الحدادة اليدوية

Manual Forging

تمهيد

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 الأصداف 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 التدرب 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 .

والحدادة تعني تشكيل المعدن على الساخن بالطرق أو الكبس لتحويله إلى الشكل والمقاس المطلوب .. أي حدوث تغيير في شكل المعدن دون حدوث تمزق ، وذلك باستغلال خاصية اللدونة في المعدن بانخفاض مقاومته عند ارتفاع درجة حرارته . ويتم ذلك باستخدام طريقتين أساسيتين هما :-

1. **التشكيل بالطرق** : Forming By Hammering

وهو 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 للسطحين المتوازيين.

تستخدم هذه الطريقة في الإنتاج الفردي للأجزاء الصغيرة ، أو في أعمال الصيانة.

2. **التشكيل بالضغط** : Forming By Press

وهو عبارة عن عملية تغيير شكل المعدن الساخن عن طريق استخدام قوالب تشكيل مغلقة (إسطمبات) ، 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 تسخينه ، 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 فأن عمليات الحدادة لها أهمية كبرى في صناعة المعدات والآلات والأجزاء الهمة للماكينات ، حيث يتم عن طريق عمليات تصنيع الأجزاء الهامة للطائرات والسفن والسيارات والجرارات الزراعية .. بالإضافة إلى تصنيع الأعمدة المرفقية ، والروافع ، وأعمدة الإنارة ، وريش التربينات وأيضا العديد من العدد ... وغيرها.

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

واستخدام أسلوب الحدادة في عمليات الإنتاج ، يوفر في الوقت ، ويخفض في التكاليف ، ويغني في أحيان كثيرة عن عمليات التشطيب على الماكينات المختلفة.

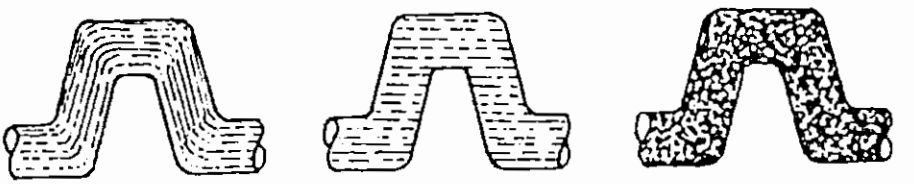
ومن أهم الأسباب التي تميز المنتجات المصنعة عن طريق عمليات الحدادة هي صلادتها وقوة تحملها ومقاومتها العالية لاجهادات التشغيل المختلفة.

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.

شكل 3 -1 يوضح رسم تخطيطي لانسياب حبيبات المعدن بطرق التشكيل والتشغيل المختلفة .. ويوضح الشكل أن أفضلها هي التشكيل بالحدادة.



(ج) (ب) (أ)

شكل 3 -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.

وتتم عملية تشكيل المعادن أثناء عمليات الحدادة المختلفة ، عن طريق التحكم اليدوي في المشغولات المطلوب تشكيلها ، والتي يتوقف دقتها على مهارة فني الحدادة.

تستعمل الحدادة اليدوية على نطاق ضيق ، أو للإنتاج الفردي للأجزاء الصغيرة أو في أعمال الصيانة .. وذلك لانخفاض دقتها.

ولا شك أن استخدام الحدادة اليدوية في مراحل تنفيذ العينات الأولى ، أو في الإنتاج الفردي ، أو في إنتاج أعداد محدودة .. يكون أقل تكلفة ، وأفضل اقتصاديا من تصنيع قوالب مرتفعة التكاليف لمنتجات مازالت في المرحلة الأولى أو في مرحلة التجارب.

ويمكن تلخيص عمليات الحدادة اليدوية من خلال ارتفاع درجة حرارة المعدن في الفرن (الكور) إلى درجة الحرارة المناسبة للتشكيل ، ثم توضع الشغلة على السندان ويطرق عليها باستخدام المطارق ، كما تستخدم الملاقط 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.

وتعتبر 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 تتوافر 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 ولعمليات 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 تنخفض 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 mm² .. فإنه يعني أن القضيب من هذا الصلب مساحة مقطعة 1 mm² يمكن أن يتحمل قوة شد تبلغ 40 kg.

ومن ثم فأن 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.

وحيث 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:-

$$V = a \times L$$

$$V = a_1 \times L_1$$

$$a \times L = a_1 \times L_1$$

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

$L_2 = L \times$ نسبة ما بين 10% إلى 20%

$$L_3 = L \times L_2$$

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

a ... مساحة مقطع الخامة قبل التشكيل.

a_1 ... 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.

وحيث 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 طـول الخامـة لتعويض الفاقد في عملية التشكيل ، وتقدر حسب مقاسات الشغلة المطلوبة.

مثال 1:

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

الطول 50 mm

العرض 10 mm

الارتفاع 5 mm

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

الحل :

حجم الشغلة بعد التشكيل (V)

$$V = a_1 * L_1$$

$$= 10 * 5 * 50 = 2500mm^3$$

مساحة مقطع الخامة قبل التشكيل (a)

$$a = 10 * 10 = 100mm^2$$

∴ الطول التقريبي للخامة

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

الطول الإضافي L_2 الناتج عن الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل وهو 10%

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

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

∴ طول الخامة المطلوبة L_3 = الطول التقريبي للخامة L + الطـول الإضـافي لتعويض الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل L_2

$$L_3 = L + L_2$$
$$= 25 + 2.5 = 27.5mm$$

مثال 2:

يراد تشكيل قرص مستدير من صلب الإنشاءات عن طريق عمليات الحـدادة ، أبعاده كالآتي :-

القطر 14 cm

السمك 2 cm

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

الحل :

حجم الشغلة بعد التشكيل

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

مساحة مقطع القضيب الخام قبل عملية التشكيل بالحدادة

$$a = d^2 * \pi$$
$$= 3 * 3 \times 3.14 = 28.3 cm^2$$

الطول التقريبي للخامة

$$L = \frac{a_1 \times L_1}{a}$$
$$= \frac{308}{28.3} = 10.8cm$$

الطول الإضافي (L_2) الناتج عن عملية الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل وهو 15%

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

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

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

$$L_3 = L + L_2$$
$$= 10.8 + 1.6 = 12.4cm$$

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 3 – 1 الذي يوضح درجات حرارة تشكيل لبعض المعادن.

جدول 3 ـ 1

درجات حرارة تشكيل بعض المعادن

نوع المعدن	درجة حرارة التشكيل بالحدادة
ألومنيوم	400 – 500 ^{0}م
نحاس – قصدير	700 – 800 ^{0}م
صلب إنشاءات	800 – 1200 ^{0}م
صلب التطبيع	900 – 1000 ^{0}م

ولتحديد درجة حرارة المعادن المشكلة بالحدادة ، يسترشد عن ذلك من خلال ألوان توهجها ، حيث يناظر كل لون من ألوان التوهج إلى درجة حرارة المعدن ، وجدول 3 – 2 يوضح أنواع الصلب وألوان توهجها التي تناظر درجات الحرارة.

جدول 3 ـ 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	برتقالي	880	1050
أحمر غامق	650	750	أصفر غامق.....	1050	1150
أحمر قاني.....	750	780	أصفر فاتح	1150	1250
أحمر قرمزي.....	780	800	أبيض.....	1250	1350
قرمزي فاتح	800	830			

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 :-

1. **فحم الكوك** : Forge Coke

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.

2- **الفحم الحجري** : Pit Cool

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.

3. **الفحم النباتي** : Char cool

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.

المواصفات 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 ^{0}م.
2. احتواء الفحم على أقل نسبة ممكنة من الكبريت .. لكي لا يمتصه الصلب أثناء عمليات التسخين.
3. الرماد المتخلف من الفحم والناتج 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.

فرن الحدادة (الكور) : Furnace

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 حـــرق 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.

فرن الحدادة الثابت : Fixed Furnace

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 الـــذي يســـمى بالموقد.

