في تجليد الأبواب وعمل الثلاجات والغسالات والدواليب والمكاتب والأثاثات المعدنية شكل 7 — 10.



شكل 7 — 10

استخدام ألواح الصاج في الأبواب الحديدية

استخدام ألواح الصاج في الثلاجات والغسالات والدواليب والمكاتب والأثاثات المعدنية شكل 7 – 11.



شكل 7 – 11

استخدام ألواح الصاج في الدواليب والثلاجات

الألواح المعدنية :

يتراوح سمك الألواح المعدنية من 2.5 – 12 مم . تستخدم في عمل أرضيات قطارات السكك الحديدية وفي عمل أغطية البلاعات وغيرها.

حديد زاوية :

يستخدم حديد الزاوية شكل 7 – 12 في عمل حلق الأبواب والشبابيك وعمل إطارات الضلف، كما يستخدم في قواعد الثلاجات والغسالات والبوتاجازات وغيرها من الأعمال الصناعية.



شكل 7 - 12

يد زاوية بأبعاد مختلفة

أنواع الحديد :

حديد التمساح : وهو الحديد الذي لا يدخله الكثير من العناصر وإنما فقط الكربون بنسبة بسيطة.

الحديد الزهر : وهو الذي يحتوي على عنصري السيليكون والكربون.

الحديد المطاوع : وهو أفضل الأنواع للديكور، فهو حديد نقي يخلط مع نسبة من مادة تشبه الزجاج لذلك فهو قابل للطرق والتشكيل

استخدام الحديد المطاوع (الطري) في أعمال الديكور :

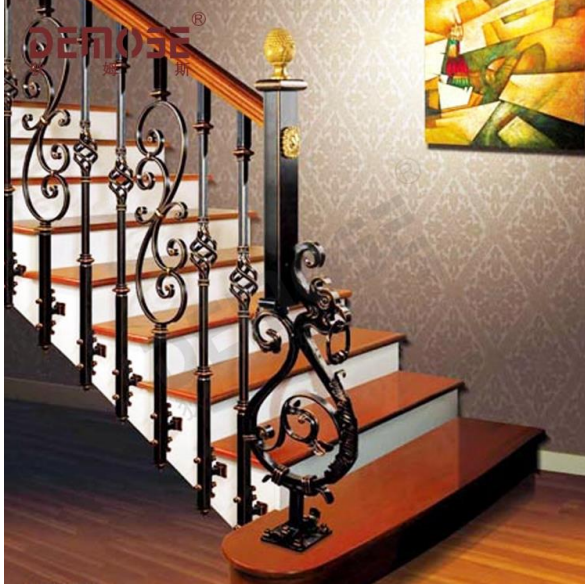
تختلف أعمال تشكيل الحديد حسب الاستخدام ، فمن سور السلم (الدرازين) إلى المدافئ مروراً بالأبواب والنوافذ وانتهاء بالتفاصيل التي يمكن الاستفادة من الحديد المشغول فيها .

أولاً : ديكورات الحديد الزخرفي بسور السلم (الترابزين)

الدرازين الذي يعطي شكلاً للسلم أو الدرج في المنزل ، فهو يعطيه شكل الفخامة والجمال بالإضافة إلى عامل الأمان ، فيستحيل أن نرى سلماً من غير درازين .

فيما يلي مجموعة من الصور لدرازينات من الحديد المشغول ، البداية مع الدرازين المشكل من الحديد تم فيه إدخال الخشب بشكل بسيط وأنيق وناعم ، بدءاً من أعلى السلم وانتهاء في الأسفل ليعطي شكلاً باهراً وساحراً.

شكل 7 - 13 إلى شكل 7 - 24 يوضح سور سلم (درايزين) حديدي بأشكاله وتصميمات مختلفة جميلة جذابة.



شكل 7 - 13

سور سلم (درايزين) حديد مدهون باللون الأسود بمقبض خشبي



شكل 7 - 14

سور سلم (درايزين) حديد مدهون باللون الذهبي بمقبض خشبي



شكل 7 – 15

سور سلم (درايزين) حديد مدهون باللون الأسود بمقبض خشبي باللون الأحمر



شكل 7 – 16

سور سلم (درايزين) حديد مدهون باللون الأسود بمقبض خشبي باللون البني



شكل 7 - 17

سور سلم (درازين) حديد مدهون باللون الأسود بمقبض خشبي باللون الأحمر



شكل 7 - 18

سور سلم (درازين) حديد مدهون باللون الأسود



شكل 7 - 19

سور سلم (درازين) حديد مدهون باللون الأسود



شكل 7 – 20

سور سلم (درايزين) حديد مدهون باللون الأسود



شكل 7 – 21

سور سلم (درايزين) حديد مدهون باللون الأسود



شكل 7 - 22

سور سلم (درايزين) حديد بدوران
بشكل انسيابي جميل مدهون باللون الأسود



شكل 7 - 23

سور سلم (درايزين) حديد مدهون باللون الأسود

شكل 7 - 24 يوضح سور سلم (درايزين) حديدي دائري مدهون باللون الأسود مع إضافة اللون الذهبي لإعطائه الشكل الملوكي الفخم.



شكل 7 - 24

سور سلم (درايزين) حديدي دائري
مدهون باللون الأسود مع إضافة اللون الذهبي

ثانيا : ديكورات الحديد الزخرفي بالأسقف

هناك ديكور يدخل فيه الحديد بشكل مميز وفخم أيضا .. وهو ديكور القباب والأسقف كما هو موضح بشكل 7 - 25 ، 7 - 26 .
فعندما يدخل الحديد في هذه الديكورات يعطيها جمالا منفردا ومتميزا عن غيره، وهنا نلاحظ كيفية دمج الحديد بالزجاج الملون.



شكل 7 – 25

ديكور قبة في سقف بالحديد الزخرفي بدهان بألوان جذابة

شكل 7 – 15 يوضح كيفية دمج الحديد المشغول مع ديكورات السقف



شكل 7 – 26

دمج الحديد الزخرفي بالسقف

ثالثاً: ديكورات الحديد الزخرفي بالمدافئ

للحديد أهمية أيضا عند المدافئ ، فالمدافئ خطرة على الأطفال ، لذلك ابتكر تصميم رائع لتفادي هذه الأخطار وهو ديكور حديدي يوضع على واجهة المدفأة ، مع مراعاة عدم التصاق هذا القفص المعدني بواجهة المدفأة ، بل يجب أن يبعد عنها مقدار مسافة معينة تقدر بنصف متر على الأقل لعدم ارتفاع درجة حرارته

شكل 7 – 27 إلى شكل 29 يوضح نماذج لمدافئ مزودة بأقفاص حديدية مع الاحتفاظ بالديكور حتى يضيف على المكان روعة في الجمال والفخامة.



شكل 7 – 27

نموذج لمدفئه مزودة بقفص حديدي



شكل 7 – 28

نموذج لمدفئه مزودة بقفص حديدي



شكل 7 – 29

نموذج لمدفئه مزودة بقفص حديدي

رابعاً : ديكورات الحديد الزخرفي بالأبواب

هناك ديكور يدخل فيه الحديد بشكل مميز وفخم أيضا .. وهو ديكور الأبواب

الحديدية شكل 7 – 30 إلى شكل 7 – 33.

فعندما يدخل الحديد في هذه الديكورات يعطيها جمالا منفردا ومتميزا عن غيره،

وهنا نلاحظ جمال ديكور الأبواب الحديدية.



شكل 7 - 30

نموذج لباب حديد زخرفي مدهون باللون الأسود مع لمساة رقيقة باللون الذهبي



شكل 7 - 31

نموذج لباب حديد زخرفي مدهون باللون البني مع لمساة رقيقة باللون الذهبي



شكل 7 – 32

نموذج لباب حديد زخرفي مدهون باللون البني
مع اللون البيج ليعطي شكل جذاب ورائع



شكل 7 — 33

نموذج لباب حديد زخرفي مدهون باللون الأسود مصنوع بطريقة مبسطة رقيقة

خامسا : ديكورات الحديد الزخرفي بالشبابيك والبلاكونات

هناك ديكور يدخل فيه الحديد بشكل مميز وفخم أيضا .. وهو ديكور الشبابيك

والبلاكونات الحديدية شكل 7 — 34 الى شكل 7 — 42

فعندما يدخل الحديد في هذه الديكورات يعطيها جمالا منفردا ومتميزا عن غيره،

وهنا نلاحظ جمال ديكور الأبواب الحديدية.



شكل 7 — 34

نموذج لشباك حديد زخرفي مدهون باللون الأسود



شكل 7 — 35

نموذج لشباك حديد زخرفي مدهون باللون الأبيض



شكل 7 - 36

نموذج لشباك حديد زخرفي مشكل بالخصوص بطريقة بسيطة وجميلة



شكل 7 - 37

نموذج لشباك حديد زخرفي بشكل جميل



شكل 7 - 38
نموذج لشباك حديد زخرفي بشكل جميل



شكل 7 - 39
نموذج لبلكونة حديد زخرفي بشكل جميل



شكل 7 — 40

نموذج لبلكونة حديد زخرفي بشكل جميل



شكل 7 — 41

نموذج لبلكونة حديد زخرفي بشكل جميل



شكل 7 — 42

نموذج لبلكونة حديد زخرفي بشكل جميل

سادسا: ديكورات الحديد الزخرفي بالأثاث المعدني

هناك ديكور يدخل فيه الحديد بشكل مميز وفخم أيضا ، فعندما يدخل الحديد في هذه الديكورات يعطيها جمالا منفردا ومتميزا، وهنا نلاحظ جمال ديكورات الأثاث المعدنية . شكل 7 — 43 إلى شكل 7 — 53 يوضح عدة نماذج مختلفة من الأثاث المعدنية.



شكل 7 — 43

سرير من الحديد الزخرفي مصنع بشكل جميل جذاب



شكل 7 — 44

سرير من الحديد الزخرفي مع الخشب مصنوع بطريقة جميلة



شكل 7 – 45
طاولة وكراسي من الحديد الزخرفي



شكل 7 – 46
نموذج لطاولة وكراسي من الحديد الزخرفي



شكل 7 – 47

نموذج من حجرة نوم مصنوعة من الحديد الزخرفي



شكل 7 – 48

نموذج لركنة مصنوعة من الحديد الزخرفي



شكل 7 – 49

نموذج لطاولة وكراسي من الحديد الزخرفي



شكل 7 – 50

نموذج لطاولة وكراسي من الحديد الزخرفي



شكل 7 – 51

نموذج لطاولة ولوحة وشمعدان مصنوعين من الحديد الزخرفي



شكل 7 — 52

كنبة مصنوعة من الحديد الزخرفي يكل جذاب



شكل 7 — 53

نموذج لكنبة مصنوعة من الحديد الزخرفي يشكل رائع جذاب

سابعاً: ديكورات الحديد الزخرفي بالنجف :

تعد وحدات الإضاءة باختلاف أشكالها وأحجامها هي المُكمل الرئيسي لتفاصيل منزلك، فإن أحسنت اختيارها باتت تبعث لك إضاءة وأناقة وتميز رائع لمنزلك، كما أن سوء اختيارها يعطي كآبة للمكان ويُنقص من بهجته حتى وإن كان الأثاث أنيق، فوحدات الإضاءة مهمة للغاية لكي تُبرز ديكور منزلك وتفاصيله.

