الباب الرابع

4

الحدادة بالماكينات

Machines Forging

تمهيد

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 أستبدلت 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 سقوطا حرا ، 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 لنزعها بعد إتمام عملية التشكيل .

كما يتناول 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.

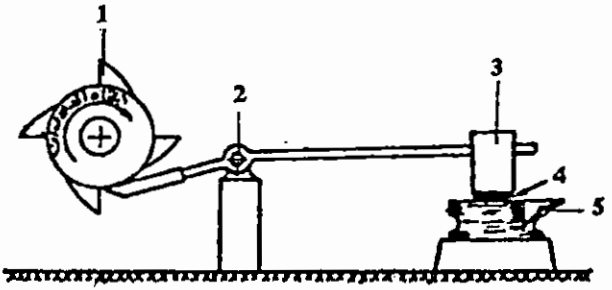
ومع التقدم المستمر والحاجة المتزايدة إلى الأحجام الكبيرة للأجزاء والمشغولات المطلوب تشكيلها ، واستغلال المصادر الطبيعية مثل تساقط المياه ، ثم اكتشاف مصادر توليد الطاقة الحرارية مثل الفحم والبترول ..... الخ ، أدى ذلك إلى التطور التدريجي في الصناعة.

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 4 – 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 لدورنها ، 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 4 – 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 :-

1. انخفاض سرعة وعدد الطرقات.

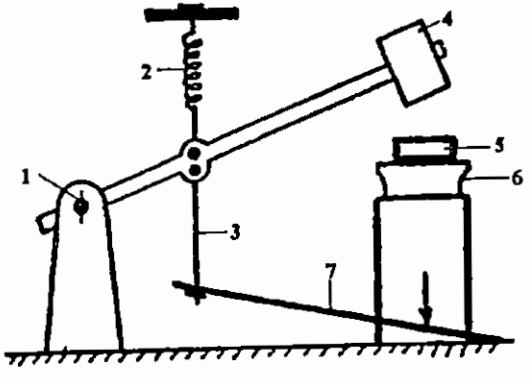
2. كسر اللوح الخشبي.
3. التأثير السيئ للمشغولات وذلك لانخفاض درجة حرارتها الناتج عن تسرب المياه المتساقطة إليها أثناء عملية التشكيل.

تطور المطارق : Development Of Hammers

للعيوب التي ظهرت على المطرقة ذات العجلة المسننة ، فقد ظهرت مطرقة تدار عن طريق قدم الحداد شكل 4 – 2 وهي عبارة عن ذراع مركب في إحدى نهايته كتلة الطرق ، والنهاية 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 4 – 2

مطرقة تدار بالقدم

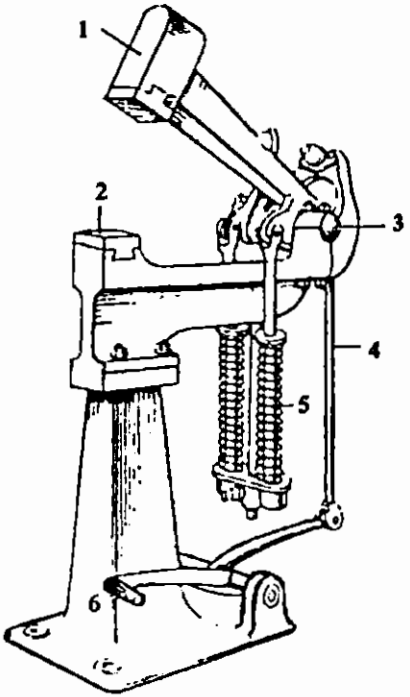
1. محور إرتكاز.
2. نابض لولبي شد .. (ياي شد).
3. وصلة.
4. كتلة الطرق.
5. الشغلة المراد تشكيلها بالطرق.
6. السندان.
7. دواسة .. للضغط عليها بقدم الفني بضاغطات مترددة أثناء تشكيل المشغولات.

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 4 – 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 4 – 3

مطرقة أوليـــفر

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

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

ومن الطبيعي أن المطارق الحديثة لها فوائد عديدة ، الأمر الذي أدي إلى تشكيل المعادن المختلفة بإنتاج كمي وعرضها بأسعار منخفضة مع الاحتفاظ بكفاءة وجـــودة 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 وذات جودة عالية .. الأمر الذي أدى إلى إستبدال الأكوار ذات السعة المحدودة إلى أفران كبيرة ذات سعة ودرجة حرارة عالية.

وعلي 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.

ومازالت الدول في تسابق مستمر ، وما يدل على ذلك هو ما نراه اليوم من آلات وأجهزة ذات تحكم أتوماتي 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 الآليـة

Power Hammers

تعتمد عملية تشكيل المعادن الساخنة وإزاحتها في اتجاهات مختلفـة بالقوالـب 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 . تتقسم أنواعها بالنسـبة لطريقة رفع كتلة الطرق إلى الأنواع الثلاث التالية :-

النوع الأول :

مطارق ترفع كتلة الطرق فيها بالطرق الميكانيكية ، من خـلال سـقوط رأس المطرقة وتسمى بالمطارق الساقطة ، ومطارق أخرى ترفع فيها رأس الطـرق عـن طريق نوابض وتسمى بالمطارق ذات النوابض.

النوع الثاني :

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

النوع الثالث :

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

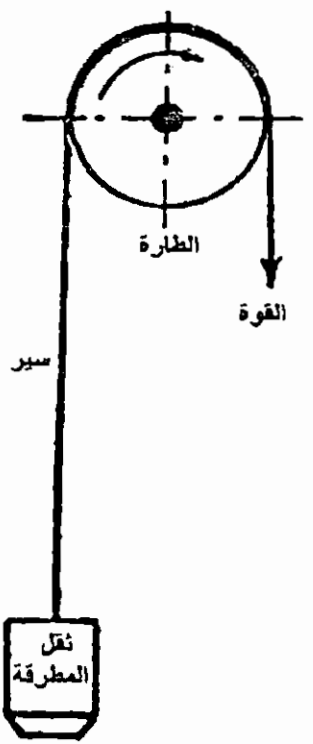
مواصفات المطارق : Hammers Specifications

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

ويوصف النوع الثاني والثالث (مطارق الهواء المضغوط والمطارق البخاريـة) 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 4 – 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 4 – 4

نظرية عمل المطرقة الساقطة

الحدادة بالمطارق الساقطة

Forging 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 بالطَرق 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.