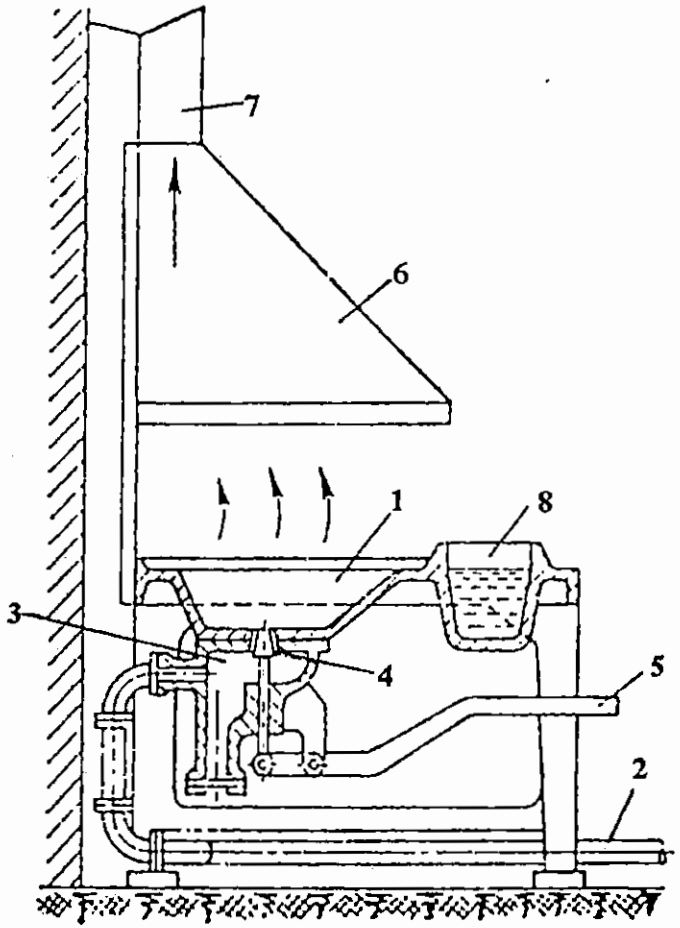
يضغط الهواء اللازم لغرض احتراق الفحم عن طريق المروحة المثبتة بالكور ، ويستمد تيار الهواء المضغوط في الأكوار القديمة عن طريق منفاخ يعمـــل باليـــد أو القدم، أما الأكوار الحديثة فأنها تستمد الهواء المضغوط عن طريق مراوح كهربائية أو مراوح دوارة التي تسمى بمضخات الهواء . وأكثر أنواع المـــراوح اســـتخداما فـــي 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 حـــرارة التســـخين للمعـــادن 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 النـــار بشكل أفضل.

يتكون فرن الحدادة (الكور) الموضح بشكل 3 – 2 من الأجزاء الآتية :-



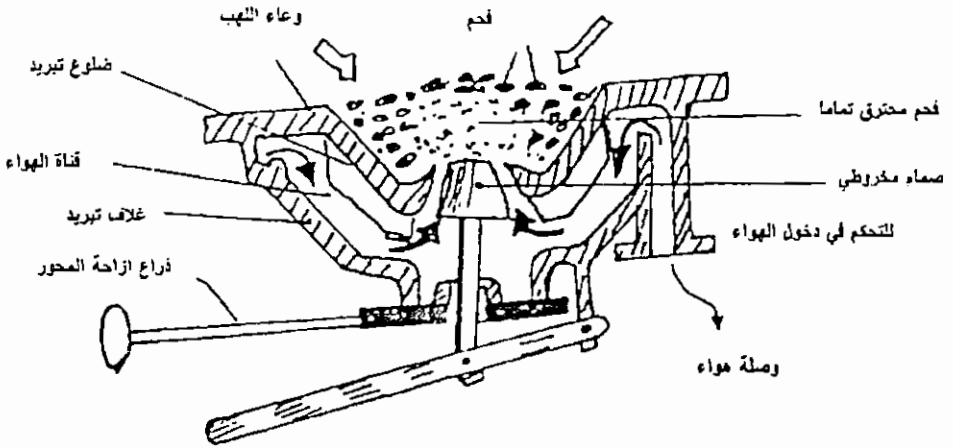
شكل 3 – 2

فرن الحدادة .. (الكور)

1. موقد النار.
2. ماسورة الهواء.
3. صندوق الهواء.
4. صمام مخروطي.
5. ذراع تحكم.
6. غطاء المدخنة.
7. المدخنة.
8. حوض تبريد.

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 3 – 3 يوضح إحدى موقدي النار بالكور.



شكل 3 – 3

موقـــد النـــار

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 :

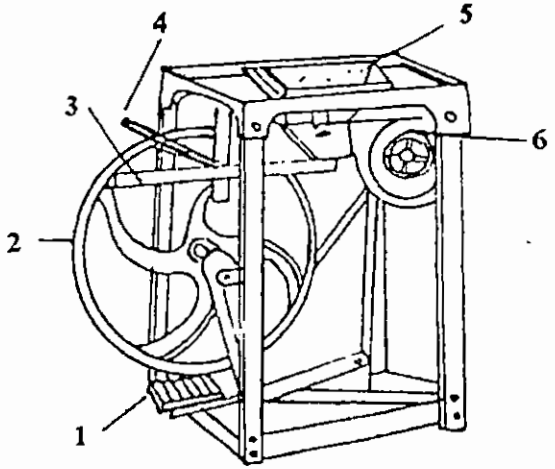
مثبت بالفرش من الجهة الأمامية للكور . يستعمل عندما يراد تقسية شغلة من الصلب بعد تسخينها وتبريدها تبريد مفاجئ ، كما يستعمل في تبريد عدد وأدوات الحدادة المختلفة.

فرن الحدادة المتحرك (الكور المتحرك) : Movable Furnace

يتماثل فرن الحدادة المتحرك (الكور لمتحرك) 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 3 – 4 من الأجزاء الآتية :-



شكل 3 – 4

فرن الحدادة 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.

السنـــدان : ANVIL

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 مليمتر فأنها تصنع من معادن تتحمل عمليات الطرق مثل الصلب الكربوني العالي المصلد . يبلغ وزنه إلى حوالي 150 كيلو جرام ، يرتكز على قاعدة خشبية مقواه بإطار من الحديد ، وذلك لامتصاص الصدمات والارتجاجات الناتجة عن عمليات الطرق.

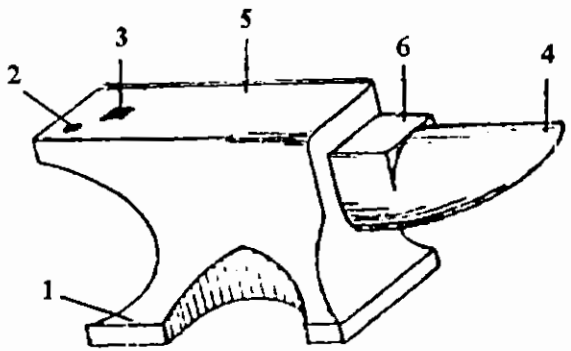
أنواع السندان : Types Of Anvil

يوجد نوعان أساسيان من السندان هما :-

1. سندان بقرن : One – Horn Anvil

سندان ذو القرن الموضح بشكل 3 – 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 3 – 5

سـندان بـقرن

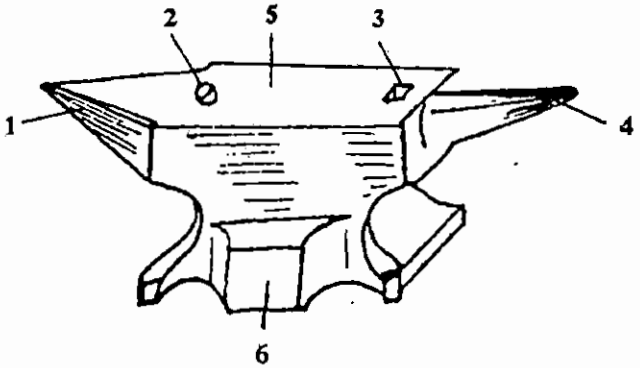
1. قاعدة السندان.
2. ثقب مستدير.
3. ثقب مربع لتثبيت العدد المساعدة.
4. قرن مستدير.
5. وجه السندان.
6. سندان تسطيح.

2. سندان بقرنين : Two – Horn Anvil

السندان ذي القرنين الموضح بشكل 3 – 6 هو عبارة عن كتلة من الصلب ،

يحتوي عند جانبيه علي قرنين مخروطين ، مقطع أحدهما بشكل مستدير ومقطع القرن الآخر علي شكل مربع.

يستخدم القرنين في عمليات الحني والاستدارة والثني والتمديد ..... وغر ذلك من عمليات الحدادة.



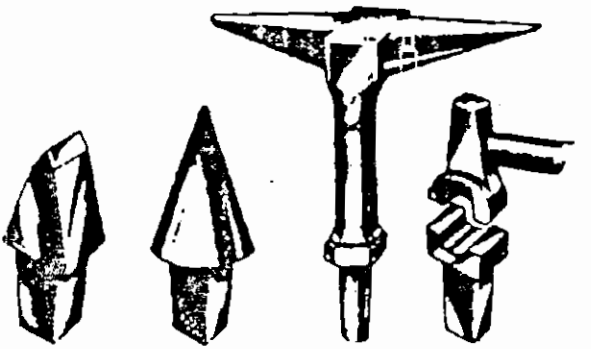
شكل 3 – 6

ســـــندان بقرنيـــــن

1. **قرن مربع.**
2. **ثقب مستدير.**
3. **ثقب مربع لتثبيت العدد المساعدة.**
4. **قرن مستدير.**
5. **وجه السندال.**
6. **سندال تسطيح.**

يوجد بالسندان ثقبان أحدهما على شكل مربع والأخر علـــى شـــكل مســـتدير . يســـتخدم الثقبان في تثبيت جذوع العـــدد اليدوية المساعدة (البلصات) الموضحة بشكل 3 – 7.