تختلف أشكال وأنواع وطرق الإضاءة، باستخدام النجف أو وحدات الإضاءة المرصعة بالسقف، حيث أن بريق الكريستالي كالنغمات الموسيقية لأنه يصنع فارقاً واختلافاً رائعاً في منزلك، ويمكنك اختياره بما يناسب منزلك وشكله ومساحته. بين العديد من البدائل الفخمة والأنيقة . شكل 7 – 54 إلى شكل 7 – 58



شكل 7 – 54

نجفة للإضاءة مصنوعة من الحديد الزخرفي بشكل جميل



شكل 7 – 55

نموذج لنجفة للإضاءة مصنوعة من الحديد الزخرفي بشكل جميل



شكل 7 – 56

نموذج لنجفة للإضاءة مصنوعة من الحديد الزخرفي بشكل جميل



شكل 7 – 57

نجفة للإضاءة مصنوعة من الحديد الزخرفي بشكل جميل



شكل 7 – 58

نجفة للإضاءة مصنوعة من الحديد الزخرفي بشكل جميل

ثامنا : ديكورات الحديد الزخرفي بأعمدة الإضاءة

أعمدة الإنارة تنير الشوارع ليلا .. ولا يقصر عليها الإضاءة فقط ، بل تعطي للمكان جمالا من خلال براعة التصميم ، شكل 7 – 59 إلى شكل 7 – 60 يوضح نماذج مخلفة لأعمدة الإنارة.

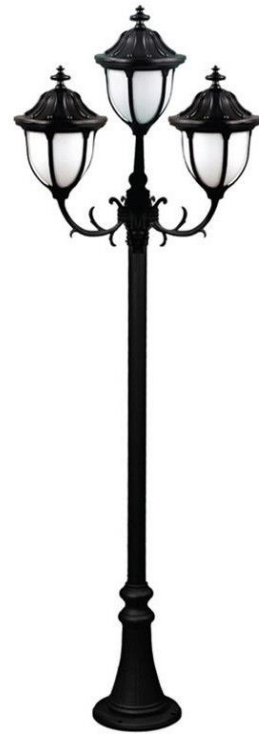


05583107671 / أحمد

59 - 7

أعمدة

إنارة



شكل

مصنوعة من الحديد الزخرفي بأشكال جذابة



شكل 7 - 60

نموذج لعمود إنارة مصنوع من الحديد الزخرفي بشكل جذاب



شكل 7 – 61

نموذج لعمود إنارة مصنوع من الحديد الزخرفي بشكل جذاب



شكل 7 – 62

أعمدة إنارة مصنوعة من الحديد الزخرفي بأشكال جميلة جذابة

هناك ديكور يدخل فيه الحديد بشكل مميز وفخم أيضا ، فعندما يدخل الحديد في هذه الديكورات يعطيها جمالا منفردا ومتميزا.

الباب الثامن

الآمان الصناعي في ورش الحدادة

الفصل الأول

الأدوات والمعدات الوقائية الشخصية

المستعملة في الأعمال الصناعية

مَهَيِّدٌ

تتنوع الأعمال المهنية المختلفة في المجال الصناعي ، كما تتنوع الإصابات والمخاطر الممكن حدوثها عن كل منها ، ولكل مهنة أخطارها ، ولكن بعض المهن أكثر خطورة من غيرها ، وعلي سبيل المثال تجري عمليات لحام أو سباكة المعادن أو الحدادة في أماكن محصورة ، حيث تكون بطبيعة الحال أكثر خطورة من عمليات النقش والزخرفة ، أو من عمليات طباعة مجموعة أوراق.

ومن حسن الطالع أن تتوفر وسائل للوقاية الشخصية لجميع الأعمال الصناعية ، وبذلك أمكن السيطرة علي قطاع عريض من هذه المخاطر ، من خلال ارتداء الزي المناسب لكل منها.

يتناول هذا الباب عرض لجميع أدوات الوقاية الشخصية المستخدمة في الأعمال الحدادة . علماً بأنه لا يقتصر استخدام هذه الأدوات في المجال الصناعي فقط ، بل يمكن استخدام بعضها في الأعمال المنزلية الخطرة ، أو عند ممارسة بعض الأنشطة والهوايات الرياضية التي تتطلب ذلك ، فمثلاً يجب ارتداء القفازات عند مناولة الأشياء الساخنة ، أو عند التعامل مع المواد الكيميائية مثل المبيدات الحشرية ، كما ينبغي لبس النظارات الواقية عند مزاوله رياضة سباق الدراجات ، أو ارتداء سترة النجاة عند مزاوله ركوب القوارب ، لذلك يراعي استخدام الأدوات والأجهزة الوقائية سواء قي مكان العمل أو خارجه للحماية من المخاطر .

كما يتعرض لمخاطر عمليات تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية والآلية من خلال

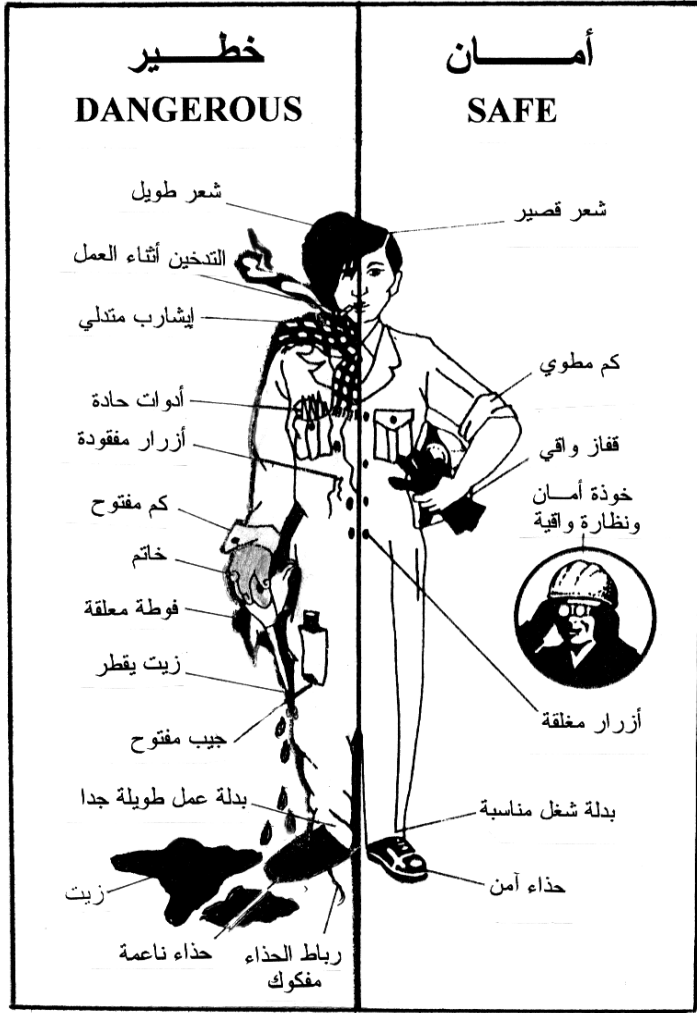
استخدام المطارق والمكابس المختلفة وقوالب التشكيل المفتوحة والمغلقة (الإسطمبات) ومصادر الخطر في هذه العمليات ، والحوادث الناتجة عنها وطرق الوقاية منها ووسائل الأمان التي يجب أن تتوفر بهذه المكابس .

واجبات الأمان الصناعي :

من أهم الواجبات في مجال الأمان الصناعي هو حماية عناصر الإنتاج الثلاثة من المخاطر ، والمقصود بعناصر الإنتاج هو القوى البشرية والآلات والمواد .
والوقاية من المخاطر ، والعمل على عدم وقوع الحوادث والإصابات ، والمحافظة على الأيدي العاملة هو واجب إنساني قبل كل شيء . ويهدف الأمان الصناعي إلى تهيئة ظروف عمل آمنة من أي مخاطر ، وهذا يعتبر أفضل بكثير من رفع شعارات اليقظة والانتباه .

وإذا كانت الوقاية من الحوادث واجب إنساني في جوهرها ، فإن المجهودات التي تبذل للتخفيض منها ولتخفيف ومعالجة آثارها ، تساعد في المحافظة على العاملين ، كما تعمل على تلافي الفقد في ساعات العمل وكذلك المحافظة على الآلات والمواد .
ويعتبر أهم أساليب الوقاية ، أو خط الدفاع الأول ضد المخاطر والحوادث هو ارتداء ملابس العمل بشكل آمن ، واستخدام الأدوات الوقائية المناسبة للعمل المكلف به ، وأيضا إتباع السلوك الذي يتمشى مع قواعد وإرشادات الأمان الصناعي .

وشكل 2 - 1 يوضح رسم تخطيطي لأحد الفنيين ، الجانب الأيمن هو الجانب الآمن النموذجي ، حيث يرتدي ملابس العمل ويستخدم الأدوات المختلفة بسلوك آمنة ، أما الجانب الأيسر فهو يمثل صورة خطيرة ، أو نموذج للإهمال واللامبالاة ، الذي قد يؤدي إلي المخاطر والحوادث له وللآخرين ، وهذا السلوك لا يتمشى مع قواعد وإرشادات الأمان الصناعي .



شكل 1 - 2

نموذج لارتداء ملابس العمل واستخدام الأدوات بطريقة (آمنة أو خطيرة)

ملاحظة :

للمحافظة علي سلامة العاملين وعدم تعرضهم للحوادث والمخاطر أثناء قيامهم بأعمالهم ، فإنه يراعي عدم ارتداء أي شيء يمكن أن يعلق بالآلة مثل الخواتم والساعات والسلاسل وما شابه ذلك عند العمل علي إحدى الآلات أو المعدات المتحركة، وتجنب ارتداء الملابس الفضفاضة أو ذات المقاسات الغير صحيحة .

أدوات الوقائية الشخصية

تعتبر أدوات الوقائية الشخصية من الأدوات الهامة الأساسية التي تستخدم للوقاية من مخاطر العمل والأضرار الصحية ، كما تعتبر وسيلة وقائية إضافية مكملية لمجموعة الإجراءات والاحتياطات الفنية التي تتخذ لحماية العاملين من الإصابات والمخاطر المختلفة .

لهذه الأدوات أهمية خاصة ودور فعال في منع أو التخفيض من التعرض للإصابات والمخاطر والأمراض المهنية .