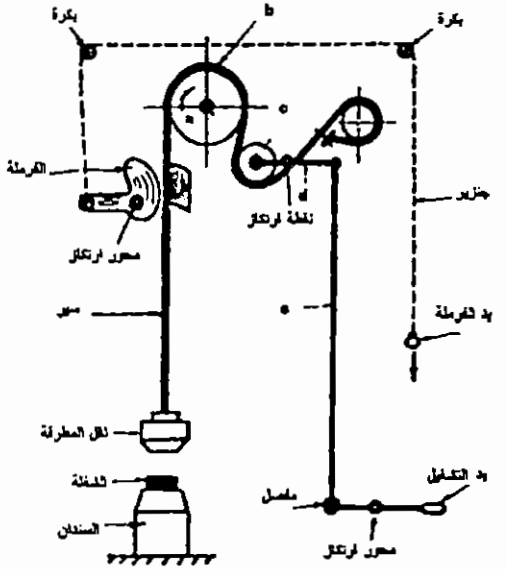
تتميز المعادن المشكلة على الساخن باستخدام المطارق الساقطة بالجودة العالية وترتيب البنية البلورية للمنتج ، لذلك فإن المشغولات المشكلة بهذه الطريقة تستخدم بوفرة في جميع الحالات التي تطلب قوة ومقاومة عالية . وعلى سبيل المثال لا الحصر فإنه ينتج بالتشكيل باستخدام المطارق المتساقطة العديد من الأجزاء المستخدمة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

المطرقة الساقطة : Drop Hammer

المطرقة الساقطة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 5 تحتوي على البكرة الرئيسية b المتحركة حركة دائرية دائمة في اتجاه عقارب الساعة والمركبة على العمود a.

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 الطرقة ..... وهكذا.

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



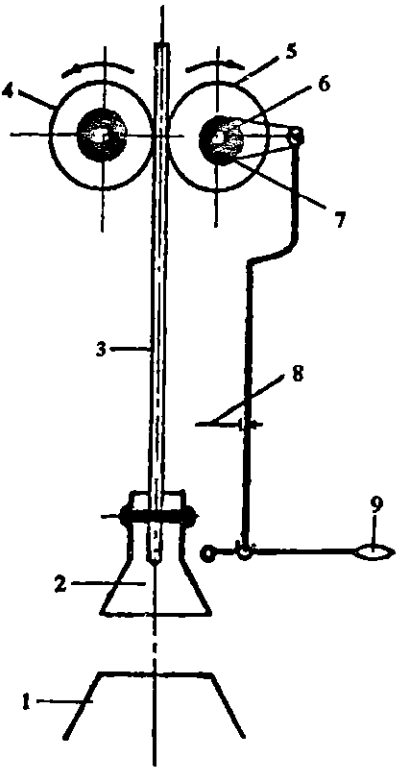
شكل 4 – 5

رسم تخطيطي لمطرقة الساقطة

المطرقة الساقطة ذات اللوح : Board Drop Hammer

المطرقة الساقطة ذات اللوح الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 - 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 فأنه 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 والثقل وتحدث الطرقة . تتوقف قوة الطرقة على وزن رأس الطرق والارتفاع الذي سقطت منه.



شكل 4 - 6

رسم تخطيطي للمطرقة الساقطة ذات اللوح

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

مميزات منتجات المطارق الساقطة

تتميز المنتجات المشكلة على المطارق الساقطة المختلفة بالآتي :-

1. الحصول على أكبر مقاومة للاجتهادات.
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.

المطرقة ذات النابض : Spring Hammer

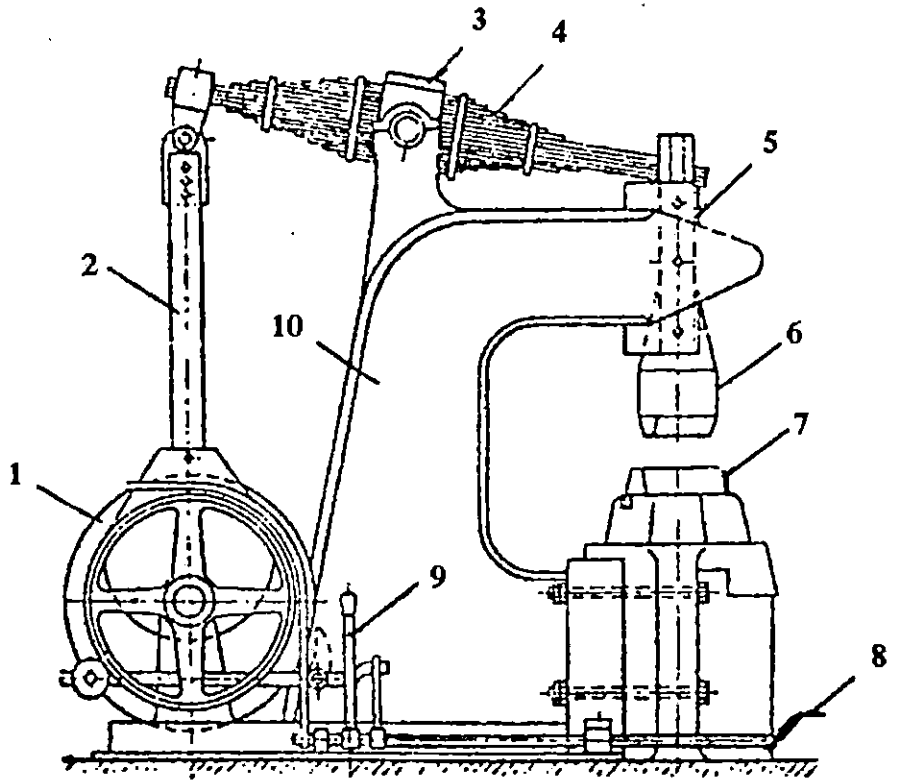
المطرقة ذات النابض الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 7 هي التي تعمل من خلال الحركة المتأرجحة للنوابض الورقية (الليات أو السوست الورقية) .. لذلك سميت بالمطارق ذات النوابض.

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 الطرقات 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 طرقة في الدقيقة ، والنوع الذي وزن كتلة الطرق فيه 50 كيلو جرام يصل سرعة طرقاته إلى 300 طرقة في الدقيقة.

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



شكل 4 – 7

رسم تخطيطي للمطرقة ذات النابض

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

مميزات المطرقة ذات النابض :

تتميز المطرقة النابضة بالمميزات التالية :-

1. بساطة التصميم الذي يسمح بتنظيم سرعة وقوة الطرقات.
2. ذات كفاءة أكبر في الإنتاج.
3. أكثر تحمل.
4. سهلة 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.

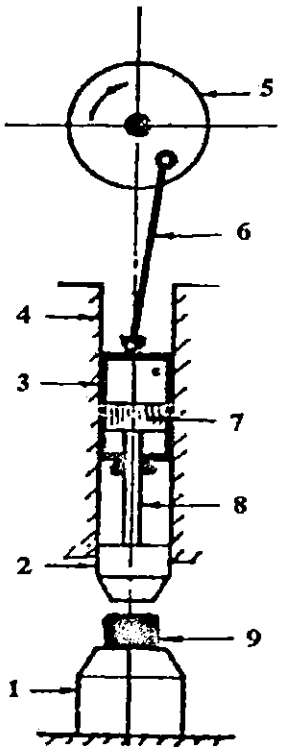
المطرقة الهوائية : Pneumatic Hammer

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

النوع الأول :

موضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 8 . يعتمد على رفع ثقل المطرقة عن

طريق خلخلة وتفريغ الهواء من الجزء العلوي للأسطوانة.



شكل 4 – 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.