تستخدم العدد اليدوية المساعدة (البلصات) في عمليات الحدادة المختلفـــة مثـــل التشكيل الدائري والثني – دوران الأعمدة – الثقب – القطع (الفصل).



شكل 3 – 7

العدد اليدوية المساعدة للسندان

(أ) ملف.

(ب) قرن.

(ج) جذع مدبب.

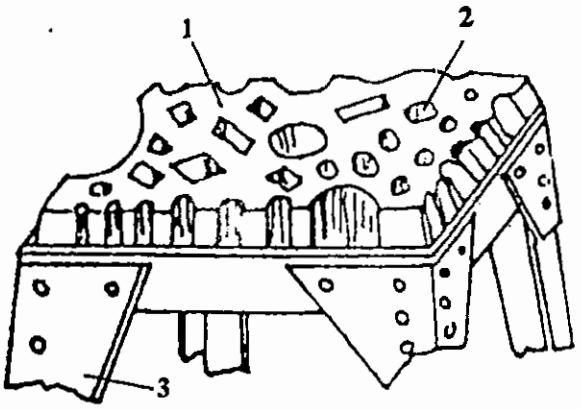
(د) قاطع.

زهرة التشكيل : Swage Block

تسمى أيضـــا بزهرة الطرق أو زهرة الحداد ، وهي عبارة عن كتلـــة معدنيـــة كبيرة . تصنـــع عادة من حديد الزهـــر . يحتوي ســـطحها على مجموعة كبيرة من التجاويف ذات أشـــكال وأبعاد مختلفـــة مثل ثقوب دائرية ــ مستطيلة ــ مربعـــة ــ مسدســـة ..... الخ.

ترتكز زهرة التشكيل الموضحة بشكل 3 – 8 على قاعدة متينة مصنوعة مـــن زوايا الصلب.

تستخدم زهرة التشكيل في تسوية وتشكيل المشغولات بعد التشكيل المبدئي على السندان ، كما تستخدم كقالب طرق أسفل أي كبلص قاعدة .. وذلـــك حســـب الشـــكل المراد تشكيله.

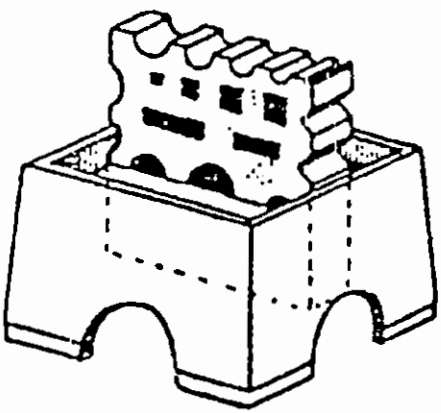


شكل 3 – 8

زهـــرة التشـــكيل

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 تثبيتهـا كما هو موضح بشكل 3 – 9. وذلك حسب الحاجة إلى التشكيل المطلوب.



شكل 3 – 9

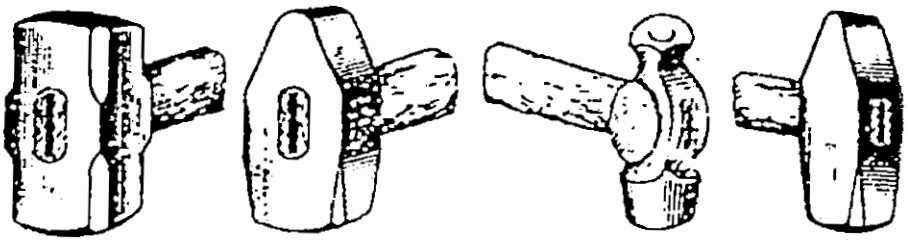
زهرة تشكيل بوضـــع أخر

المطارق : Hammers

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

مطارق الحدادة ذات أحجام وأوزان مختلفة ، حيث توجـد المطـارق اليدويـة الصغيرة Hammers الموضحة بشكل 3 – 10 (أ) والتي يتراوح وزنها ما بـين 1 إلى 2.5 كيلو جرام ، كما توجد المطارق ذات الأحجام والأوزان الكبيرة والتي تسمى (مرزبات) Sledge Hammers شكل 3 – 10 (ب) يتراوح وزنها ما بين 3 إلى 10 كيلوجرام ، ولارتفاع وزن مطارق الحدادة عن المطارق العادية .. لذلك فـإن فنـي الحدادة يستخدمها بكلتا يديه.

تستخدم المطارق المختلفة بالوزن والشكل المناسـب للمشغولات المراد تشكيلها بالحدادة.



شكل 3 – 10

المطـــــــارق

قوالب التشكيل والقطع

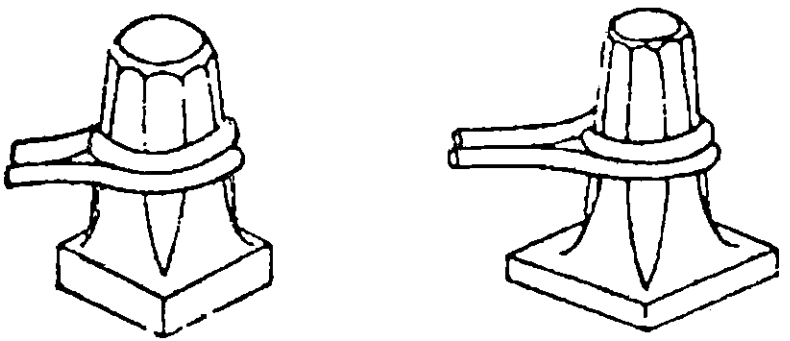
Cutting & Forming Moulds

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 – السنابك – القواطع ... وغيرها.

فيما يلي عرض لجميع المعدات الخاصة بعمليات التشكيل والقطع .

بلص التسوية : Flatter

بلص التسوية الموضح بشكل 3 – 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.



(ب) (أ)

شكل 3 – 11

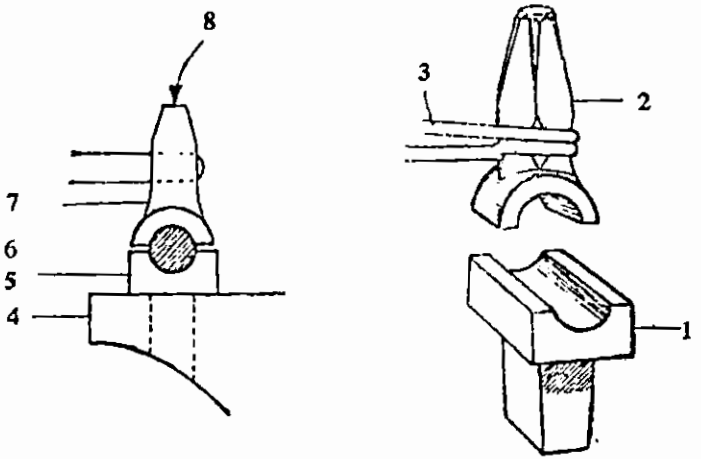
بلص تسـوية

(أ) بلص ملفوف .

(ب) بلص تشطيب الأركان .

بلص التشكيل الملفوف : Swage

بلص التشكيل الملفوف شكل 3 – 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 .



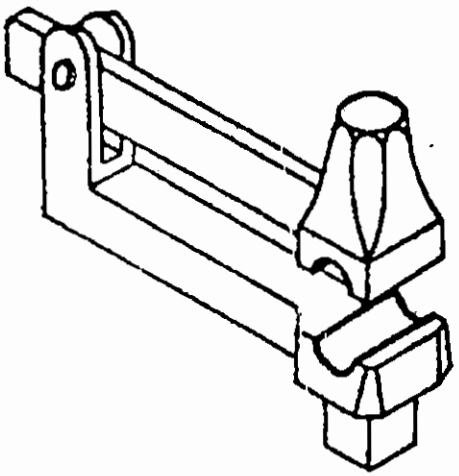
شكل 3 – 12

بلص تشـــكيل 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 3 – 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 3 – 13

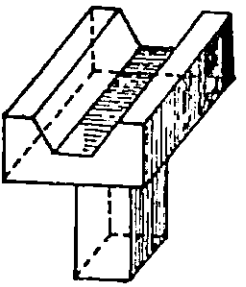
بلص تشكيل ملفوف مفصلي

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 3 – 14 يوضح قاعدة بلص تشكيل سداسي .. ومن الطبيعي وجود وجه البلص.