يختلف استخدام الأدوات الوقائية الشخصية باختلاف طبيعة ونوع العمل ، وتمثل هذه الأدوات في الآتي :-

1. النظارات الوقائية .

2. الأحذية الآمنة .

3. القفازات الوقائية .

4. المرايل .

5. القبعات الصلبة .

6. سدادات وأغطية الأذن .

7. واقيات الرئة .

النظارات الواقية

العين جوهرة ، والمحافظة علي سلامة العين يعد من أهم أركان الحياة اليومية ، لا سيما لهؤلاء الذين يعملون في المجال الصناعي .

ولا يقتصر المحافظة علي سلامة العين بأمكان العمل فقط ، بل يجب المحافظة علي أبصارنا في جميع الأماكن وبصفة مستديمة .

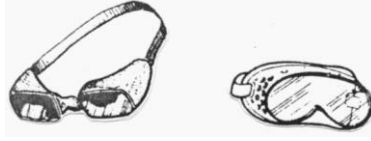
تتوقف أنواع وسائل الوقاية المطلوبة للعينين علي طبيعة العمل والأخطار الممكن حدوثها ، وبصفة عامة توجد النظارات الوقائية بأشكال عديدة ، علما بأنها

تتنسب جميعها إلي نوعين أساسيين هما :-

1. نظارات يركب بها زجاج أو بلاستيك شفاف :

الغرض من استعمال النظارات الوقائية التي يركب بها زجاج أو بلاستيك شفاف الموضحة بشكل 2 - 2 ، هو حماية العينين من المخاطر والأضرار التي قد تسببها أثناء القيام بالأعمال الآتية :-

- (أ) عمليات الخراطة - التفريز - الثقب - التأجين - التجليخ ... الخ ، وذلك لحماية العينين من تطاير الرايش والقطع المعدنية الصغيرة .
- (ب) أثناء التعامل مع المواد الكيميائية ، وذلك لحماية العينين من تناثر (طرشرة) المواد الملتهبة .



شكل 2 - 2.

نظارات يركب بها زجاج أو بلاستيك شفاف

2. نظارات أو أقنعة واقية يركب بها زجاج أسود :

تستخدم النظارات أو الأقنعة الواقية التي يركب بها زجاج أسود للأغراض التالية :-

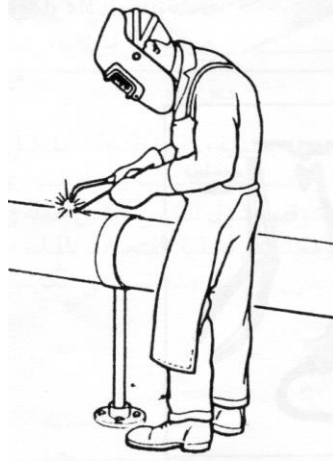
- (أ) لوقاية العينين من الضوء الشديد واللهب والحرارة المنبعثة عن عمليات اللحام بالأكسجين أو الكهرباء كما هو موضح بشكل 2 - 3 .



شكل 2 - 3

استخدام نظارة يركب بها زجاج أسود أثناء عمليات اللحام بالأكسوجين والكهرباء

(ب) لوقاية العينين من شدة الحرارة والضوء المنبعثين أثناء عملية اللحام بالكهرباء ،
تستخدم الأقنعة الواقية التي يركب بها زجاج أسود كما هو موضح بشكل
2 - 4 .



شكل 2 - 4

تستخدم أقنعة واقية يركب بها زجاج اسود أثناء عمليات اللحام بالكهرباء

الأحذية الآمنة

يجب استخدام أحذية الأمان والسلامة في معظم مناطق العمل . توجد هذه الأحذية بأنواع ونماذج مختلفة ، حيث صممت بنعال خاصة للوقاية من مخاطر الأحماض والزيوت والكهرباء وغيرها . الغرض من استعمال الأحذية الآمنة ، والأحذية الواقية للسيقان ، هو حماية أقدام العمال والفنيين من المخاطر المحتمل حدوثها أثناء العمل .

تختلف أشكال وأنواع الأحذية الآمنة باختلاف نوع العمل الذي يؤديه العامل أو الفني ، وهي كالآتي :-

4. أحذية بنعال ذات ألواح معدنية :

تستعمل الأحذية المقواه والمزودة بنعال ذات ألواح معدنية مرنة الموضحة بشكل 2 - 8 لحماية ووقاية أقدام العمال والفنيين من المخاطر التي قد يتعرضون لها أثناء السير على الأجسام الحادة ، مثل المسامير أو الأجزاء المعدنية الصغيرة أو قطع الزجاج وما شابه ذلك .



شكل 2 - 8

حذاء بنعل مقوى بألواح معدنية مرنة

ملاحظة :

لراحة قدميك وعدم تعرضك للإصابات والمخاطر المختلفة ، فإنه يجب عليك إتباع الآتي :-

- تأكد أن حذائك يوفر لك أقصى درجات الراحة .
- يجب فحص الحذاء بصفة منتظمة للتأكد من عدم وجود تمزقات أو تشققات ، وخلوه من الأجزاء المعدنية الحادة المنغرسه به أو أي تلفيات أخرى .
- استبدل الحذاء فوراً إذا ظهرت عليه علامات تدل علي تلفه .
- حافظ علي قدميك بعيداً عن الأجزاء الثقيلة أو المتحركة .
- كن منتبهاً حتى لا تتعرض إلى أخطار التعثر علي الأرضيات المبللة أو الغير مستوية ، أو عبر أسلاك التوصيلات الكهربائية الممددة .

القفاذات الواقية

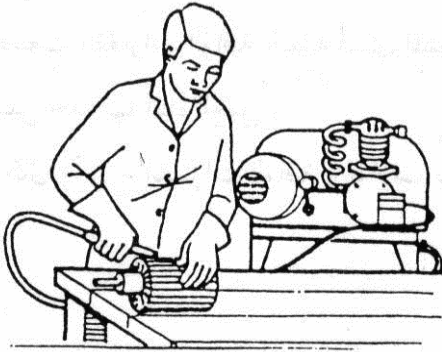
يجب ارتداء القفاذات أثناء مناولة المواد والمعدات التي قد تتطوي علي خطر إصابة اليدين ، ويتوقف نوع القفاذ المستخدم علي نوع الخطر المحتمل حدوثه ، مثل

الحرارة العالية الناتجة عن عمليات اللحام والحدادة ، أو التلوث بالأحماض من الزيوت أو المواد الكيميائية ، أو عند نقل الأجزاء المعدنية التي تحتوي علي حواف حادة ، أو من الرايش (المخلفات الناتجة عن عمليات تشغيل الأجزاء المعدنية علي المخارط والفرايز والمقاشط والمثاقب) . لذلك فقد صممت القفازات الواقية لحماية الأيدي من المخاطر والأمراض المهنية المحتمل حدوثها أثناء العمل .

تختلف أشكال وأنواع القفازات باختلاف نوع العمل الذي يؤديه العامل أو الفني .. فيما يلي عرض لأكثر أنواع القفازات إستخداماً في المجال الصناعي :-

2. قفازات قطنية :

تستعمل القفازات القطنية لحماية ووقاية الأيدي من المعادن الملوثة بالزيوت والشحوم أو من الأجزاء المعدنية ذات الأحرف الحادة كما هو موضح بشكل 10 - 2 .



شكل 2 - 10

استعمال القفازات القطنية لحماية الأيدي من المعادن الملوثة بالزيوت والشحوم والأجزاء المعدنية الحادة

3. قفازات إسبتوس :

تستعمل القفازات المصنوعة من المواد العازلة للحرارة كالإسبتوس لحماية ووقاية الأيدي من اللهب والحرارة المرتفعة ، أثناء عمليات تشكيل المعادن على الساخن بالحدادة ، أو عمليات اللحام بالأكسوجين والكهرباء كما هو موضح بشكل 2 - 11 .



شكل 2 - 11

تستعمل قفازات الإسبستوس
أثناء عمليات اللحام المختلفة

المرايل

الغرض من استعمال المرايل هو حماية ووقاية الجزء الأمامي من الجسم (الصدر ، البطن ، الساقين) من المخاطر المحتمل حدوثها أثناء عمليات الحدادة واللحام ، أو أثناء العمل أمام الأفران ، أو عند التعامل مع المواد الكيميائية ، أو عند التعرض للأشعة والمواد المشعة وغيرها .

تختلف أشكال وأنواع المرايل باختلاف نوع العمل الذي يؤديه العامل أو الفني وهي كالآتي :-

2. مرايل الجلد :

تستعمل المرايل المصنوعة من الجلد الموضحة بشكل 2 - 16 لحماية ووقاية

العمال والفنيين من مخاطر تطاير الشرر ، وما يترتب عليه من الإصابات والالتهابات والحروق الجلدية ، وذلك أثناء قيامهم بأعمال اللحام أو الأعمال المشابهة لذلك . تتميز المرايل المصنوعة من الجلد بامتصاصها للحرارة والأشعة فوق البنفسجية.

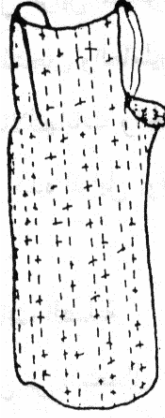


شكل 2 - 16

استعمال المرايل الجلدية
في أعمال اللحام المختلفة

3. مرايل إسبستوس :

تستعمل المرايل المصنوعة من المواد العازلة للحرارة كالإسبستوس الموضحة بشكل 2 - 17 في حماية ووقاية الأجزاء الأمامية للجسم من مخاطر الحرارة الشديدة ، المنبعثة أثناء عمليات تشكيل المعادن على الساخن بالحدادة ، كما تستعمل للفنيين العاملين أمام أفران صهر المعادن .



شكل 2 - 17

مرييلة مصنوعة من مادة
عازلة للحرارة كالاسبستوس

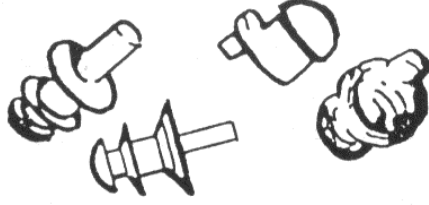
سدادات وأغطية الأذن

يتعرض العاملون في أماكن عملهم لمخاطر الضوضاء ، مما ينتج عنه ما يسمى بالإصابة بالصمم المهني ، ومن ثم فإنه يجب استخدام وسائل حماية السمع عندما يتعذر خفض مستوى الضجيج .

يتوفر نوعان من وسائل حماية السمع (واقيات الأذن) ، هما سدادات أو أغطية للأذن (كاتمة أو خافضة للضوضاء) .. وهما كما يلي :-

1. سدادات الأذن :

سدادات الأذن الموضحة بشكل 2 - 20 تسمى أيضاً بالحشوات السدادة ، توضع داخل الأذن وتستعمل ككاتمات للضوضاء . تصنع السدادات من اللدائن المعالج كيميائياً ، حتى لا يتسبب عنها أضرار صحية . ولكي تكون ذات أثر فعال ، يجب أن تتطبق تماماً بالأذن حتى لا تسمح بمرور الهواء .
يوصى بتطهير سدادات الأذن قبل استخدامها ، لكي لا يتسبب عنها أضرار والتهابات بالأذن .