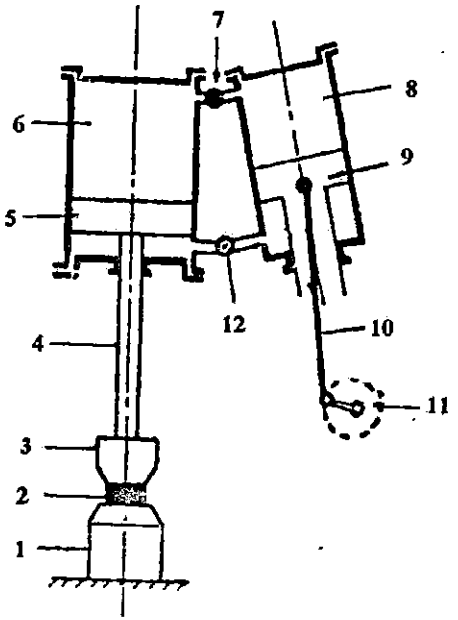
عند تحرك المرفق 5 يرفع ذراع التوصيل 6 الأسطوانة 3 ، وحيث أن المكبس 7 لم يتحرك ، فإن حجم الحيز الموجود بالجزء العلوي للأسطوانة يزيد تدريجيا .. وبالتالي ينخفض ضغطه.

وحيث أن الضغط أسفل الأسطوانة يساوي الضغط الجوي ، فإن فرق الضغطيين 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 4 – 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 4 – 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 لأسطوانة 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 الإتجاهي 7 ، 12 مصممان بتعدد مساراتهما ، وذلك للتحكم في دخول وتوجيه الهواء المضغوط إلى أكثر من اتجاه.

المطرقة البخارية : Steam Hammer

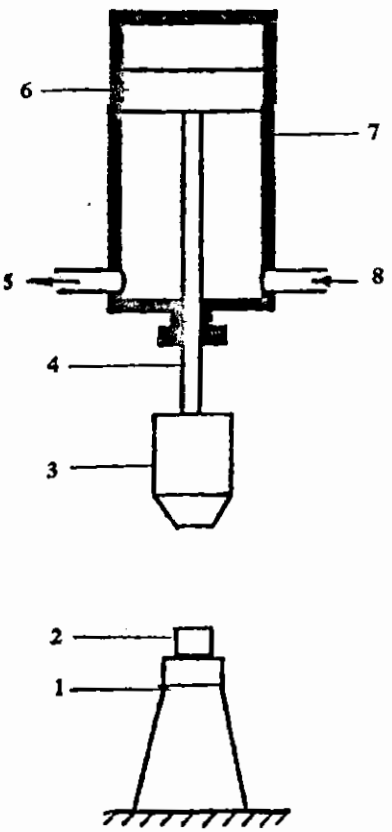
تتشابه المطرقة البخارية مع الآلة البخارية .. أي أنها لها أسطوانة يتحرك داخلها مكبس لضغط البخار ، ولها فتحتان جانبيتان لدخول وخروج البخار . يعتمد هذا النوع من المطارق على توجيه البخار من أسفل المكبس لرفع المكبس وثقل المطرقة ،

وعند تصريف البخار من أسفل .. يسقط ثقل المطرقة والمكبس بتأثير ثقلهما.

توجد المطارق البخارية بنوعين أساسين هما :-

1. النوع الأول :

المطرقة البخارية مفردة التأثير الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 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.



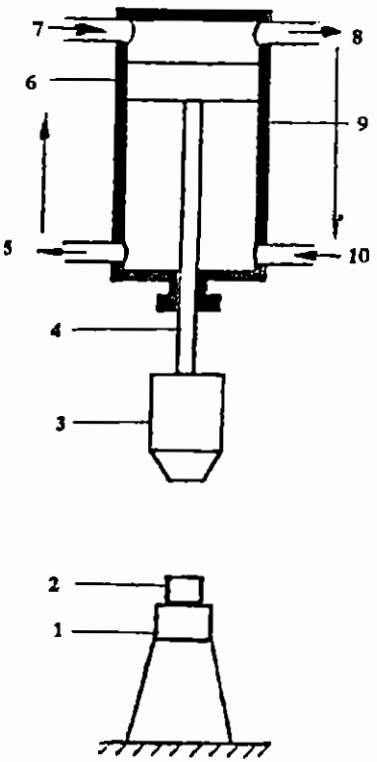
شكل 4 – 10

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 4 – 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 طرقة سريعة وقوية وجدا.



شكل 4 – 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.
7. صمام تحكم في دخول البخار.
8. صمام تحكم في خروج البخار.
9. الأسطوانة.
10. صمام تحكم دخول 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 طرقة في الدقيقة، وتتوقف طاقة تشغيلها على وزن السندان وأيضا 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 جدا 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 الطرقة التي يمتصها الجزء المراد تشكيله . وتتناسب الطاقة المفقودة تناسبا عكسيا مع وزن السندان .. مهما كان نوع المعدن المشكل.

مميزات المطارق البخارية :

1. سهلة 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 الطرقة الواحدة إلى 0.75 إلى 7 طـن وذلـك 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 .. وذلـك مـن خلال المعادلات التالية :-

قوة ضغط البخار = مساحة أسطوانة المطرقة × الضغط المتوسط للبخار

مجموع القوة الساقطة = قوة ضغط البخار + وزن الثقل الساقط

طاقة الطرق = مجموع القوة الساقطة × طول المشوار

مثال :

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

الحل :

قوة ضغط البخار = مساحة أسطوانة المطرقة × الضغط المتوسط للبخار

$$= \frac{\text{ط ق}^2}{4} \times \text{ض} \quad \ldots\ldots \text{أو} \quad \ldots\ldots \quad \frac{\pi D^2}{4} * p$$

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

مجموع القوة الساقطة = قوة ضغط البخار + وزن الثقل الساقط

= 1884 + 420 = 2304 كجم

طاقة الطرق = مجموع القوة الساقطة × طول مشوار عمود الطرق

= 2304 × 60 = 138240 كجم / سم2

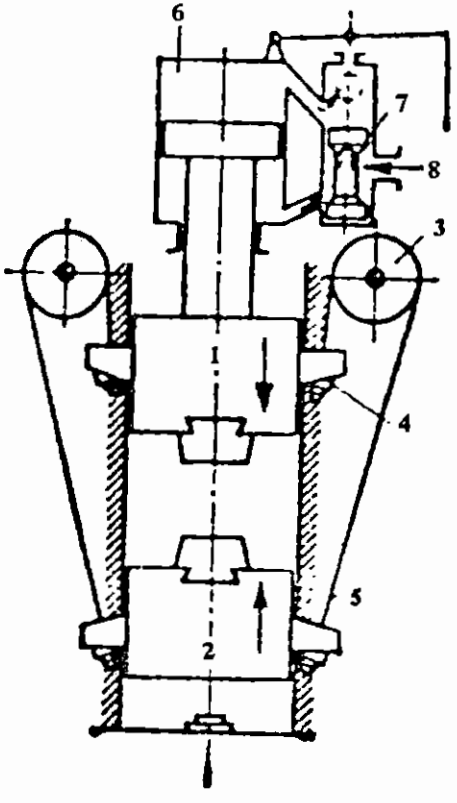
متوسط قوة الطرقة = $\frac{138240}{1000 \times 0.3}$ = 460.8 طن

مطارق الضربة المضادة

Counterblow Hammer

مطارق الضربة المضادة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 - 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 طرقة كل منهما طرقة مضادة لطرقة 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 4 – 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 الطرقة الواحدة.