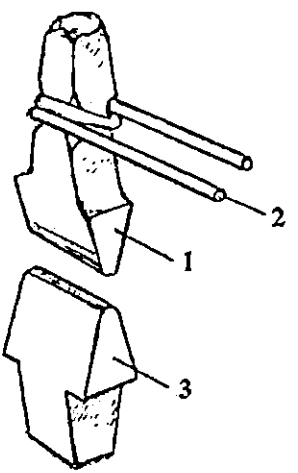
شكل 3 - 14

بلص تشـــكيل مسدس

بلص خصر : Fuller

بلص الخصر الموضـــح بشـــكل 3 - 15 يسمى أيضا بلص حفـــر ـــ بلـــص محزز ـــ بلص نواة ، وهـــو يحتوي على جزئـــين هما الوجه والقاعدة ، حد تشـــكيل الخصر على شكل قوس.

يستخدم بلص الخصر في عمليات الحزوز الدائرية أو في عمـــل خصـــر .. أي اختصار لسمك المعدن في المكان المطلوب.



شكل 3 - 15

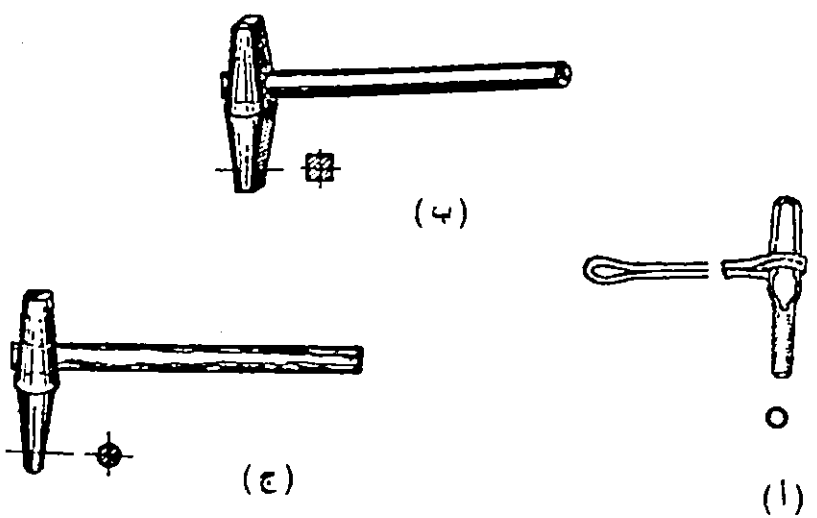
بلـــص الخصـــر

1. وجه بلص الخصر.
2. مقبض بلص الخصر.
3. قاعدة البلص.

السنبك : Punch

يستخدم السنبك في المشغولات الساخنة لعمل التقوب ، وأيضا لتوسيعها وضبطها.

يثبت السنبك بمقبض خشبي أو يستعمل عن طريق ملقاط . يوجد للسنبك أشكال مختلفة تتناسب مع التقوب المراد تشكيلها .. حيث يوجد سنبك ذو مقطع مستدير – بيضاوي – مربع – مستطيل . وشكل 3 – 16 يوضح بعض أشكال السنابك.



شكل 3 – 16

أشكال مختلفة للسنابك

(أ) سنبك مستدير.

(ب) سنبك مربع.

(ج) سنبك مستق (مسلوب).

المقاطـــع

Chisels

المقاطع الموضحة بشكل 3 – 17 تتكون من جزئين هما القاعـــدة والوجـــه . تصنع من الصلب الكربوني وتجلخ حسب درجة القطع المطلوبة . تقوم المقاطع بعمل الأجنحة وتتشابه معها.

تستخدم لقطع (لفصل) الأجزاء الزائدة والغير مرغوبة . تنقســم المقــاطع إلـــى نوعين هما :-

1.مقطع على البارد : Cold Cutting

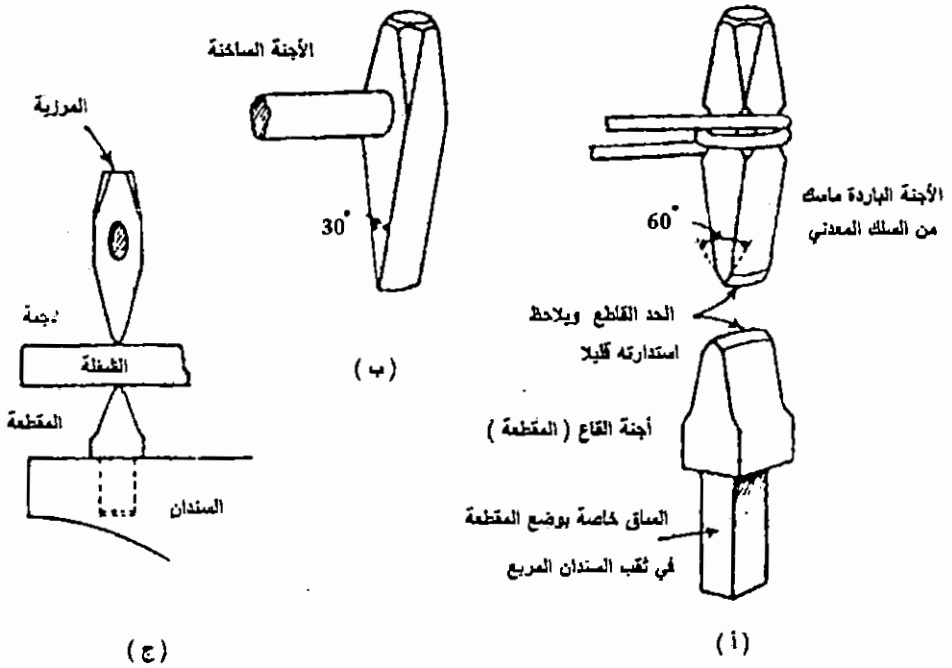
يستعمل هذا المقطع في عملية قطع المعادن (فصل المعادن عن بعضها) علـــى البارد ، ويعرف ببدنه السميك . زاوية الحد القاطع للجزئين العلوي والسفلي هي °60.

2. مقطع على الساخن : Hot Cutting

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

ملاحظات :

- يجلخ المقطع عند تلعثمه بالزاوية المحددة له .. ويراعـــى تجلـــيخ الجـــزئين العلوي والسفلي.
- عادة يحتوي المقطع الساخن على مقبض من الخشب.



شكل 3 – 17

المقاطـــــــع

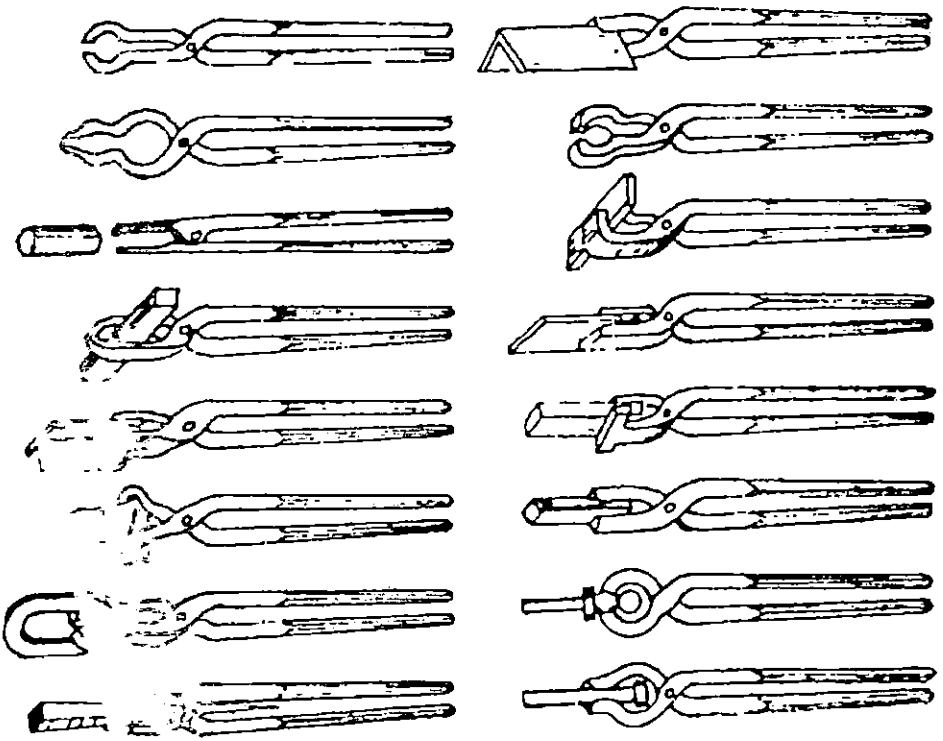
(أ) مقطع على البارد .. (الجزئين العلوي والسفلي).