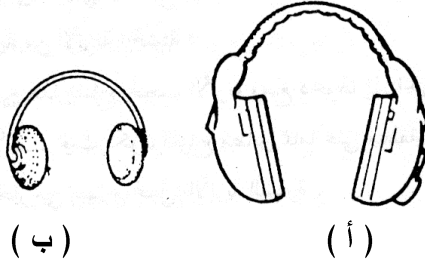


شكل 2 - 20

تستعمل سدادات الأذن ككاتمات للضوضاء

2. أغطية الأذن :

أغطية الأذن الموضحة بشكل 2 - 21 علي شكل كوب ، وتستعمل لتغطية الأذنين بإحكام ، وتعمل كخافضات أو كاتمات للضوضاء .
توجد أغطية الأذن بأنواع وأشكال متنوعة . يستخدم العاملون ذوات التخصصات المختلفة ، أغطية الأذن المناسبة لنوع وطبيعة كل عمل .
تصنع أغطية الأذن من اللدائن من طبقتين أو من عدة طبقات ، يوضع بين كل طبقتين مادة تمتص الذبذبات الصوتية ، بحيث تمنع انتقالها إلى الأذنين .



شكل 2 - 21

استعمال أغطية الأذن كخافضات وكاتمات للضوضاء

(أ) أغطية كاتمة للضوضاء .

(ب) أغطية كاتمة وخافضة للضوضاء .

واقيات الرئة

تتعرض الرئتان نتيجة لاستنشاق الأتربة أو الأبخرة أو الغازات المنتشرة في جو العمل إلى مخاطر وأضرار صحية جسيمة ، تؤدي إلى ما يسمى

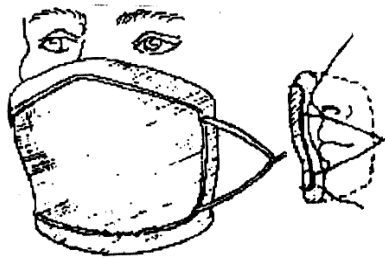
بالتليف أو التجر الرئوي ، أو التسم نتيجة لاستنشاق الأبخرة ، أو الوفاة نتيجة لاستنشاق الغازات السامة .

صممت أجهزة وأقنعة لغرض إستخدامها لحماية العاملين من استنشاق الهواء الملوث (وقاية الرئتين ومنطقة التنفس من إستنشاق الأتربة أو الأبخرة أو الغازات المنتشرة في بيئة العمل) ، وذلك من خلال التنقيته من الملوثات لتوفير الهواء الصالح للتنفس . وغالباً ما تكون الأخطاء المتعلقة بالتنفس خفية ، فقد لا تستطيع رؤيتها أو شمها ، حيث يبدوا لك أحياناً أن الهواء نقي ، في حين أنك تستنشق بالفعل ملوثات خطيرة ، لذلك فإنه يجب استخدام أجهزة التنفس عندما يكون جو العمل ملوث بالأتربة أو الأبخرة أو الغازات السامة .

تختلف أنواع وأشكال أجهزة التنفس (أقنعة وواقيات الرئة) باختلاف نوع العمل الذي يؤدي .. وهي كالآتي :-

1 - قناع للوقاية من الأتربة الخشنة :

تستخدم الأقنعة لحجب الأتربة ومنع دخولها إلى الجهاز التنفسي عن طريق الفم والأنف ، بحيث يكون القناع منطبقاً تماماً على منطقة التنفس لمنع دخول الهواء الخارجي إليها والمحمل بالأتربة الضارة ، وشكل 2 - 22 يوضح أحد أنواع الوقاية من الأتربة الخشنة ، والتي تزيد حجمها عن (8 : 10 ميكرون) والتي تترسب في القصبة الهوائية .



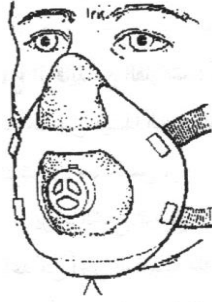
شكل 2 - 22

قناع للوقاية من الأتربة الخشنة

2. قناع للوقاية من الأتربة الدقيقة :

يخصص قناع الوقاية من الأتربة الدقيقة الموضح بشكل 2 - 23 لحجب الأتربة الصغيرة جداً (الدقيقة) والتي يصل حجمها ما بين (1 - 3 ميكرون) ، والتي تترسب في الحويصلات الهوائية للرئتين ، عن طريق الفم والأنف ، وهى التي يتسبب عنها ما يسمى بالتليف أو التحجر الرئوي .

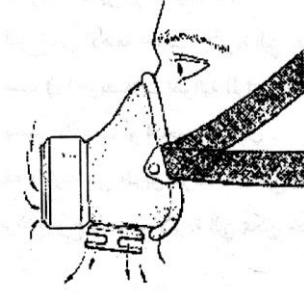
يتم حجب هذه الأتربة عن طريق المرشحات FILTERS التي يتم تركيبها بالقناع ، هذه المرشحات موضح علي كل منها ، نوع وحجم الأتربة التي يمكن حجبها ومنع وصولها إلى منطقة التنفس .



شكل 2 - 23

قناع للوقاية من الأتربة الصغيرة (الدقيقة)

ذود القناع المخصص للوقاية من الأتربة الصغيرة (الدقيقة) بصمامين أحدهما مخصص لدخول هواء الشهيق ، والآخر مخصص لخروج هواء الزفير . ويجب أن يكون القناع محكما عند ارتدائه بحيث لا يسمح بدخول الهواء إلى منطقة التنفس ، كما يجب استبدال المرشح بآخر عند الشعور بصعوبة التنفس . وشكل 2 - 24 يوضح كيفية عمل القناع عند دخول هواء الشهيق وخروج هواء الزفير .



شكل 2 - 24

طريقة عمل القناع عند دخول هواء الشهيق وخروج هواء الزفير

3. قناع الوقاية من الغازات :

يخصص هذا النوع من الأقنعة ، للوقاية من الغازات الخائقة أو الملهبة أو المهيجة ، والتي قد تتسرب وتنتشر في جو العمل .

يزود القناع بمرشح FILTER على هيئة علبة موضح عليها اسم الغاز الذي أعد من أجل الوقاية منه ، كذلك مزود بصمام يسمح بدخول هواء الشهيق فقط ، والقناع المركب على الوجه بصمام خروج هواء الزفير ، وهذا النوع يعمل على اختزال المواد الضارة وتنقيتها ، وشكل 2 - 25 يوضح أحد أنواع هذه الأقنعة .

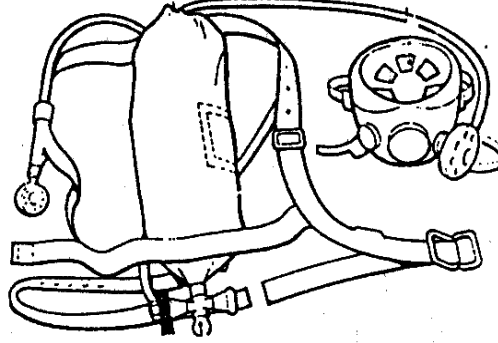


شكل 2 - 25

قناع للوقاية من الغازات

4. قناع وقاية يحتوى علي أكسوجين نقي :

يستخدم قناع الوقاية المزود بالأكسوجين النقي الموضح بشكل 2 - 26 عند العمل بالأماكن المغلقة التي لا تحتوي علي أكسوجين ، أو عند تسرب وانتشار الغازات الخائفة أو الغازات السامة في جو العمل .

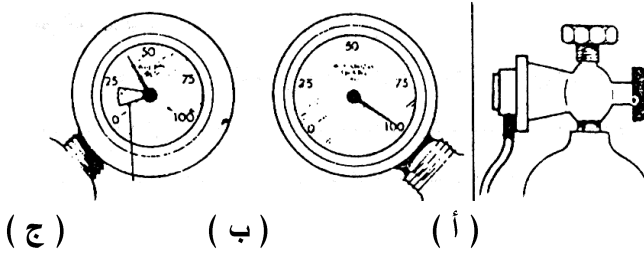


شكل 2 - 26

قناع وقاية يحتوي علي أكسوجين نقي مضغوط

القناع مزود باسطوانة بها أوكسجين نقي مضغوط ، مركب على الأسطوانة مبين يوضح كمية الأوكسجين بها . يوجد على المبين علامة خطر لتنبه مستعمل الجهاز للخروج من مكان العمل قبل نفاذ الأوكسجين ، حتى لا يقع في دائرة الخطر .

ويوضح شكل 2 - 27 جزءاً من اسطوانة أكسوجين ، والمبين الذي يوضح كمية الأوكسجين الموجودة بالأسطوانة في بدء ونهاية العمل .



شكل 2 - 27

مبين يوضح كمية الأكسوجين بالأسطوانة في بدء ونهاية العمل

(أ) جزء من اسطوانة الأكسوجين .

(ب) المبين يوضح كمية الأكسوجين الموجودة في الأسطوانة عند بدء العمل .

(ج) المبين يوضح كمية الأكسوجين الموجودة في الأسطوانة في نهاية العمل.

الطريقة الصحيحة لاستعمال أجهزة التنفس :

فيما يلي بعض الإرشادات التي توضح الطريقة الصحيحة لاستعمال أجهزة التنفس والمحافظة عليها .

1. افحص جميع أجهزة التنفس للتأكد من خلوها من التشقق أو أي علامات تلف أخرى قبل كل استعمال ، وبلغ المسؤول عن أي جهاز تلف وأطلب استبداله في الحال .

2. استبدل مرشح الهواء في الأجهزة التي تنقي الهواء كلما اقتضى الأمر ذلك ، وإذا كان الجهاز من النوع الذي يستعمل مرة واحدة ، فإنه يجب التخلص منه فوراً في حالة تغير لون المرشح أو انسداده .. أي عندما يصبح التنفس بواسطته صعباً .

3. أتبع إرشادات الشركة المصنعة عن القيام بتنظيف أو بتعقيم أو حفظ أجهزة التنفس ذات الاسطوانات ، كما يجب استبدال تلك الأسطوانات عندما يصبح التنفس بواسطتها صعباً .

4. عند ارتداء جهاز التنفس ، تذكر إن منع نفاذ الهواء الملوث يعتمد علي درجة انطباق الجهاز علي وجهك ، فاللحية والذقن الغير حليقة والشاربان والنظارات وبنية عظام الوجه ، يمكنها جميعاً أن تؤثر علي مدي انطباق الجهاز علي الوجه ، وبالتالي علي مدي الحماية المتوفرة .