المكابس

Pressers

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 ثابتا ومستمراً لأوقات طويلة ، وبذلك يكون الضغط واقعا 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 (الاسطمبة) 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 للمكابس أقل بكثير من تكاليف عمل أساسات المطارق نظرا 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.

أنـــواع المكابس : Types Of Presses

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** : mechanics Presses

يتحرك صادم المكبس بها عن طريق الوسائل التالية :-

(أ) أعمدة مقلوظة تدور داخل صواميل ثابتة.

(ب) أعمدة مرفقيه.

(ج) روافع مفصلية.

2. **مكابس هيدروليكية** : Hydraulic Presses

يتحرك صادم المكبس بها عن طريق استخدام السوائل المضغوطة .. فيما يلـــي عرض لأكثر أنواع المكابس انتشاراً.

مكابس الأعمدة المقلوظة : Screw Presses

المكابس ذات الأعمدة المقلوظة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 13 - 4 ، تسمى 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.

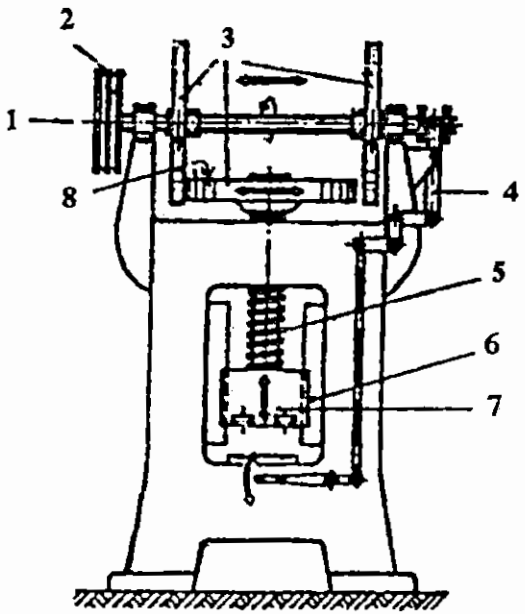
يقوم المحرك الكهربائي بنقل الحركة إلى البكرة (الطارة) 2 عن طريق مجموعة سيور إسفينية (سيور على شكل حرف V) لدوران الأقراص الاحتكاكية القائدة 3 المثبتة على العمود القائد 1 ، لنقل الحركة إلى عمود القلاووظ 5 عن طريق القرص الاحتكاكي المنقاد 8 ليتحرك الصادم 7 إلى أسفل ، كما تنعكس الحركة بارتفاع الصادم إلى أعلى 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 توجيهاً دقيقاً.

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 – 13

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 وسيـط شد كما هو الحال بمجموعات نقـل الحركـة بالسـيور أو

الجنازير.

4. إمكانية نقل القدرة الاحتكاكية للأحمال المختلفة.
5. إمكانية تغيير سرعة الآلة إثناء التحميل بحمل كامل .. (تغيير السرعة تغييرا لا تدريجيا).
6. عدم وجود صدمات.
7. صيانة قليلة.
8. كفاءة وجودة عالية.

عيوب مكابس الأعمدة المقلوظة :

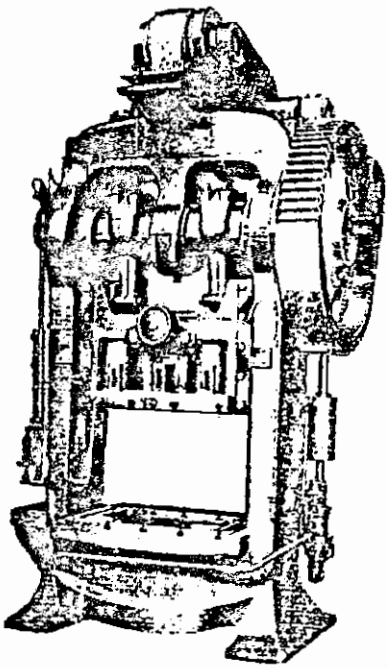
1. انخفاض القدرة المنقولة بسبب الانزلاق الطفيف بين الأقراص الاحتكاكية.
2. نقل القدرة المحدودة.
3. استخدام محامل ثقيلة بسبب قوى الضغط الكبيرة.

المكابس المرفقية

Crank Presses

المكبس المرفقي الموضح بشكل 4 – 14 يحتوي على عمود مرفق بركبتين يحركان ذراعين متصلين بالمكبس الذي يتحرك بين دليلين . يستخدم هذا النوع من المكابس لقوالب (اسطمبات) ذات مجاري ، حيث يثبت النصف الأعلى للقالب في المكابس ويثبت النصف الأسفل في القاعدة ، كما يحكم تثبيت القالب بمسامير قلاووظ.

صممت قوالب هذا المكبس بحيث يمكن تركيبها ونزعها بطريقة سريعة.



شكل 4 - 14

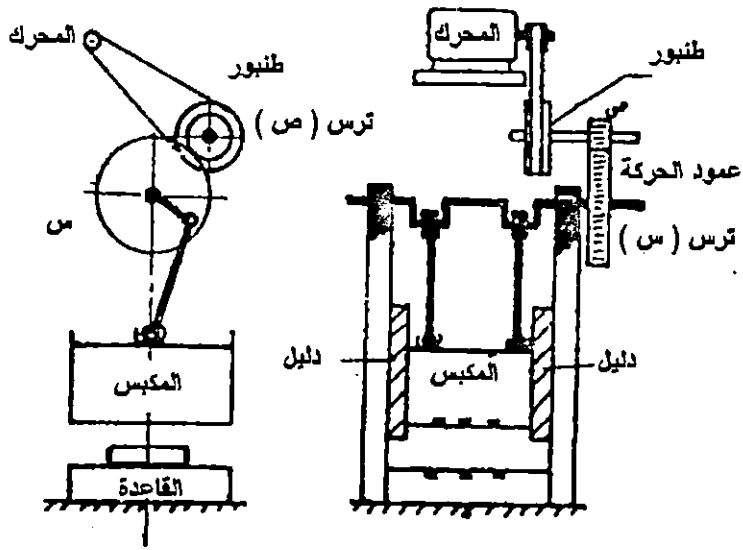
المكـــبس المرفقي

تنتقل الحركة بالمكبس المرفقي الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 - 15 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 تتحـول الحركة الدائرية من الترس س إلى حركة مستقيمة مترددة إلى أعلـى وإلـى أسـفل لذراعي المرفق اللذان يحملان المكبس.

السبب في عدم تركيب المحرك الكهربائي على عمود الحركة مباشرة (عمـود المرفق) ، وانتقال الحركة من المحرك الكهربائي من خلال بكرة صغيرة ثـم بكـرة كبيرة، ومن ترس صغير إلى ترس كبير .. هو تخفيض السرعة مع ارتفاع القدرة.