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

(ج) مقطع أثناء عملية القطع (الفصل).

الملاقط : Tonges

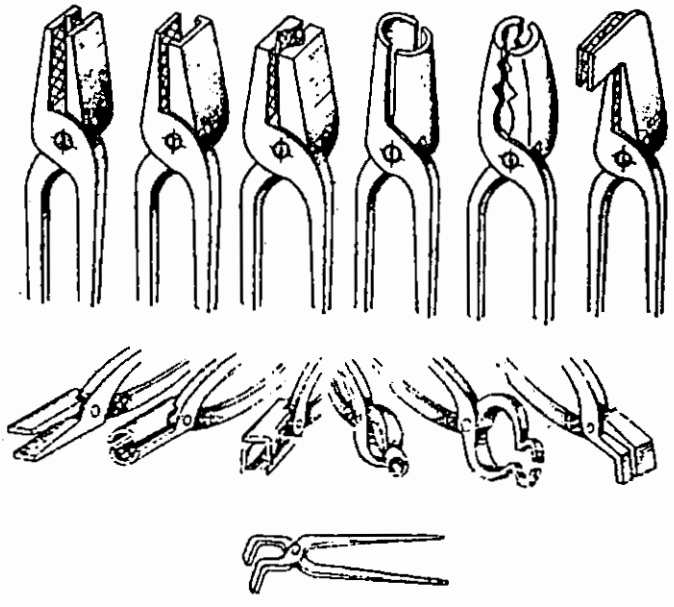
الغرض من الملاقط المختلفة الأشكال الموضحة بشكل 3 – 18 هو التحكم في المشغولات (مسك المشغولات) المراد طرقها ، وخاصة المشغولات الساخنة ، أو مسك المشغولات عند وضعها بالكور ، وأيضا بعد تسخينها ، لذلك فقد صـــممت الملاقـــط بمقابض طويلة لوقاية الفنيين من حرارة الكور ومن حرارة المشغولات أيضا.



شكل 3 – 18

الملاقـــــــط

كما صممت الملاقط بأشكال وأحجام مختلفة لتتناسب مع جميع عمليات الحـدادة اليدوية . وشكل 3 – 19 يوضح مجموعة من الملاقط ذات الأشكال الخاصة.

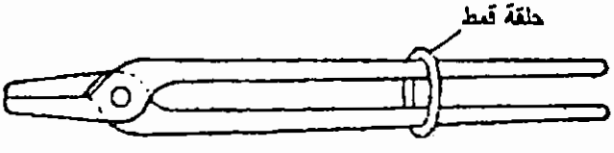


شكل 3 – 19

الملاقط ذات الأشكال الخاصة

عند مسك شغلة بالملقاط 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 3 – 20 للتحكم في قبضة مسك الشغلة جيدا.



شكل 3 – 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.

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

السحب : Drawing

عملية السحب هي عبارة عن زيادة في طول المعدن مع انخفاض سمكه أو عرضه، أو انخفاض المساحة أي الطول والعرض معا.

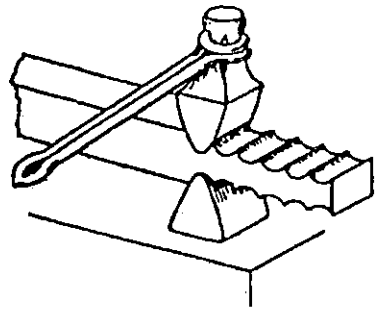
تجري عملية السحب عند تسخين المعدن على ثلاث مراحل وهي الخصر – السحب – التسوية.

الخصر : Fullering

يمكن تشكيل المعدن بخصره .. أي بعمل أخاديد (حزوز) على سطحه بإحدى العمليات التالية :-

(أ) الخصر باستخدام بلص الخصر :

يثبت قاعدة بلص الخصر في تجويف السندان ، وتوضع الخامة المراد تشكيلها بين قاعدة ووجه البلص ، ثم يطرق عليها كما هو موضح بشكل 3 – 2. وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التجهيز للسحب.

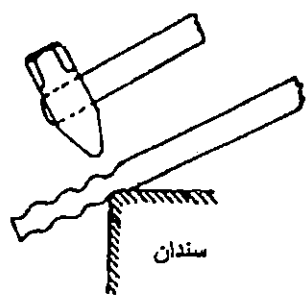


شكل 3 – 21

الخصـر باســـتخدام بلص

(ب) الخصر باستخدام حافة السندان :

في هذه الطريقة يستخدم السندان مباشرة بدون الحاجة إلى بلـص ، حيـث توضع الخامة المراد تشكيلها على حافة السندان ويطرق عليها كما هو موضـح بشكل 3 – 22.



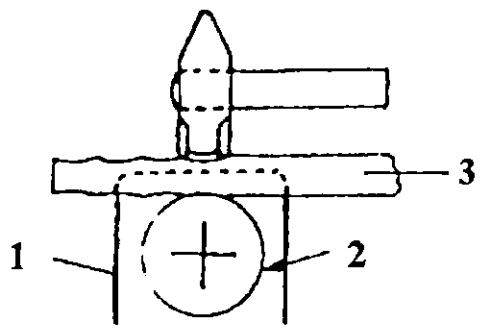
شكل 3 – 22

الخصر باستخدام حافة السندان

(ج) الخصر باستخدام قرن السندان :

في هذه الطريقة يستخدم القرن المخروطي للسندان (القـرن ذو المقطـع المستدير) ، حيث توضع الخامة المراد تشكيلها على القرن المسـتدير ويطـرق عليها كما هو موضح بشكل 3 – 23.

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



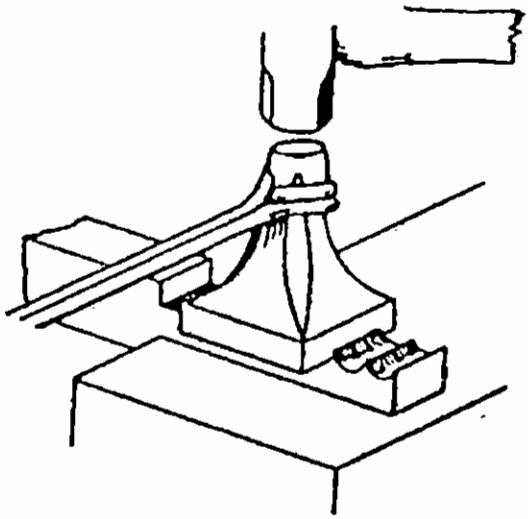
شكل 3 – 23

الخصر باســتخدام قرن السندان

1. الســندان.
2. قرن السندان المستدير.
3. المشغولة المراد تشكيلها.

(د) السحب باستخدام بلص التسوية :

توضع الخامة السابق خصرها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل 3 – 24.

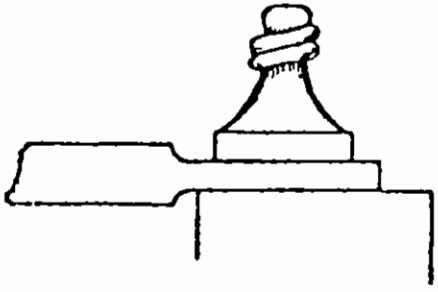


شكل 3 – 24

السحب باستخدام بلص التسوية

التسوية : Flattening

توضع الخامة السابق خصرها وسحبها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل 3 – 25 . وتعتبر هذه المرحلة هي المرحلة النهائية لعملية السحب.



شكل 3 – 25

التسوية

الكبس : Pressing

الكبس هو عملية لزيادة مقطع الخامة مع الانخفاض في طولها . ولتجنب انبعاج الجزء المراد كبسه .. ينبغي أن لا يزيد طـول الجزء المكبوس عن مرتين ونصـف من قطره.