5. عدم نزع جهاز التنفس خلال التواجد في منطقة خطرة ، وعند مواجهة مشكلة بالجهاز أثناء ارتدائه ، فعليك الانتقال بسرعة إلى منطقة مأمونة قبل نزعه .

6. تستبدل اسطوانات أجهزة التنفس المستعملة بأخري معبأة تماماً .

ملاحظة :

عند استخدام أجهزة التنفس فإنه يراعي عدم الاحتفاظ بجهاز تنفس تالف ، بل يرسل إلى الجهات المختصة لإصلاحه أو استبداله في الحال ، لأن وجوده في مكان العمل ، واستخدامه في الحالات الطارئة قد يسبب الهلاك .

الفصل الثاني

مخاطر عمليات تشكيل المعادن

مَهَيِّدٌ

المقصود بعمليات تشكيل المعادن .. أي تغيير أشكال الأجزاء المعدنية للحصول على أشكال أخرى للمشغولات المراد تنفيذها بالموصفات المطلوبة ، وننم هذه العمليات بدون إزالة رايش .

يتناول هذا الفصل مخاطر عمليات تشكيل المعادن عن طريق إستخدام المكابس المختلفة ووسائل الأمان التي يجب أن تتوفر بهذه المكابس . ويتعرض إلى قوالب التشكيل المفتوحة والمغلقة (الإسطمبات) ومصادر الخطر في هذه العمليات والحوادث الناتجة عنها وطرق الوقاية منها .

عمليات التشكيل

تشتمل عمليات التشكيل على عمليات القطع بالضغط أو القص أو الثني ، والمقصود بعملية التشكيل .. أي تغيير شكل جزء معدني للحصول على شكل آخر للمشغولة المطلوبة تنفيذاً بالمواصفات المطلوبة ، وتتم هذه العمليات بدون إزالة رايش ، وذلك من خلال دفع مكبس أو دفع أداة قطع أو عن طريق عمليات الثني اليدوي أو الآلي .

وتحدث أخطار ناجمة عن عمليات التشكيل ، نتيجة لإهمال بعض الفنيين أو سوء تقديرهم من خلال اقتراب أيديهم وأصابعهم عند منطقة الضغط أو القطع .

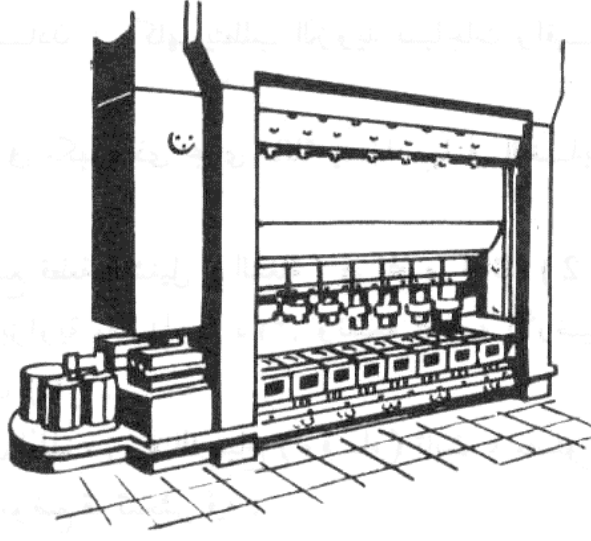
المكابس الميكانيكية

تتوافر المكابس الميكانيكية بأحجام وتصميمات مختلفة ، وقد صممت المكابس المختلفة الأحجام لاستخدامها في عمليات قطع وقص وتشكيل الألواح المعدنية بالضغط على البارد وعلى الساخن .

مكبس التشغيل المتسلسل (المتتابع) :

تتم حركة التغذية الآلية بالقطع المعدة للتشكيل في قالب مكبس التشغيل المتسلسل (المتتابع) الموضح بشكل 4 - 42 من خزنة ، حيث تقوم الماسكات بنقل المشغولات من قالب إلي قالب آخر بشكل متسلسل (متتابع) ، ثم تقذف الشغلة المنتهية التشكيل لتغذى بدلا منها في بداية مراحل الكبس شغلة أخرى جديدة .

تؤمن منطقة القالب من جميع جهاتها بسياج واق مصنوع من مادة شفافة ، وإذا تطلب الأمر الاقتراب من منطقة القالب فإن السياج يرفع ميكانيكياً .



شكل 4 - 42

مكبس التشغيل المتسلسل

مميزات مكبس التشغيل المتسلسل :

يتميز مكبس التشغيل المتسلسل (المتتابع) بسياجه الآمنة الذي يعمل على تأمين المناطق الخطرة مثل منطقة القالب ، حيث لا يعمل المكبس إلا إذا كان السياج في وضع الوقاية ، علماً بأن السياج قد صمم بحيث لا يسبب حدوث أي مضايقات أو أخطار للعاملين على المكبس .

وضعت مجموعة من إرشادات خاصة بالاحتياطات الواجب توافرها لسلامة للعاملين في مجال تشغيل المكابس ، تنطبق هذه الإرشادات على جميع أنواع المكابس (الميكانيكية - الهيدروليكية ... وغيرها) . والتي إذا أخذ بها فإنها ستكون كفيلة بتجنب المخاطر المحتمل حدوثها أثناء التشغيل ، ومنها على سبيل المثال الآتي :-

1. عدم اقتراب أصابع اليد من مناطق الخطر .. (الأماكن القابلة للضغط) .
2. يجب أن تزود جميع المكابس بوسائل أمان مثل السياج أو الحواجز الواقية التي تتحرك ميكانيكياً أو كهربائياً ، أو تتحرك عن طريق اليدين لمنع اقتراب أصابع

يد الفني أو أحد أطرافه إليها .

3. يجب أن تصمم المكابس بحيث لا يسمح لها بالمشوار الفعال (حركة الضغط) إلا إذا كانت يد الفني بعيدة عن تجويف القالب .

وسائل الأمان الواجب توافرها بالمكابس الميكانيكية :

فيما يلي عرض لبعض وسائل الأمان الواجب توافرها في المكابس الميكانيكية ، الغرض منها هو حماية وسلامة العاملين عليها ، وتجنب المخاطر المحتملة حدوثها عند التشغيل :-

وسيلة أمان تعمل بحركة الذراعين معاً :

تصمم المكابس بحيث يتم تشغيلها ميكانيكياً ، من خلال حركة الذراعين معاً كما هو موضح بشكل 4 - 43 ، حيث لا يعمل المكبس إلا من خلال حركة الذراعين معاً وفي آن واحد ، ومن البديهي أنه في هذه الحالة لا يمكن اقتراب يد الفني أو أحد أصابعه إلى منطقة الخطر .



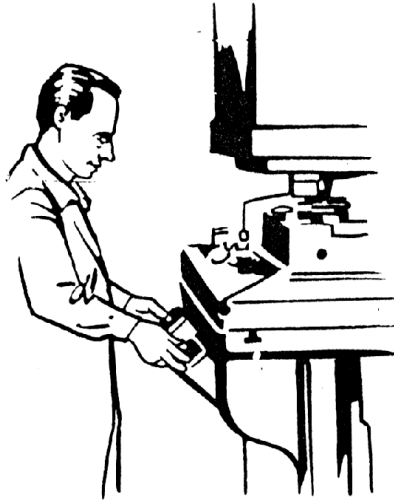
شكل 4 - 43

وسيلة أمان بمكبس تعمل ميكانيكياً من خلال حركة ذراعي الفني معاً

وسيلة أمان كهربائية :

وسيلة أمان بمكبس يتم تشغيلها كهربائياً ، من خلال المفاتيح الكهربائية كما هو موضح بشكل 4 - 44 ، حيث لا يعمل المكبس إلا من خلال توصيل الدائرة الكهربائية عن طريق الضغط على المفتاحين المتباعدين عن بعضهما في آن واحد . ومن البديهي في هذه الحالة أنه لا يمكن اقتراب يد الفني أو إحدى أصابعه إلي منطقة الخطر.

بمعنى أنه إذا تحرك ذراع واحد فقط في وسيلة الأمان السابق ذكرها أو بتوصيل الدائرة الكهربائية عن طريق مفتاح واحد فقط ، فإن المكبس في كلا الحالتين لا يعمل ، ونتيجة لهذه الوسيلة تكون يدي الفني وأصابعه مشغولتين أثناء تشغيل المكبس في المشوار الفعال .. (حركة الضغط العالي) وهي أخطر مراحل تشغيل المكبس ، وبذلك يتحقق السلامة والأمان .



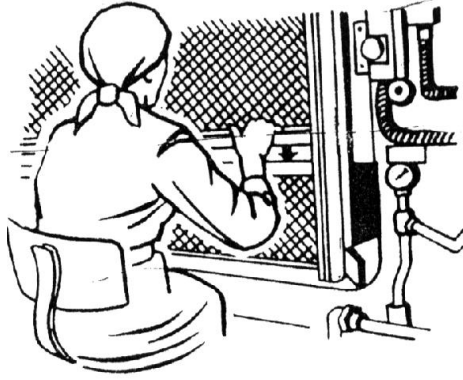
شكل 4 - 44

وسيلة أمان بمكبس تعمل كهربائياً من خلال مفاتيح

وسيلة أمان شبكية آمنة :

وسيلة أمان بمكبس عن طريق حواجز شبكية آمنة كما هو موضح بشكل 4 - 45 ، لحماية وواقية ليدي الفني .

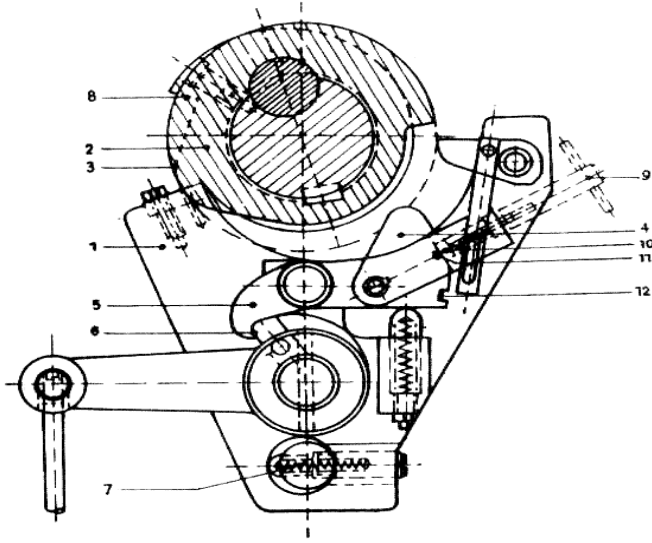
يمكن أن تكون هذه الحواجز على شكل لوح شبكي متحرك يتحرك يدوياً أو بالكهرباء أو بالهواء المضغوط ، بحيث تحجب هذا الحاجز الشبكية تجويف القلب المثبت بمنطقة الخطر من جميع الجهات ، ولا يمكن تشغيل المكبس إلا إذا كان الحاجز المتحرك مغلق تماماً ، أي في وضع الأمان ، ويظل في هذا الوضع حتى نهاية فترة المشوار الفعال (حركة الضغط) .