تستخدم المكابس المرفقية للكبس على الساخن على نطاق واسـع فـي عمليـة الإنتاج بالحدادة ، وتعتبر هذه الأنواع أكثر تطوراً من المطارق.

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



شكل 4 - 15

رسم تخطيـــطي 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 هيدروليكيا.

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 .

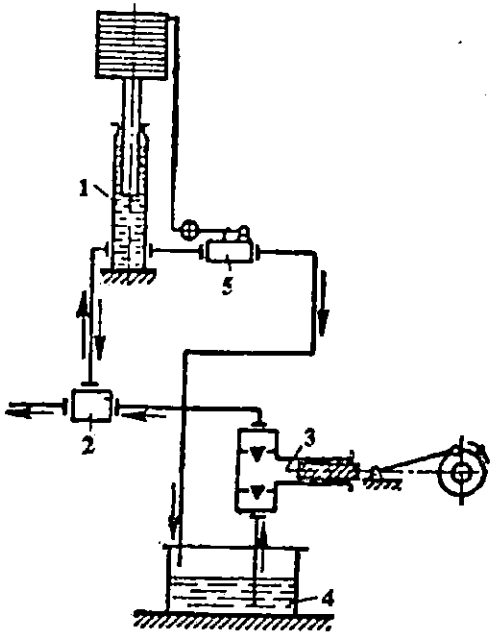
يمكن أن يصل الضغط على الخامة من 300 إلى 15000 طن .. وذلك حسب حجم الجزء المراد تشكيله ، ونوع المكبس المستخدم.

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 – 16 تبين كيفية توليد الضغط اللازم بالماء وحفظه جاهز للاستخدام.



شكل 4 – 16

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 – 17 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 فأن رأس الكباس يندفع إلى أسفل بقوة ضغط عالية على الخامة المراد تشكيلها 6 المثبتة على السندان المثبت عليه الجزء الأسفل للقالب 7.

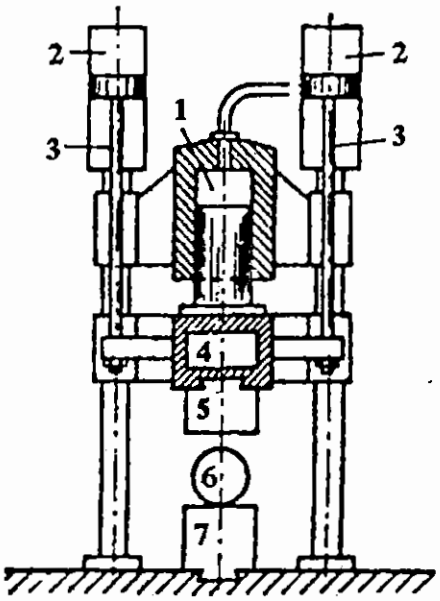
يعود رأس الكباس 4 بعد كل مشوار ضغط إلى وضعه الأصلي عن طريق الأسطوانتين 2 وذراعي الكباس 3 ، ولتأدية حركة الرجوع السريع للكباس ، يسلط على هذين الكباسين كمية كبيرة من الماء تحت ضغط.

---

* 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 – 17

رسم تخطيطي لمكبـــس هيدروليكي

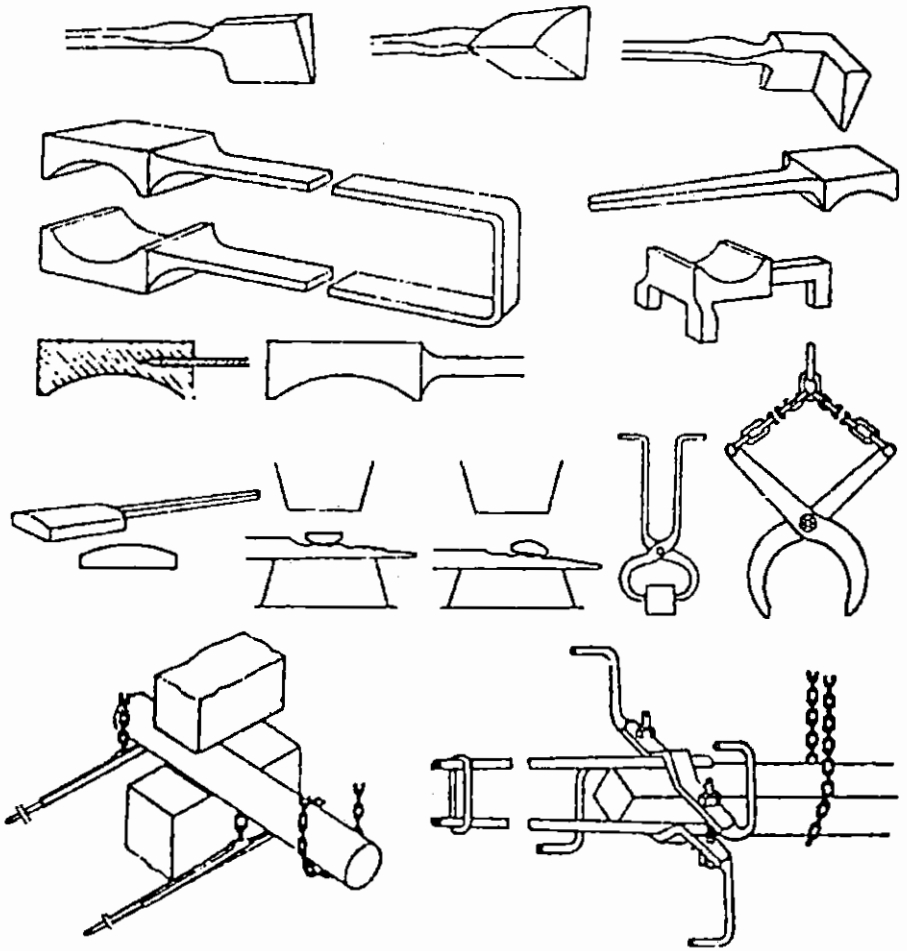
1. الأسطوانة الرئيسية.
2. اسطوانات رفع المكبس.
3. ذراعي اسطوانات رفع المكبس.
4. رأس المكبس .. يثبت به الجزء العلوي للقالب.
5. الجزء العلوي للقالب .. الاسطمبة.
6. الخامة المطلوب تشكيلها.
7. الجزء الأسفل للقالب .. يثبت بالسندان.

تستخدم المكابس الهيدروليكية في إنتاج مطروقات قوالب التشكيل (الاسطمبات) الكبيرة ، ولاستكمال تشكيل المطروقات الضخمة ، كما تستخدم في كـبس وتشـكيل المشغولات ذات الأحجام والأوزان الكبيرة والتي يصل وزن الواحدة منها إلـى 240 طن ، ويصل ضغط المكابس الهيدروليكية الحديثة المستعملة للطرق الحر مـن 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.

وتجري عمليات الحدادة للأجزاء ذات الأحجام المتوسطة والكبيرة على المطارق الآلية والمكابس المختلفة ، وذلك باستعمال العدد والأدوات الموضحة بشكل 4 – 18.