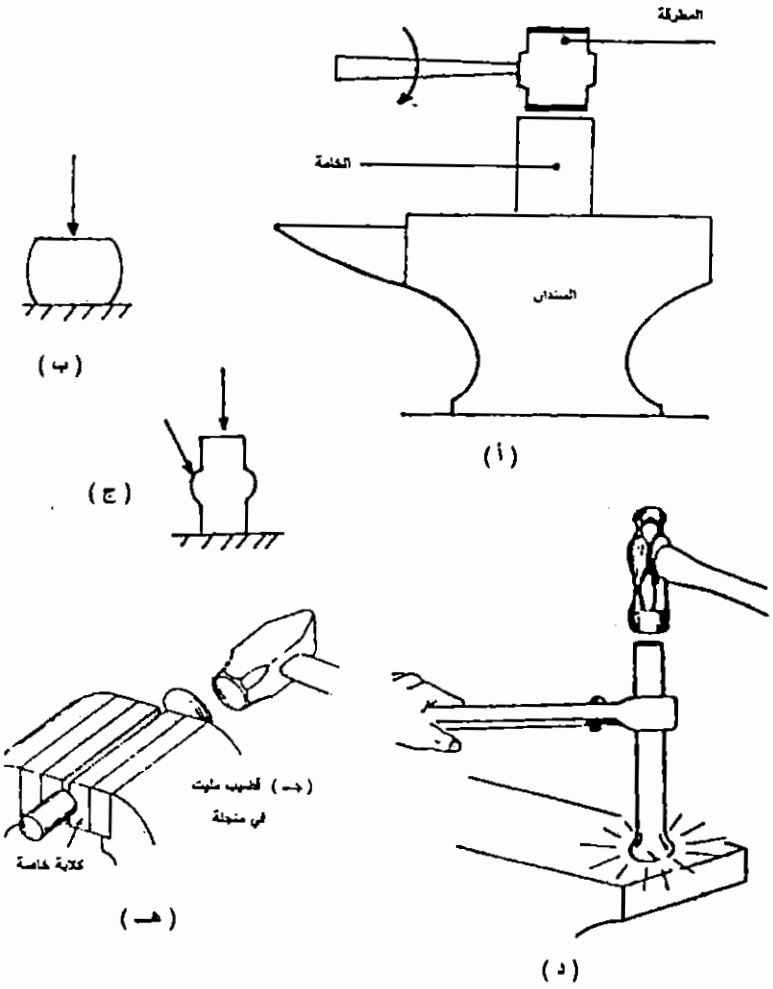
تجري عملية الكبس بتسخين الخامة كلها ، حيث تمسـك من إحـدى طرفيهـا بالملقاط ، وتوضع على سطح السندان بشكل عمودي ويطرق عليها حتى الوصول إلى القطر أو الشكل المطلوب .. وذلك في حالة كبس الخامة كلها.

أما إذا أريد زيادة في قطر أو مقطع لمعدن 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 3 – 26 يوضح نماذج مختلفة لعمليات الكبس .

ملاحظة :

في حالة حدوث إنحناء للشغلة ، يعدل الانحناء ، وتستمر عمليـة الطـرق حتـى الوصول إلى الشكل المطلوب.



شكل 3 – 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).

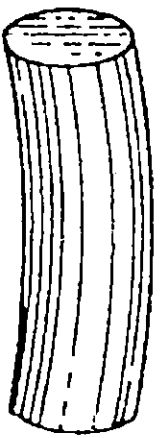
(هـ) كبس جزئي لمسمار.

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 (حزوز) 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).

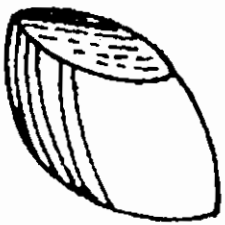
انحناء للشغلة إذا كانت طولها يزيد ثلاثة أضعاف قطرها شكل 3 – 27.



شكل 3 – 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 3 – 28.



شكل 3 – 28

تمدد غير منتـــظم للشغلة

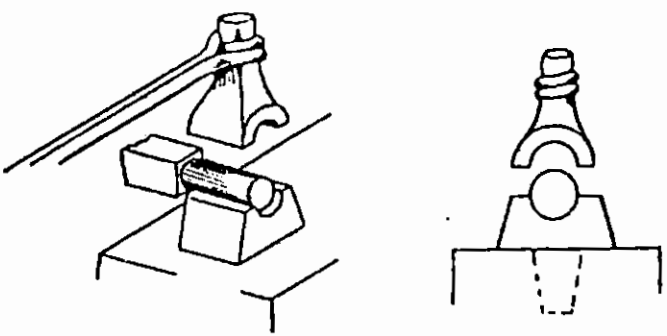
الاستدارة : Rounding

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

يستعمل 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 3 – 29.

ملاحظـة :

يمكن تشكيل المشغولات بأشكال مختلفة أخرى ذات مقاطع مربعة – مسدسة ... أو غير ذلك طبقا لشكل البلص المستخدم.



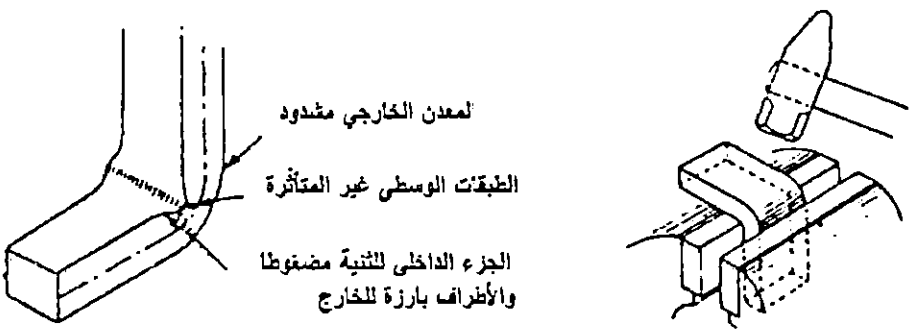
شكل 3 – 29

عملية اســـــــتدارة

الثني : Bending

عملية الثني من العمليات الشائعة في ورشة الحدادة ، وأشكال الثني أما أن تكون على شكل منحنى أو على شكل زاوية ذات أركان حادة.

حيث أنه إذا أجريت عملية الثني على خامة ذات مقطع منتظم .. يؤدي ذلك إلى انخفاض ملحوظ في سمك الخامة عند منطقة الثني ، الذي ينتج عنه انكماش طبقاته الداخلية ، بينما تتمدد طبقاته الخارجية كما هو موضح بشكل 3 – 30.



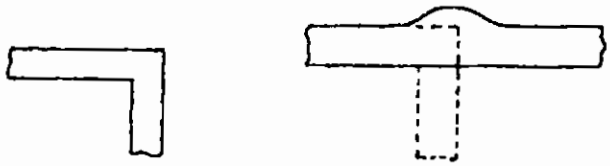
شكل 3 – 30

رداءة الشغلة لوجود تشوه في منطقة الثني

(أ) تثبيت الشغلة في الملزمة أثناء عملية الثني.

(ب)التأثير الخاطئ في عملية الثني.

ولإجراء عملية الثني الجيدة ، فانه 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 3 – 31 ، حيث يعمل المعدن الإضافي السابق تجهيزه على استكمال نقص السمك بركن الزاوية المراد تشكيلها.



(ب) (أ)

شكل 3 – 31

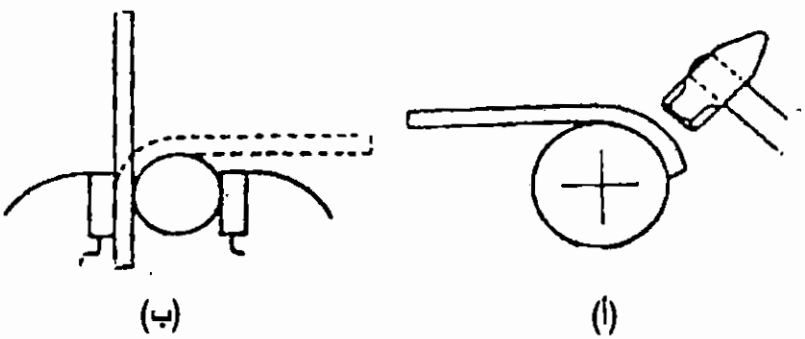
عملية جيـدة لثني زاوية

(أ) الشغلة التي سبق إعدادها بمليء مواضع الثني.

(ب) عملية ثني جيدة.

أما عمليـة الثني المستدير ، فأنه يمكـن تشـكيله باسـتخدام قـرن السـندان المخروطي ذو المقطع المستدير ومطرقة مناسـبة للتشكيل المطلوب كما هو موضح بشكل 3 – 31 (أ) . كما يمكن الحصول على الثني المستدير بتثبيت طرف القضيب المراد تشكيله مع قرص مستدير ذو قطر مناسب بين فكي ملزمة وباستخدام مطرقـة مناسبة شكل 3 – 31 (ب).

تتم هذه الطريقة بدون الحاجة إلى عمل كبس جزئي للشغلة.