شكل 4 - 45

وسيلة أمان بمكبس على شكل لوح شبكي متحرك

يتم حركة الكبس وتشغيل وسيلة الأمان ذات اللوح الشبكي المتحرك من خلال حركة المقبض الموضح بشكل 4 - 46 ، حيث تتسحب الرافعة 1 من الحلقة الحابسة 2 ، وبتعشيق المفتاح الدحروجي بوسيلة التحريك ليتم شوط الكبس ، وتضغط حذبة التحكم 3 على الرافعة 4 التي تدفع الرافعة 5 خارج السقطة 6 . ويتوقف المكبس عندما يعيد النابض اللولبي (الياي) 7 الرافعة 1 إلي وضعها الأصلي . وعند إطلاق السياج الواقى لليدين تنتقل الرافعة 5 لتتعشق مع السقطة 6 ، وبذلك يمكن بدء الشوط التالي للمكبس .



شكل 4 - 46

قابض ذو مفتاح دحروجي

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| 1. رافعة . | 2. حلقة حابسة . |
| 3. حلبة تحكم . | 4. ذراع . |
| 5. رافعة . | 6. سقاطة . |
| 7. نابض لولبي (ياي) . | 8. سقاطة . |
| 9. مفتاح . | 10. بنز . |
| 11. سقاطة . | 12. سقاطة . |

مميزات وسيلة الأمان المانعة لاقتراب الأصابع :

تتميز وسيلة الأمان المانعة لاقتراب الأصابع من أي موضع قد تتحشر فيه ، بإمكانية توقف حركة تشغيل المكبس على الفور إذا أعتق العامل السياج الواقي لليدين ، حيث يوقف حركة المكبس عن طريق الرافعة 1 التي تتعشق بالسقاطة 8 ، وبذلك تعمل هذه التجهيزة على حماية العاملين عليه من خطورة الاقتراب من تجويف القالب .

يمكن ضبط المكبس ليعمل أشواطاً فردية من خلال تشغيل المفتاح 9 حيث يتحرك المسمار 10 ليتعشق بالسقاطة 11 .

يمكن ضبط المكبس ليعمل أشواطاً متواصلة من خلال حركة المسمار 10 الذي يتعشق مع السقاطة 12 .

ملاحظة :

يراعى قبل البدء بالعمل على المكبس يجب مراجعة التشغيل الصحيح لوسيلة الأمان ، كما يجب أن يكون العاملين على تشغيله على دراية تامة بتعليمات التشغيل .

المكابس الهيدروليكية :

المكابس الهيدروليكية HYDRAULIC PRESSES هي التي تعمل بالسوائل ، والسوائل المستخدمة بها بصفة عامة هي الزيوت الخاصة والماء . تستخدم المكابس الهيدروليكية في توليد قوى بضغط عالية .

مميزات المكابس الهيدروليكية :

تتميز المكابس الهيدروليكية بالصفات التالية :-

1. إنتاج قوة كبيرة .
2. الإنتاج الكمي للمشغولات بدرجة عالية من الدقة في زمن قصير .
3. استخدام وسائل وتجهيزات بسيطة نسبياً .
4. عدم حدوث أي اهتزازات أو ذبذبات أثناء عملية الكبس .
5. سهولة التحكم في نقل القوة المطلوبة في عملية الكبس .
6. يعمل من خلال مقبض واحد .
7. الطمأنينة أثناء تشغيله وذلك لوجود صمامات أمان .

عيوب المكابس الهيدروليكية :

على الرغم من كثرة مميزات المكابس الهيدروليكية ، إلا أن هناك بعض العيوب البسيطة والتي يجب التعرف عليها وهي كالآتي :-

1. ارتفاع درجة حرارة الزيت مع تغير لزوجته أثناء مروره في القنوات الضيقة ،

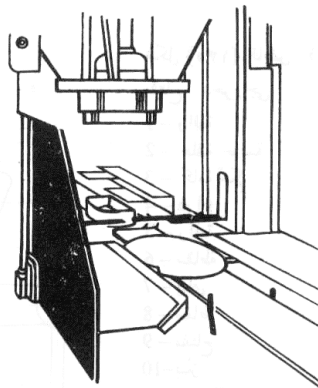
- الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف أدائه نتيجة لذلك .
2. تغير خواص الزيت مع طول الاستعمال .
3. ضرورة وجود تفاوتات صغيرة جداً للأجزاء المتحركة لتلافي تسرب الزيت ..
مما يؤدي إلى ارتفاع ثمنها .

المكبس ذو وصلة التغذية الهيدروليكية :

توضع قطع التشغيل المراد كبسها والتي تصل أقطارها إلى 1000 ملليمتر على وصلة التغذية الهيدروليكية الموضحة شكل 4 - 47 خارج تجويف القالب ، ثم تشحن في القالب أو تخرج منه بوساطة ماسك ، وفي هذه الحالة لا يمكن اقتراب الأيدي إلى منطقة القالب نظراً للبعد الكبير لموضع وقوف العامل على المكبس ، ولمنع أي اقتراب للأيدي من جميع الجهات تركيب سياج واقية مفصلية على المجموعة المتحركة .

ولتسهيل عملية الاقتراب من منطقة القالب عند تغييره ، فقد صممت وصلة التغذية بحيث يمكن تحريكها حركة دائرية من الخارج عن طريق بعض حركات يدوية بسيطة .

تتميز وصلة التغذية الهيدروليكية بالمكابس بتأمين سلامة العاملين عليها بدرجة مطلقة .



شكل 4 - 47

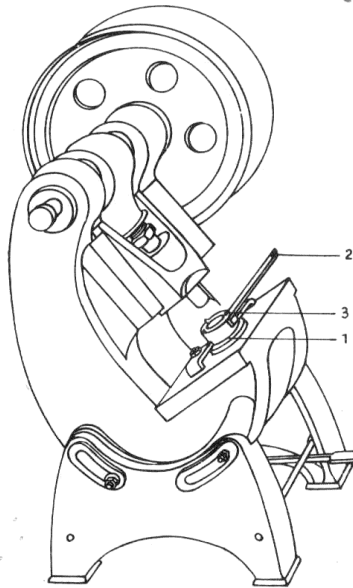
وصلة تغذية المشغولات بمكبس هيدروليكي

صممت بالمكابس بعدة طرق آمنة ، كلها تتطلب التزويد بسياج واقية لتأمين سلامة العاملين عليها .

يوضح شكل 4 - 48 إحدى طرق الوقاية الآمنة بمكبس ذي مجرى مائلة ، حيث استفاد من ميل فرش المكبس للحصول على تغذية بالتناقل .. (أي بفعل الجاذبية الأرضية) .

تميل المجرى 2 الموجودة بفرش المكبس بزاوية قدرها 30° ، حيث توضع قطعة التشغيل في المجرى المائل المتصل بالقالب 1 والمائل بزاوية مقدارها 15° ، حيث تنزلق الشغلة على المصدر 3 الموجود بالقالب 1 نتيجة للجاذبية الأرضية .

وبعد إتمام شوط الكبس تقذف الشغلة إلي الخلف ، حيث يوجد سياج واقية ثابت مصنوع من مادة شفافة يمنع اقتراب الأصابع من أي موضع قد تنحسر فيه .



شكل 4 - 48

مكبس بصينية مائلة

قوالب التشكيل .. (الإسطمبات)

تشكل الألواح المعدنية المختلفة عن طريق أدوات تشكيل خاصة تسمى بقوالب التشكيل MOULDS FORMING (الإسطمبات). يتكون عادة القالب أو الإسطمبة الواحدة من جزأين هما الوجه والقاعدة ، يشكل سطحي انطباق جزئي القالب بتجويف ، يختلف شكل هذا التجويف من قالب إلى آخر .

توجد القوالب بتجويفات بأشكال مختلفة ومتعددة ، يسمى كل قالب باسم شكل التجويف الموجود به . يتم اختيار شكل القالب المناسب لشكل المنتج المراد تشكيله .

تتكلف إنتاج قوالب التشكيل (الإسطمبات) مبالغ باهظة ، إلا أن القدرة الإنتاجية منها مرتفعة ومشغولاتها تتميز بدقة الأبعاد وجودة الأسطح ، هذا بالإضافة إلى تخفيض المعدن المستخدم في عملية التشكيل إلى أدنى حد ممكن .. بالمقارنة بالمنتجات المنتجة بالسباكة ، وكذلك الحصول على منتجات معقدة التي لا يمكن الحصول عليها بالطرق الصناعية المختلفة الأخرى .

صممت قوالب التشكيل المختلفة الأشكال والأحجام لتشكيل المعادن على الساخن أو على البارد ، على مرحلة واحدة أي باستخدام قالب واحد ، أو على عدة مراحل .

تصنع قوالب التشكيل (الإسطمبات) من كتل من الصلب الكربوني أو الصلب السبائكي ، يمكن تصنيع القالب بفجوة واحدة وذلك لتشكيل قطعة واحدة فقط ، أو بفجوتين لتشكيل قطعتين في آن واحد .

أنواع القوالب :

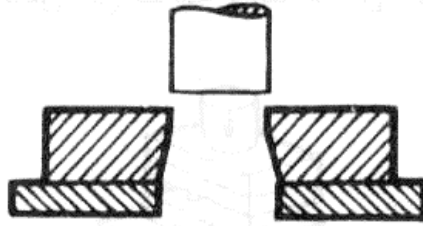
تنقسم القوالب (الإسطمبات) إلى قسمين أساسيين هما :-

1. القوالب المفتوحة .

2. القوالب المغلقة .

أولا : القوالب المفتوحة

تصنع القوالب المفتوحة بحيث تمنع الاقتراب من الحيز المحصور بين جزئي القالب (الجزء العلوي المعروف بالوجه ، والجزء السفلي القاعدة) ، عند استخدام القوالب المفتوحة للتخريم أو الختم كما هو موضح بشكل 4 - 49 فإنه يجب ضبط مشوار الكبس بحيث لا يزيد الحيز المحصور بين جزئي القالب (وجه وقاعدة القالب) عن 8 مم لتجنب أي احتمال للاقتراب من المواضع التي قد تتحشر فيها الأصابع .