شكل 4 – 18

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 أداءه نتيجة لذلك.
2. تغير خواص الزيت مع طول الاستعمال.
3. ضرورة وجود تفاوتات صغيرة جدا للأجزاء المتحركة لتلافي تسرب الزيت .. مما يؤدي إلى ارتفاع ثمنها.

خواص الزيوت الهيدروليكية : Properties Of Hydraulic Oils

يجب أن تكون الزيوت المستخدمة في المكابس أو التجهيزات الهيدروليكية المختلفة مطابقة للمواصفات القياسية الدولية .. أي بالخواص التالية :-

1. الاحتفاظ بلزوجة مناسبة وثابتة زمنا طويلا.
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.

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.

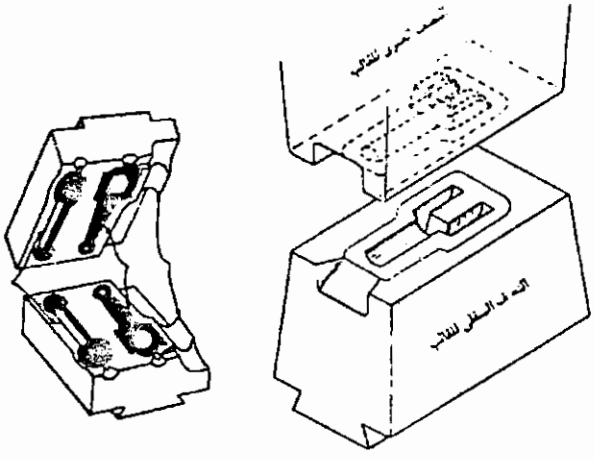
توجد القوالب بتجويفات بأشكال مختلفة ومتعددة ، يسمى كل قالب باسم شكل التجويف الموجود به . يتم اختيار شكل القالب المناسب لشكل المنتج المراد تشكيله.

يتكلف إنتاج قوالب التشكيل (الاسطمبات) مبالغ باهظة ، إلا أن القدرة الإنتاجية منها مرتفعة ومشغولاتها تميز بدقة الأبعاد وجودة الأسطح ، هذا بالإضافة إلى تخفيض المعدن المستخدم في عملي ة 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 علي عدة مراحل.

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

تصنع قوالب التشكيل (الإسطمبات) من كتل من الصلب المتوسط الكربوني أو الصلب السبائكي ، يمكن تصنيع القالب بفجوة واحدة كما هو موضح بشكل 4 – 19 (أ) وذلك لتشكيل قطعة واحدة فقط ، أو بفجوتين لتشكيل قطعتين في آن واحد شكل 4 – 19 (ب).



(ب) (أ)

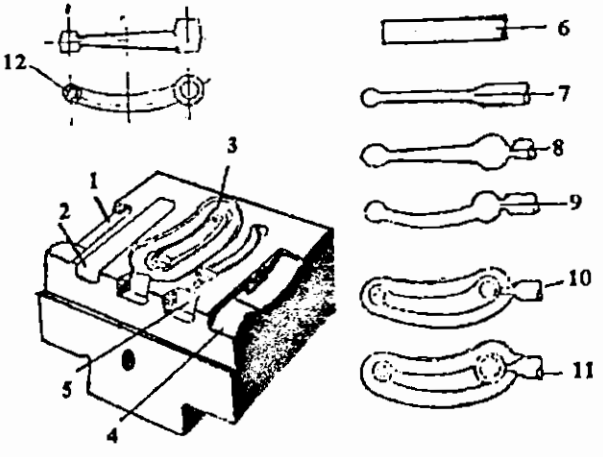
شكل 4 – 19

قوالب التشكيل .. (بفجوة واحدة وبفجوتين)

(أ) قالب تشكيل فجوة واحدة.

(ب) قالب تشكيل بفجوتين لتشكيل ذراع توصيل.

كما يمكن تصنيع القالب بفجوات متعددة شكل 4 – 20 وذلك لتشكيل مجموعة قطع في آن واحد ، أو حسب مراحل إنتاج المشغولة.



شكل 4 – 20

قالب تشكيل متعـــدد الفجوات

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

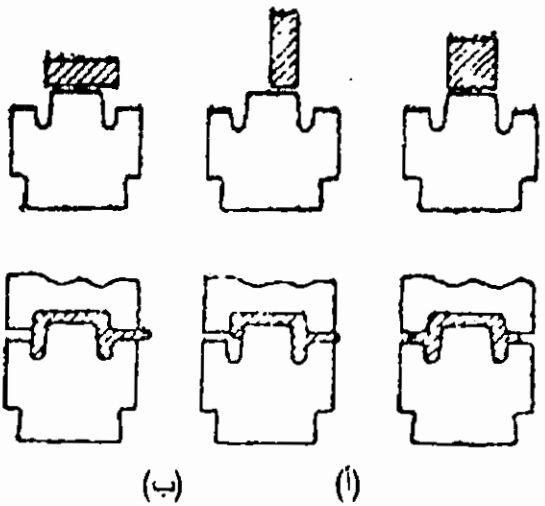
يتكون القالب من جزئين ، يثبت الجزء العلوي الذي يسمى بوجه القالب في قاعدة المكبس ، ويثبت الجزء الأسفل للقالب الذي يسمى بالقاعدة على سطح السندان ، بحيث يحصر المعدن المراد تشكيله عند انطباقهما ليشكل القطعة المطلوب إنتاجها.

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 مدي نجاح عملية تشكيل كتلة المعدن الساخنة أثناء وضعها على الجزء الأسفل بالقالب ، علي وضعها الصحيح ، حيث أنه في حالة وضع الكتلة المراد تشكيلها بوضع خاطئ ، يؤدى ذلك إلى عيوب في شكل ومقاسات المنتج المشكل ، وشكل 4 – 21 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.



شكل 4 – 21

الأوضاع الصحيحة والخاطئة للخامة الساخنة بقالب التشكيل

وحالة الأجزاء المنتجة بعد عملية التشكيل

(أ) الوضع الصحيح لكتلة المعدن وحالة المنتج المقبول بعد عملية التشكيل.

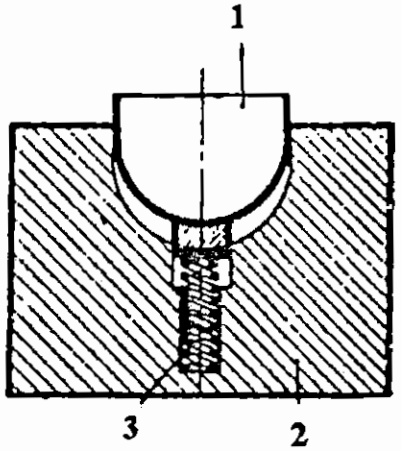
(ب) الأوضاع الخاطئة لكتلة المعدن والحالة السيئة للمنتج بعد عملية التشكيل.

طرق نزع القطع المشكلة من القوالب :

عادة يراعى عند صنع قالب التشكيل (الاسطمبة) 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 4 – 22 وذلك لدفع القطعة بعد تشكيلها مباشرة إلى الخارج بمجرد رفع نصف القالب العلوي . وبهذه الطريقة يمكن استخدام مجموعة من النوابض اللولبية (الياءات) أسفل المشغولات الكبيرة لسهولة نزعها.