(ب) (أ)

شكل 3 – 32

عملية الثني المستدير

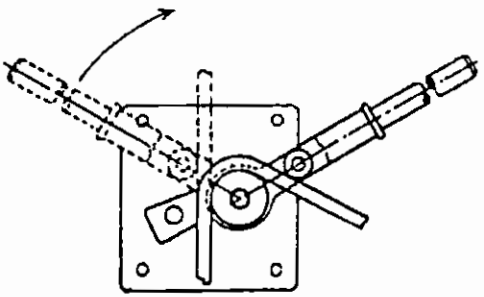
(أ) الثني المستدير باستخدام قرن السندان المستدير.

(ب) الثني المستدير باستخدام قضيب أسطواني بين فكي الملزمة.

ويفضل استخدام التجهيزة الخاصة لعمل المنحنيات الدائرية الموضحة بشكل 3 – 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.



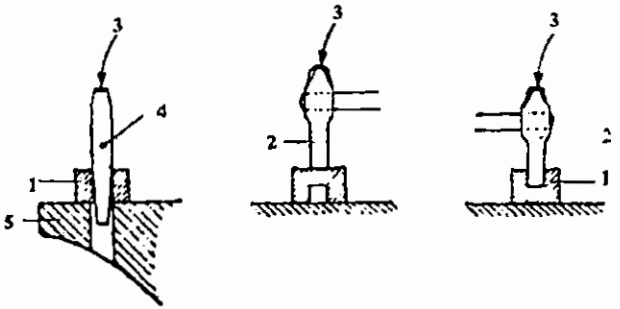
شكل 3 – 33

التجهيزة الخاصة لتشكيل المنحنيات الدائرية

الثقب : Punching

تجري عملية الثقب باستخدام السنبك الموضح بشكل 3 – 34 ، بحيث تتم هذه العملية على مرحلتين ، كل مرحلة من ناحية .. وذلك لعدم إصطدام السنبك بالسندان ، ثم يوسع الثقب باستخدام ضابط الثقب الموضح برقم 4 بالشكل بالمقاس المطلوب . بذلك يمكن عمل ثقب على شكل مستدير أو مربع أو مستدق (مسلوب) .... إلخ ، حسب شكل ومقاس السنبك النهائي المستخدم.

يستخدم السندان أو زهرة التشكيل كساند للشغلة.



شكل 3 – 34

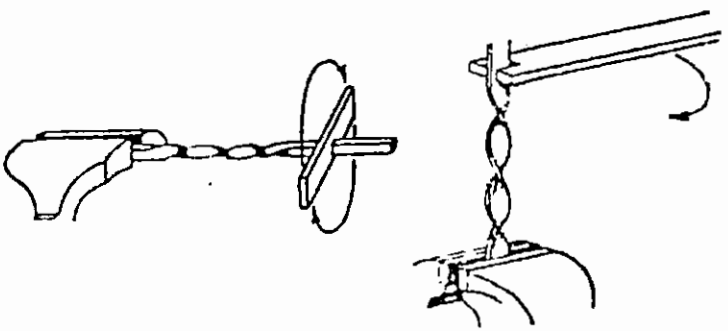
عملة الثقب باستخـدام سنبك

1. **الشغلة المراد ثقبها.**
2. **سنبك الثقب.**
3. **اتجاه الطرق.**
4. **ضابط الثقب.**
5. **سندال.**

اللي : Torsion

هي عملية تشكيل قضيب معدني على البارد أو على السـاخن وذلـك بـدوران الجزء المراد تشكيله حول محوره شكل 3 – 35.

تجري عملية اللي باستخدام وسيلة محكمة للدوران.



شكل 3 – 35

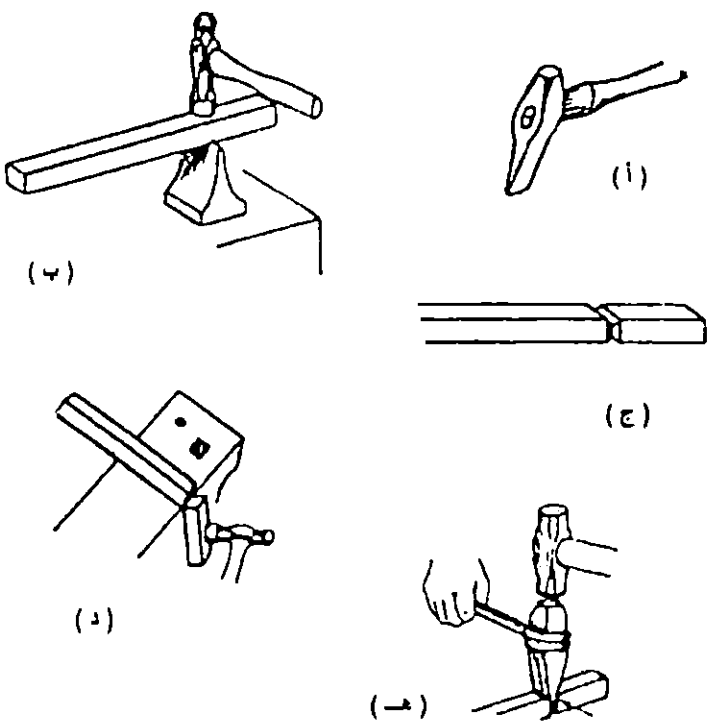
عمليـــة اللـــي

القطع : Cutting

تجرى عملية القطع على الخامات في ورشة الحدادة ، وذلك لغرض تجزئة الحام 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 3 – 36.

يمكن إجراء هذه العملية على البارد باستخدام المقطع البارد ذو الحد القاطع الذي يبلغ حده القاطع 60 ^{0} ، أو على الساخن باستخدام المقطع الساخن الذي يبلغ حده القاطع 30 ^{0} .



شكل 3 – 36

عملية القطع في ورشة الحدادة

(أ) مقطع ساخن ، قيمة زاوية الحد القاطع 30 ^{0} .
(ب) عملية القطع علي الساخن.
(ج) المشغولة المراد قطعها شبه جاهزة لعملية الفصل.
(د) عملية القطع النهائي (الفصل).
(هـ) عملية قطع علي البارد ، قيمة زاوية الحد القاطع 60 ^{0} .

اللحام : Welding

يسمى باللحام الحدادي أو اللحام بالطرق ، وهو يعتبر من أهم عمليات الوصل الدائم للمعادن ، حيث يتم وصل نهاية جزئين أو أكثر مع بعضهما البعض لتكوين قطعة واحدة.

تشكل أطراف المشغولات المراد لحامها بتجهيز أولي ، وذلك حسب الطريقة المستخدمة للحام.

تسخن أماكن المشغولات المطلوب لحامها إلى درجة حرارة تجعلها في حالة تعجن ، وأثناء عملية التسخين يرش سطح هذه الأماكن بالفلكس .. وهو خليط من الرمل الناعم والبوراكس ، أو يرش بالبوراكس وكلوريد الألومنيوم ، ثم توضع الأطراف المراد لحامها على بعضها البعض ويطرق عليها .. ويركز الطرق على الأماكن المطلوب لحامها حتى تتماسك تماما.

توجد عدة طرق للحام المعادن بالطرق وهى موضحة فيما بعد بشكل 3 – 37 كالآتي :-

(أ) **لحام متقابل** : Counter Welding

يسمى اللحام المتقابل بالوسط الفني بلحام قورة على قورة ، حيث تجهز الأجزاء المراد لحامها تجهيز أولي ، وذلك بكبسها كبساً جزئياً . هذه الطريقة مناسبة للحام الأجزاء الصغيرة.

(ب) **لحام مائل** : Oblique Welding

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

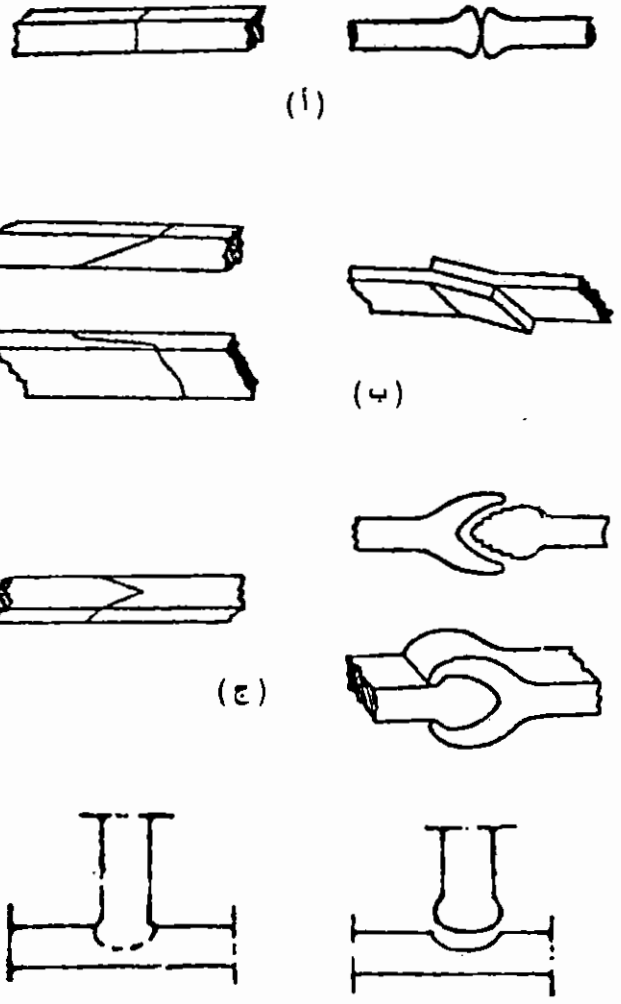
(ج) **لحام تراكبي** : Lap Welding

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

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

(د) **لحام متعامد** : Verticall Welding

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



شكل 3 – 37

الطرق المختلفة لعمليات اللحام بالطرق

(أ) لحام متقابل.