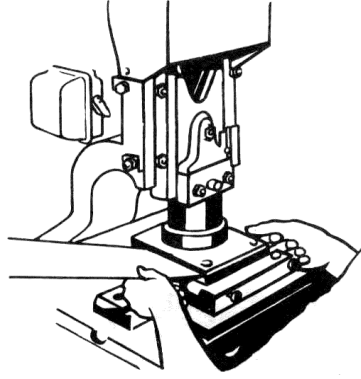
شكل 4 - 49

قالب مفتوح للتخريم أو الختم

ثانيا : القوالب المغلقة

عادة تصنع القوالب المغلقة الموضحة بشكل 4 - 50 ، بحيث لا تزيد المسافة بين جزئي القالب ، وهي المسافة التي يمر منها الشريط المعدني المراد تشغيله عن 8 ملليمتر ، وذلك حتى يمكن تجنب أي احتمال لاقتراب الأصابع من المواضع التي قد تتحشر فيها ، ويراعى ضبط مشوار المكبس بحيث لا يتمكن الجزء العلوي للقالب من الإفلات من دليله .

تتميز القوالب المغلقة بمنع اقتراب الأصابع من أي موضع قد تتحشر فيه . لذلك يفضل بقدر الإمكان أن تكون القوالب المصنعة من النوع المغلق .



شكل 4 - 50

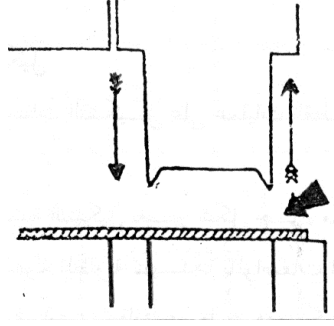
قالب مغلق أثناء تشكيله في عمليات الثقب والقطع

الوقاية من حوادث المكابس :

- للولقاية ولتجنب وقوع الحوادث والإصابات أثناء استخدام قوالب التشكيل المفتوحة أو المغلقة ، فإنه يجب إتباع إرشادات الأمان والسلامة التالية :-
- 1. قبل البدء بالعمل علي المكبس ، فإنه يجب ضبطه على أساس التشغيل الآلي أو التشغيل الفردي ، والتأكد من أن سياجه الواقى ووسائل الأمان بحالة جيدة .
- 2. يجب أن تقذف الشغلة السابق تشكيلها إلى خلف القالب قبل البدء بتغذية بشغلة جديدة.
- 3. يجب وضع وسائل وقائية حول القالب لمنع اقتراب الأصابع من المنطقة الخطرة التي لا يتطلب التشغيل استخدامها.

مصادر الخطر بعمليات التشكيل :

- يمكن تحديد مصادر الخطر في عمليات التشكيل في الآتي :-
- 1. عملية تشكيل بالضغط باستخدام قالبين متزاوجين ، أحدهما مثبت بعمود المكبس والآخر مثبت بالقاعدة ، وبذلك يمكن تشكيل أي عدد من الأجزاء المتماثلة حسب الشكل المطلوب ، والسهم يشير إلى مصدر الخطر عند نقطة اتصال الجزء العلوي من القالب والمشغولة المثبتة بالقاعدة كما موضح بشكل 51 - 4 .

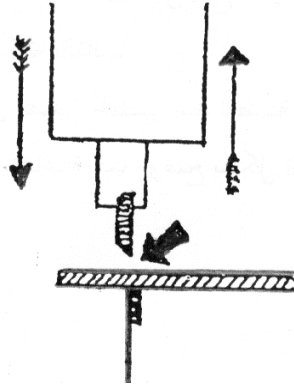


شكل 4 - 51

مصدر الخطر عند موضع اصطدام الجزء العلوي للقالب

مع المشغولة المثبتة بالجزء السفلي للقالب

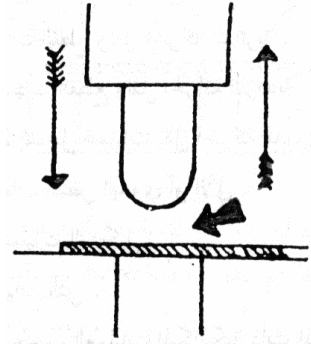
2. عملية تشكيل بالضغط باستخدام أداة قاطعة لتشكيل أجزاء بأبعاد ومواصفات محددة بإنتاج كمي ، والسهم يشير إلى مصدر الخطر عند نقطة اتصال الأداة القاطعة كما هو موضح بشكل 4 - 52 .



شكل 4 - 52

مصدر الخطر عند نقطة اتصال الأداة القاطعة بالمشغولة

3. عملية تشكيل بالضغط لإنتاج مشغولات شبه كروية أو بيضاوية الشكل ، والسهم يشير إلى مصدر الخطر عند نقطة اتصال الجزء الأسفل بالقالب مع المشغولة كما هو موضح بشكل 4 - 53 .



شكل 4 - 53

مصدر الخطر عند نقطة اتصال القالب مع المشغولة

الخاتمة

أرجو أن يكون هذا الكتاب الذي بين يديك بعد وصوله إلى نهاية الباب الثامن قد إكتمل ، في هذه المحاولة المتواضعة ، الغرض منها توصيل المعلومات الأساسية لعمليات تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية والآلية وفن زخرفة الحديد ، من خلال الشرح التفصيلي بمبدأ الصورة قبل الكلمة ، هذا بالإضافة إلى عرض المعادلات ذات العلاقة والتطبيق عليها بالأمثلة المحلولة.

أما الموضوعات التي لم تأخذ حقها من خلال الشرح التفصيلي في هذا الكتاب ، فقد يجد لها القارئ موضوعات كاملة في كتاب آخر أكثر تخصصاً.

أرجو 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 أخرى ، لكي تكتمل المسيرة التعليمية على أكمل وجه ، وحتى تزهو وتتألق المكتبة العربية.

والله الموفق ،،

المراجع

1. مدخل في هندسة الإنتاج .. تأليف الأستاذ / حسن حسين فهمي ، أ.د. جلال شوقي .. مكتبة الأنجلو المصرية .. القاهرة .. مصر .
2. المدخل إلى هندسة الإنتاج .. تأليف أ.د. أحمد سالم الصباغ .. عالم الكتب .. القاهرة .. مصر .
3. مقدمة في هندسة الإنتاج .. تأليف / أعضاء هيئة التدريس بقسم هندسة الإنتاج .. كلية الهندسة .. جامعة الإسكندرية .. دار المعارف .. الإسكندرية .. مصر .
4. تكنولوجيا هندسة الإنتاج .. تأليف أ.د. محمد نصر الدين ديمير .. دار الراتب الجامعية .. بيروت .. لبنان .
5. أشغال المعادن .. الأسس التكنولوجية .. تأليف / هاينز جراف .. ترجمة م.عبد المنعم عاكف .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
6. 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.
7. 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.

8. تكنولوجيا المعادن .. تأليف / ماليشيف.ج ، نيكولايف.ي ، شوفالوف .. دار
مير للطباعة والنشر .. الاتحاد السوفيتي .. موسكو.
10. مبادئ الهندسة الحرارية والهيدروليكا .. تأليف / أ.تشيرنوف ، نزييسريير
بنيكوف ، ف.سيليتسكى .. دار مير للطباعة والنشر .. موسكو.

المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	5

الباب الأول

إستخلاص وإنتاج المعادن الحديدية

تمهيد	9
مواد التصنيع	10
المواد الالفازية (المعدنية)	10
المواد المركبة	11
المواد المساعدة للتصنيع	11
خواص المعادن	12
خواص المواد الهندسية	13
الخواص الفيزيائية	13
الخواص الكيميائية	13
الخواص الفنية (التكنولوجية)	14
تهريف خواص المعادن	14
اللمعان	15
اللون	15
الوزن النوعي	15
جدول الوزن النوعي للمعادن الشائعة الاستعمال	16
المتانة	16
الصلادة	16
المرونة	17
قوة التماسك	18

19.....	معايير المرونة.....
20.....	الدونة
20.....	الهشاشة
20.....	المطيلية
21.....	الليونة.....
21.....	القصفة
21.....	الصلابة.....
21.....	الرجوعية
21.....	المتانة.....
21.....	قابلية السحب.....
22.....	قابلية الطرق
22.....	جدول قابلية السحب والطرق لبعض المعادن الشائعة الإستعمال.....
23.....	قابلية التشكيل بالضغط والسك
23.....	قابلية الشد.....
23.....	قابلية اللحام
23.....	قابلية الصهر
24.....	جدول درجات غليان بعض المعادن
24.....	قابلية التبخر
25.....	مقاومة الصدم.....
25.....	مقاومة التثني والالتواء.....
26.....	توصيل المعادن للحرارة.....
26.....	توصيل المعادن للكهرباء.....
27.....	جدول قابلية بعض المعادن للتوصيل بالحرارة والكهرباء
27.....	مقاومة العوامل الجوية
27.....	الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها لقوى إستاتيكية أو ديناميكية
27.....	التحميل

29	الاجهادات.....
31	التشكيل والإنفعال.....
31	تأثر المعادن بالعوامل الكيميائية.....
35	جدول أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة.....
35	اختيار المواد الهندسية.....
37	استخلاص الحديد الغفل.....
37	تجهيز غفل الحديد.....
39	إنتاج الحديد الخام.....
39	إنتاج المعادن الحديدية.....
41	الفرن العالي.....
43	منشأة الفرن العالي.....
45	شحنة الفرن العالي.....
46	العمليات التي تتم داخل الفرن العالي.....
47	منتجات الفرن العالي.....
48	إنتاج حديد الزهر.....
48	فرن الدست.....
49	تشغيل فرن الدست.....
50	مميزات فرن الدست.....
51	مميزات حديد الزهر المنتج من فرن الدست.....
51	إنتاج الحديد المطاوع.....
51	خواص الحديد المطاوع.....
52	فرن التقليل.....
53	استعمالات الحديد المطاوع.....
53	إنتاج الصلب.....
54	طرق إنتاج الصلب.....
54	محول بسمر.....