شكل 4 – 22

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 قوالب مفتوحة ومغلقة

Metals Forming In Open & Closed Moulds

تجري عمليات تشكيل المعادن الساخنة في قوالب التشكيل (الاسطمبات) ، 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 البخبخة الناتجة عن بعض عمليات السباكة .

يوجد نوعان أساسيان من قوالب التشكيل هما :-

1. قوالب التشكيل المغلقة.
2. قوالب التشكيل المفتوحة.

فيما يل 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 عنه الطريقة عن الحدادة الحرة ، حيث انسياب المعدن يكون مقيد بشكل

ومقاسات التشكيل الداخلي لفجوة القالب المماثل لشكل ومقاسات القطعة المطلوب إنتاجها.

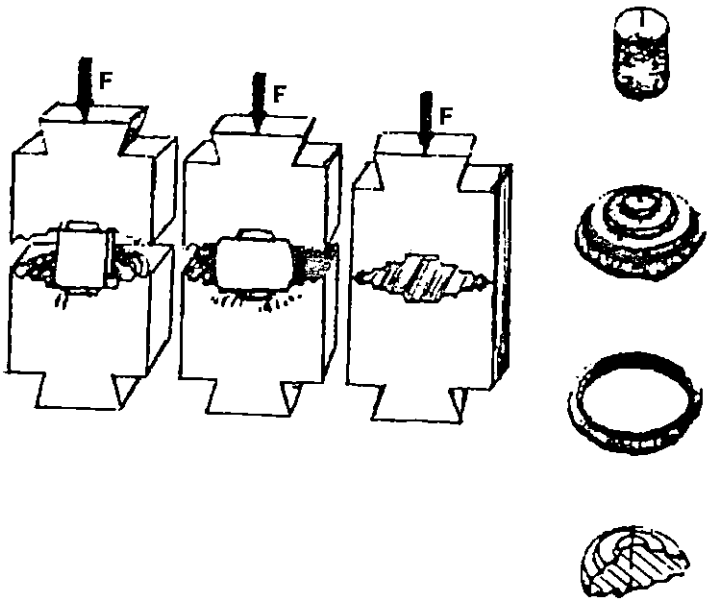
تشكل المعادن الساخنة بالقوالب المغلقة باستخدام المطارق الآلية أو المكابس المختلفة ، وعادة تستخدم طريقة الحدادة المقيدة (القوالب المغلقة) للمشغولات ذات الإنتاج الكمي .. (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجا متماثلاً متكرراً بالجملة).

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 كثر من العمليات إلى عدم حاجة المطروقات المنتجة بهذه الطريقة إلى عمليات تشطيب على آلات التشغيل المختلفة.

وشكل 4 – 23 يوضح نماذج لعملية الحدادة بالقوالب المغلقة ، ومن الطبيعي وجود القالب من جزأين ، 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 المدن الساخن الذي يوضع بالقالب يكون أكبر قليلا 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 4 – 23

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 4570.
4. يعتبر التشكيل بالقوالب اقتصادي إذا استخدم في الإنتاج الكمي.

التشكيل في قوالب مفتوحة

Forming In Open Moulds

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

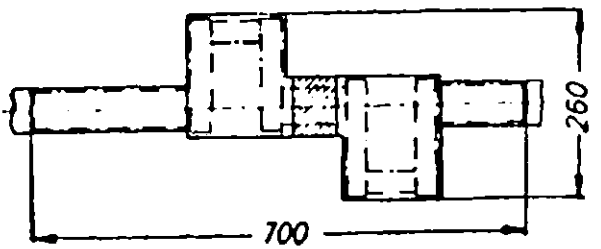
تتحمل الاجهادات العالية مثل قوالب التشكيل – أسطوانات المحركات – أعمدة المرافق – أعمدة دوران جميع الماكينات ذات الأحجام الكبيرة – أعمد الكباسات الخاصة بماكينات التشكيل المختلفة ..... وغيرها.

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 قوالب مفتوحة :

يراد تشكيل عمود مرفقي ذي حدفتين حسب الشكل والمقاسات الموضحة بشكل 4 – 24.



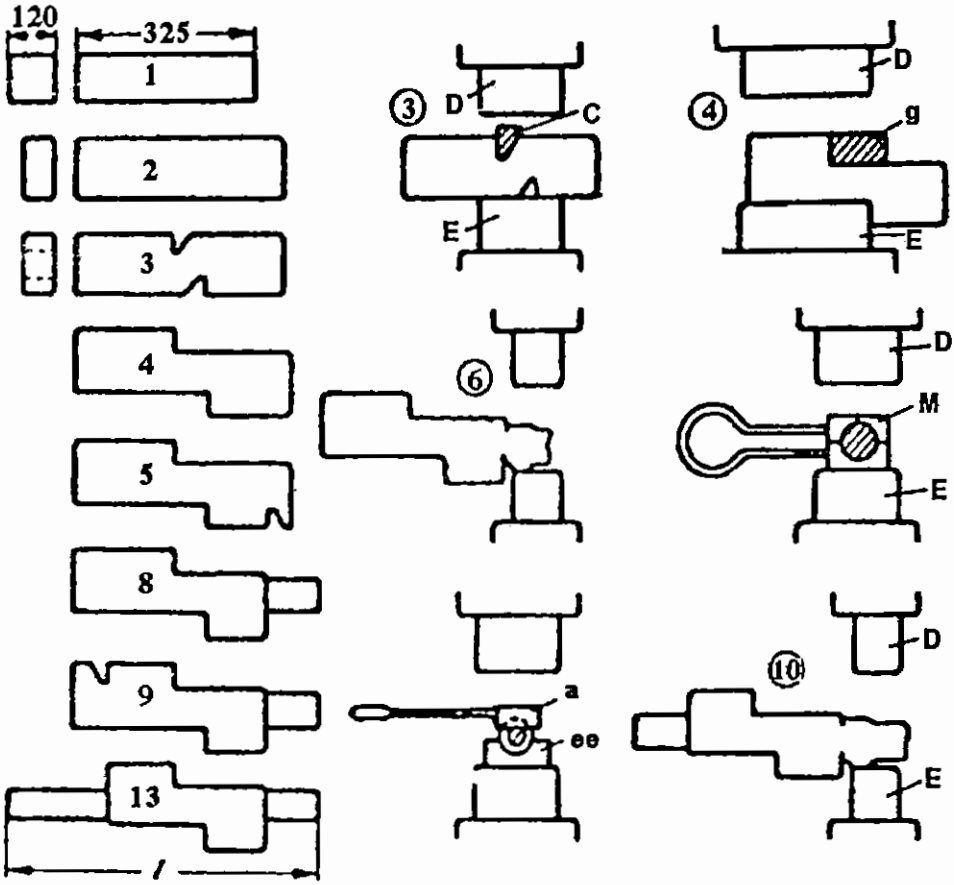
شكل 4 – 24

عمود مرفقي بحدافتين

خطوات العمل النموذجية لتشكيل عمود مرفق :

المطروقة المطلوبة بعض أجزائها مبطط ، 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 4 – 25 ، وجدول 4 – 1 تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل عمود مرفق.