55.....	التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي)
56.....	محول توماس
57.....	التحويل باستخدام محول توماس (التحويل القاعدي)
57.....	منتجات محولات بسمر وتوماس
58.....	فرن سيمنز مارتن
59.....	منتجات فرن سيمنز مارتن
59.....	الأفران الكهربائية
59.....	مميزات الأفران الكهربائية
60.....	عيوب الأفران الكهربائية
60.....	أنواع الأفران الكهربائية
60.....	فرن القوس الكهربائي
61.....	منتجات أفران القوس الكهربائي
61.....	فرن الحث الكهربائي
63.....	منتجات أفران الحث الكهربائي
63.....	استخدامات الصلب
64.....	جدول مجالات استخدام الصلب الكربوني

الباب الثاني

الحدادة اليدوية

67.....	تمهيد
68.....	تشكيل المعادن بالحدادة
68.....	أهمية عمليات الحدادة
69.....	مميزات تشكيل المعادن بالحدادة
70.....	أساليب الحدادة
71.....	الحدادة اليدوية
72.....	المواد المعدنية القابلة للتشكيل بالحدادة
72.....	الشروط الواجب توافرها في المعادن القابلة للطرق

73	تجهيزات وإجراءات عمليات الحدادة
78	أنواع الفحم المستخدم في أفران الحدادة
80	معدات وعدد الحدادة اليدوية
80	فرن الحدادة (الكور)
80	فرن الحدادة الثابت
84	فرن الحدادة المتحرك
86	السندان
86	أنواع السندان
88	زهرة التشكيل
90	المطارق
90	قوالب التشكيل والقطع
94	المقاطع
95	الملاقط
97	العمليات الأساسية للحدادة اليدوية
97	السحب
97	الخصر
99	التسوية
100	الكبس
101	العيوب التي قد تحدث في بعض عمليات السحب والكبس
102	الاستدارة
103	الثني
105	الثقب
106	اللى
106	القطع
108	اللحام
111	تمرينات على عمليات تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية

الباب الثالث

الحدادة بالماكينات

127.....	تمهيد
128.....	نبذة تاريخية
128.....	المطرقة ذات العجلة المسننة
129.....	عيوب المطرقة ذات العجلة المسننة
129.....	تطور المطارق
131.....	مطرقة أوليفر
132.....	تطور صناعة الحدادة
133.....	الحدادة بالمكابس والمطارق الآلية
134.....	المطارق الآلية
135.....	أساس عمل المطرقة الساقطة
135.....	الحدادة بالمطارق الساقطة
136.....	المطرقة الساقطة
137.....	المطرقة الساقطة ذات اللوح
138.....	مميزات منتجات المطارق الساقطة
139.....	المطرقة ذات النابض
140.....	مميزات المطرقة ذات النابض
141.....	عيوب المطرقة ذات النابض
141.....	المطرقة الهوائية
145.....	المطرقة البخارية
147.....	مميزات المطرقة البخارية
147.....	حساب طاقة الطرق لمطرقة بخارية
149.....	مطارق الضربة المضادة

الباب الرابع

المكابس الميكانيكية والهيدروليكية

153.....	تمهيد
154.....	المكابس
154.....	مميزات المكابس
154.....	أنواع المكابس
154.....	المكابس الميكانيكية
155.....	المكابس الهيدروليكية
155.....	مكابس الأعمدة المقلوطة
156.....	مميزات مكابس الأعمدة المقلوطة
157.....	عيوب مكابس الأعمدة المقلوطة
157.....	المكابس المرفقية
159.....	مميزات المكابس المرفقية
159.....	المكابس الهيدروليكية
160.....	قوة ضغط المكابس الهيدروليكية
160.....	مكابس الحدادة الهيدروليكية
164.....	مميزات المكابس الهيدروليكية
165.....	عيوب المكابس الهيدروليكية
165.....	خواص الزيوت الهيدروليكية
166.....	إرشادات عند العمل على ماكينات الحدادة

الباب الخامس

قوالب التشكيل (الإسطمبات)

169.....	تمهيد
170.....	قوالب التشكيل (الاسطمبات)
170.....	مواد صنع قوالب التشكيل

172.....	الوضع الصحيح للخامة الساخنة في قالب التشكيل
173.....	طرق نزع القطع المشكلة من القوالب
174.....	تشكيل المعادن في القوالب المفتوحة والمغلقة
175.....	التشكيل في القوالب المغلقة
177.....	مميزات التشكيل في القوالب المغلقة
177.....	التشكيل في القوالب المفتوحة
178.....	مثال على الحدادة في القوالب المفتوحة
181.....	حياة قالب التشكيل
181.....	تصنيع قوالب التشكيل
182.....	مميزات تشكيل المعادن بالقوالب
182.....	القواعد الأساسية لتصميم قوالب التشكيل
185.....	التشكيل بحدادة الضغط
186.....	العيوب الشائعة في المطروقات
186.....	معالجة المطروقات
187.....	العيوب التي تحدث في الصلب المطروق بسبب التسخين الخاطئ

الباب السادس

فحص واختبار المطروقات

191.....	تمهيد
192.....	فحص واختبار المطروقات
192.....	مواصفات الحديد المطاوع
192.....	فحص واختبار المطروقات
194.....	اقتصاديات صناعة المطروقات
195.....	استخدام الهواء الساخن بدلا من البخار
195.....	خفض استهلاك الوقود الغازي
196.....	إطالة العمر التشغيلي لقالب التشكيل

196.....	تصنيع القوالب بالكبس على البارد.....
196.....	صقل القالب بمخلوط تحضين.....
197.....	المعاملات الحرارية.....
197.....	المعاملة الحرارية للصلب.....
197.....	تخمير مطروقات الصلب.....
198.....	تصليد مطروقات الصلب.....
199.....	مراجعة مطروقات الصلب.....

الباب السابع

الحديد الزخرفي

فن زخرفة الحديد

203	تمهيد
204	الحديد الزخرفي.....
204	أنواع الحديد
204	خواص الحديد المطاوع .. (الحديد الطري)
205	الحديد امشغول.....
205	العدد و الأدوات المستخدمة.....
206	الحديد المشغول واستعمالاته في الديكور.....
206	الخامات المستخدمة.....
206	حديد خوصة.....
208	الحديد المربع.....
206	الحديد المشغول واستعمالاته في الديكور.....
210	الحديد المستدير
210	المواسير المربعة.....
211	المواسير المستطيلة.....
211	ألواح الصاج.....
212	الأواح المعدنية.....

212	حديد زاوية
213	أنواع الحدي
213	استخدام الحديد المطاوع (الطري) في أعمال الديكور
213	ديكورات الحديد الزخرفي بسور السلم (الترابزين)
219	ديكورات الحديد الزخرفي بالأسقف
221	ديكورات الحديد الزخرفي بالمدافئ
222	ديكورات الحديد الزخرفي بالأبواب
225	ديكورات الحديد الزخرفي بالشبابيك والبلاكونات
230	ديكورات الحديد الزخرفي بالأثاث المعدني
235	ديكورات الحديد الزخرفي بالنجف
237	ديكورات الحديد الزخرفي بأعمدة الإنارة

الباب الثامن

الأمان الصناعي في ورش الحدادة

الفصل الأول

أدوات ومعدات الوقائية الشخصية المستعملة في الأعمال الصناعية

243	تمهيد
244	واجبات الأمان الصناعي
246	أدوات الوقاية الشخصية
246	النظارات الواقية
248	الأحذية الآمنة
249	القفازات الواقية
251	المرائل
253	سدادات وأغطية الأذن
254	واقبات الرئة
259	الطرق الصحيحة لإستعمال أجهزة التنفس

الفصل الثاني

مخاطر عمليات تشكيل المعادن

261.....	تمهيد
262.....	عمليات التشكيل
262.....	المكابس الميكانيكية
262.....	مكبس التشغيل المتسلسل (المتتابع)
263.....	مميزات مكبس التشغيل المتسلسل
264.....	وسائل الأمان الواجب توافرها بالمكابس الميكانيكية
265.....	وسيلة أمان كهربائية
265.....	وسيلة أمان شبكية آمنة
267.....	مميزات وسيلة الأمان المانعة لاقتراب الأصابع
268.....	المكابس الهيدروليكية
268.....	مميزات المكابس الهيدروليكية
268.....	عيوب المكابس الهيدروليكية
269.....	المكبس ذو وصلة التغذية الهيدروليكية
271.....	قوالب التشكيل .. (الإسطمبات)
271.....	أنواع القوالب
272.....	القوالب المفتوحة
272.....	القوالب المغلقة
273.....	الوقاية من حوادث المكابس
273.....	مصادر الخطر بعمليات التشكيل
277.....	الخاتمة
279.....	المراجع
281.....	محتويات الكتاب
293.....	إصدارات المؤلف

إصدارات المؤلف



المؤلف: د. أحمد زكي حلمي

صدر له الكتب العلمية التالية :-

1. المرجع في خراطة المعادن .. الطبعة الرابعة
2. التشغيل علي المخرطة .. الطبعة الأولى
3. مبادئ الخراطة .. الطبعة الخامسة
4. خراطة المعادن .. الطبعة الرابعة
5. تكنولوجيا الخراطة .. الطبعة الرابعة
6. وسائل نقل الحركة .. الطبعة الثالثة
7. أجهزة القياس والمعايرة .. الطبعة الثانية
8. الأمن الصناعي والصحة المهنية (لمرحلة التعليم المتوسط) .. الطبعة الثالثة
9. السلامة والصحة المهنية (لمرحلة التعليم العالي) .. الطبعة الثالثة
10. المرجع في الأمان الصناعي .. الطبعة الثانية
11. الصحة المهنية .. الطبعة الثانية
12. تكنولوجيا التفريز .. الطبعة الأولى
13. أساسيات تكنولوجيا التصنيع (تشكيل المعادن بدون قطع) .. الطبعة الثانية
14. أساسيات تكنولوجيا الورش (تشغيل المعادن بالقطع) .. الطبعة الثانية
15. القلاووظات (اللواب) .. بالنظام المترى والإنجليزي وبالنظام الدولي SI بمواصفات (ISO) .. الطبعة الأولى
16. الرسم الهندسي .. الطبعة الأولى
17. أساسيات هندسة الإنتاج .. الطبعة الأولى
18. تكنولوجيا اللحام .. الطبعة الأولى
19. محركات الاحتراق الداخلي .. الطبعة الثانية
20. هيكل السيارة .. الطبعة الأولى

21. تكنولوجيا القياس .. الطبعة الثالثة
22. الأمان الصناعي .. الطبعة الأولى
23. المخاطر الرقمية CNC .. طبعة الأولى
24. التشغيل على الماكينات .. الطبعة الأولى
25. مواد التصنيع .. (المواد والمعادن الحديدية وغير الحديدية وغير المعدنية) .. الطبعة الأولى
26. تكنولوجيا البرادة .. الطبعة الأولى
27. سباكة المعادن .. الطبعة الأولى
28. الحدادة اليدوية والآلية وفن زخرفة الحديد .. الطبعة الأولى
29. القدمات المنزقة .. القدمات ذات الورنية .. الطبعة الأولى
30. الميكرومترات .. الطبعة الأولى
31. قوالب ومحددات القياس .. الطبعة الأولى
32. أجهزة القياس البصرية .. الطبعة الأولى
33. الجودة بالنظام الدولي SI بمواصفات ISO .. الطبعة الأولى
34. مكافحة الحرائق طبقاً لتوصيات Osha .. الطبعة الأولى
35. الحرائق ذات الطبيعة الخاصة .. الطبعة الأولى
36. تلوث البيئة .. سيصدر قريباً بمشيئة الله
37. الجداول الفنية للمعادن .. سيصدر قريباً بمشيئة الله
38. أسس التحكم الهيدروليكي .. سيصدر قريباً بمشيئة الله

ملاحظة :

يمكن للقارئ الاتصال بالمؤلف عن طريق البريد الإلكتروني عبر شبكة الإنترنت الدولية أو على الفيس بوك على العنوان التالي :-

E-mail : ahmedzhelmy@yahoo.com

تم بحمد الله ،،