شكل 4 – 25

تسلسل خطوات تشكيل عمود مرفق باستخدام قوالب مفتوحة

جدول 4 – 1

تسلسل خطوات تشكيل عمود مرفق في القوالب المفتوحة

رقم	العملية	العدد والأدوات المستعملة	ملاحـــــظات
1	التسخين	فرن	المقاس الأصلي للشغلة 120 × 120 × 325 مم
2	تشكيل الشـــغلة إلـــى قضيب مبطط	بلص تسوية	تشكيل تشكيلا حراً
3	التحزيز (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) ..c	يعاد تسخين الشـــغلة بعـــد تحزيزها .. (خصرها) .
4	تشكيل الشـــغلة علـــى شكل مرفق	قالب وسيط .. g	يعاد تسخين الشـــغلة بعـــد تشكيلها للمرة الثانية
5	التحزيز (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) ..c	
6	بلص السحب	بلص سحب	تشكيل الشغلة تشكيلا حرا
7	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف ..m	
8	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف .. m	يعاد تسخين الشغلة للمـــرة الثالثة
9	التحزيز .. (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) .. c	
10	السحب	بلص سحب	تشكيل الشغلة تشكيلا حرا
11	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف .. m	
12	القطع والتشطيب	مقطع على الساخن–قالب تشكيل	تشطيب نهائي للشغلة
13	المطروقة المنتهية .. تنقل إلى قســم التشغيل على الماكينات لتشغيلها بالقطع		

حياة قالب التشكيل : Life Of Forming Moulds

مقصود بحياة قالب التشكيل .. أي الفترة الزمنية التي يمكن استخدام القالب لتشكيل المعادن المختلفة بشكل مقبول ، حيث يتم اختيار المادة التي يصنع منها القالب، تبعا 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 أيضا.

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 :

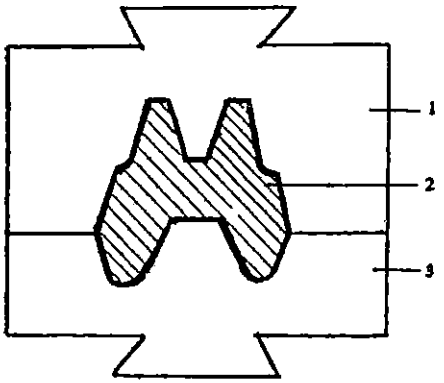
يختار المصممون عملية تشكيل المعادن على الساخن بورشة الحدادة باستخدام قوالب التشكيل (الاسطمبات) ، وذلك لتميزها عن المنتجات الأخرى المماثلة عن طريق الحدادة اليدوية بالمميزات التالية :-

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 4 – 26.



شكل 4 – 26

حفر الجزء الأعمق من الفجوة في النصف العلوي لقالب التشكيل

1. الجزء العلوي لقالب التشكيل.

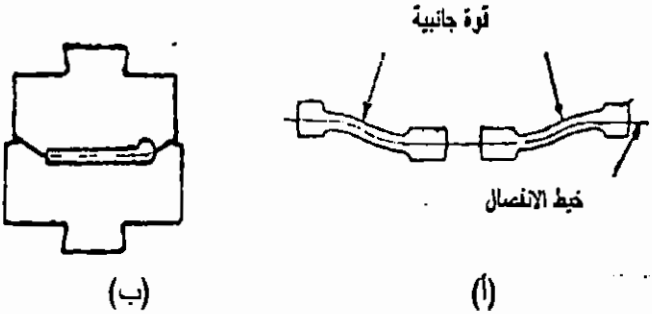
2.المشغولة المشكلة.

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

الألمونيوم .. 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 4 – 27 (أ) ، أو تشكيل فراغات القالب بطريقة بحيث تتلافى القوى الجانبية كما هو موضح بشكل 4 – 27 (ب).



شكل 4 – 27

تشكيل القوالب بحيث تتلافى القوى الجانبية

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

(ب) تصميم الاسطمبة بطريقة بحيث تتلافى القوي 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 بزاوية 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.

ويوضح شكل 4 – 28 (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.

(ب) (أ)

شكل 4 – 28

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 للاجهادات 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 بخبخة 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، حيث 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.

فحص واختبار المطروقات

Forging Test & Inspection

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 المستعملة في عمليات الحدادة ، وفحص المطروقات نصف المصنعة ، والمطروقات المنتجة كاملة التصنيع ، للتأكد من مطابقتها للمواصفات الفنية .. وبالتالي التأكد من جودتها.

فيما يلي بعض الفحوص والاختبارات التي تجرى على المطروقات :-

1. فحص واختبار المعادن المستعملة في الحدادة :

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 الأمية .. والذي ينعكس على كفاءة وجودة المعدة.

2. 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 التسطيح أو في قوالب التشكيل الغير مطابقة للمواصفات الفنية ، وقد تظهر بعض العيوب الأخري في المعدن من خلال لكسر مقطع بها وبذلك يمكن كشف العيوب تحت السطح.

3.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 ^{0}م .. حيث تظهر حجم الحبيبات وشكل البنية.

4.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.

5.الاختبارات غير الإنهيارية :

الاختبارات الغير إنهيارية أو الإختبارات غير التدميرية تعني اختبارات المعادن بدون حدوث أي تلفيات بها ، حيث تكتشف هذه الاختبارات الكسور والتفلقات ، 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 الممغنط ، 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 المنشئات 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 أفضليته 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.

ومن 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 فأنه 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 (الاسطمبة) 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 % تقريباً.

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 للآكل 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 (يحتوى 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 . وتتلخص 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 المتراكمة أثناء عمليات الحدادة المخلفة.

(ب) الحصول على مواصفات جيدة للمعدن .. من خلال البنيته 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 ^{0}م للصلب الكربوني ، وإلى 1150 ^{0}م للصلب السبائكي.

كما يمكن إجراء بعض المعاملات الحرارية المناسبة على مطروقات الصلب التي تحتوي على نسبة عالية من الكربون لتصليدها بواسطة التقسية من خلال التبريد المفاجئ ، بحيث تصلد أسطحها فقط ، بعمق يصل إلى ما بين 0.4 إلى 0.5 ملليمتر، 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 الصلد 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 ، واقل انفعالات داخلية .. ولهذا تجري عملية المراجعة.

لتحويل الصلب الصلد إلى معدن أقل صلادة ، يكون بذلك أقل مقاومة من الحالة

الأولى . كما تؤدي عملية المراجعة إلى إزالة الاجتهادات الداخلية ، حيث تستقر وتنتظم 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 فان الصلب الكربوني يراجع عند درجة حرارة منخفضة ما بين 150 إلى 200 ^{0}م ، ويراجع الصلب السبائكي الغالي الجودة عند درجة حرارة ما بين 480 إلى 650 ^{0}م ، كما يجب مراجعة المطروقات التي تتعرض إلى درجات حرارة مرتفعة أثناء استخدامها.