(ب) لحام مائل.

(ج) لحام خابور.

(د) لحام متعامد.

تذكـر أن :

يجب التأكد من درجة حرارة القطعة المراد تشكيلها عند إجراء عملية التشـكيل المختلفة بالحدادة ، بحيث تكون درجة حرارتها 900 درجة مئوية ، ويميز لون الحديد بمجرد النظر للخامة ، حيث يكون في هذه الدرجة لونه أحمر فاتح ، أما فـي حالـة اللحام الحدادى فإنه يجري تجميع قطعتين أو أكثر من المعدن لتكون مطروقة واحدة ، وذلك من خلال تسخين المعادن المراد وصلها إلى درجة حرارة الحدادة ، ثم يطـرق عليها بعد تجميعها . والشرط الأساسي لنجاح عملية اللحام ، هـو تسـخين المعـادن 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 باللحـام الحـدادى بالطرق .. وهي كالآتي :-

1. يجب استخدام الفحم الحجري أو فحم الكوك في عمليات لحام الصـلب ، حيـث 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 ذلـك إلى حرق المعدن وتلف الشغلة.
5. عدم انخفاض درجة حرارة المعدن عن الدرجة المطلوبة ، حيث يسبب ذلك فـي عدم لحام الأجزاء مع بعضها البعض.

6. تأكد من خلو الأسطح المراد لحامها من الخبث أو الشوائب قبل عملية وصلها بالطرق.

تمرينات

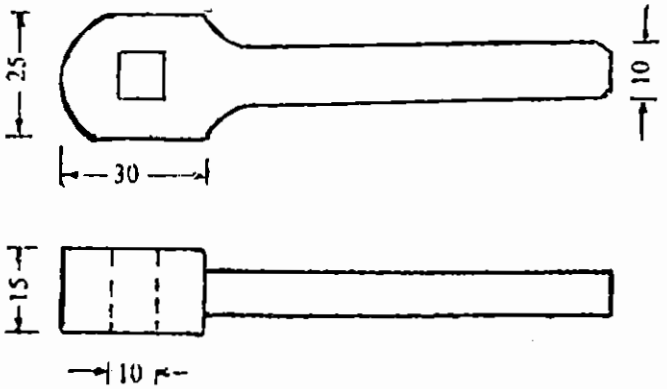
على عمليات تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية

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 والتنفيذ 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 3 – 38.



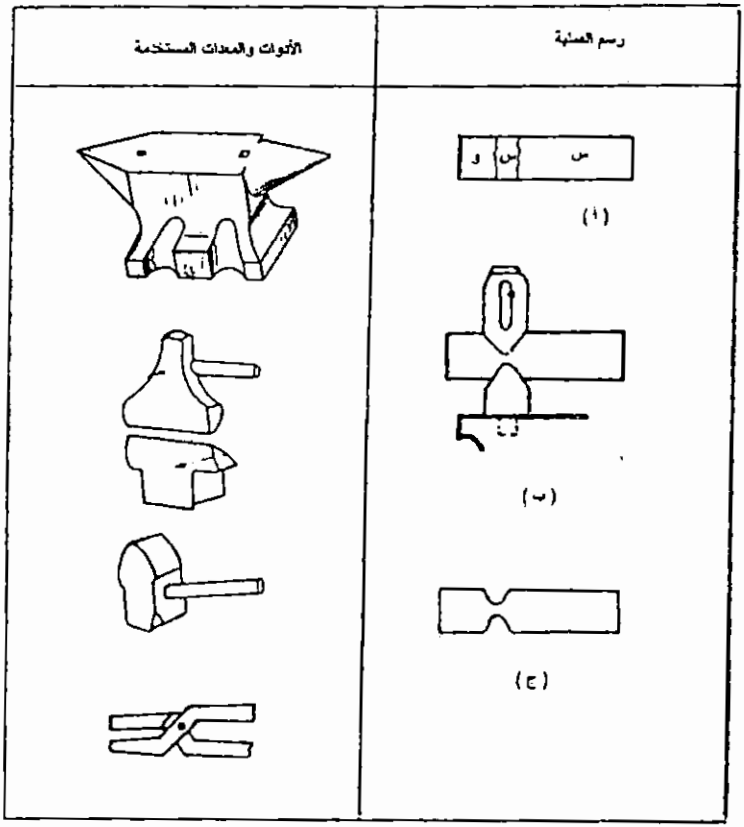
شكل 3 – 38 .

من الخامة المعطاة يشكل التمرين بالشكل والأبعاد الموضحة

خطوات العمل النموذجية لتشكيل التمرين الأول :

1ـ عملية الخصر :

يوضع التمرين بفرن الكور لتسخينه حتى يصل إلى درجة الاحمرار ، ويتم مسك التمرين ونقله عن طريق ملقاط مبطط كما هو موضح بشكل 3 – 39 ، وتجري عملية الخصر على الجزء (س) وذلك لتخفيضه قبل إجراء أي عملية من عمليات الحدادة.



شكل 3 – 39

الخطوة الأولى لتشكيل التمرين

(أ) تخطيط المشغولة قبل تخطيطها.

(ب) عملية الخصر للشغلة باستخدام بلص خصر وسندان.

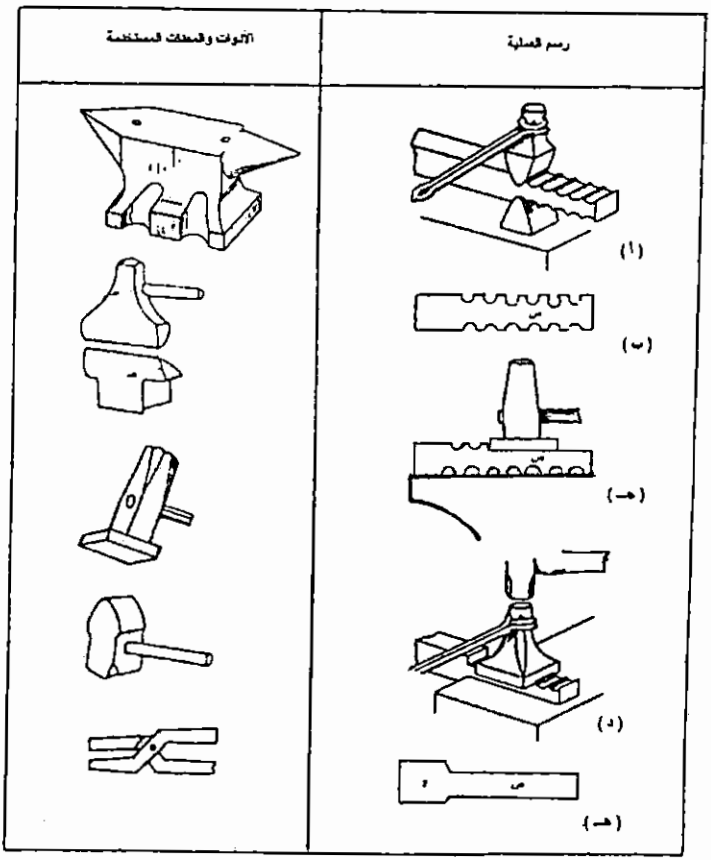
(ج) الشغلة بعد عملية الخصر.

2- عملية السحب :

تتم عملية السحب على مرحلتين هما :-

(أ) استمرار عملية الخصر في الجزء (ص) كما هو موضح بشكل 3 – 40 وذلك لتخفيض سمك المعدن في هذا الجزء.

(ب) التسوية على الجزء (ص) كما هو موضح بشكل 3 – 40 (ب) وذلك لتخفيض السمك وزيادة الطول.



شكل 3 – 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.

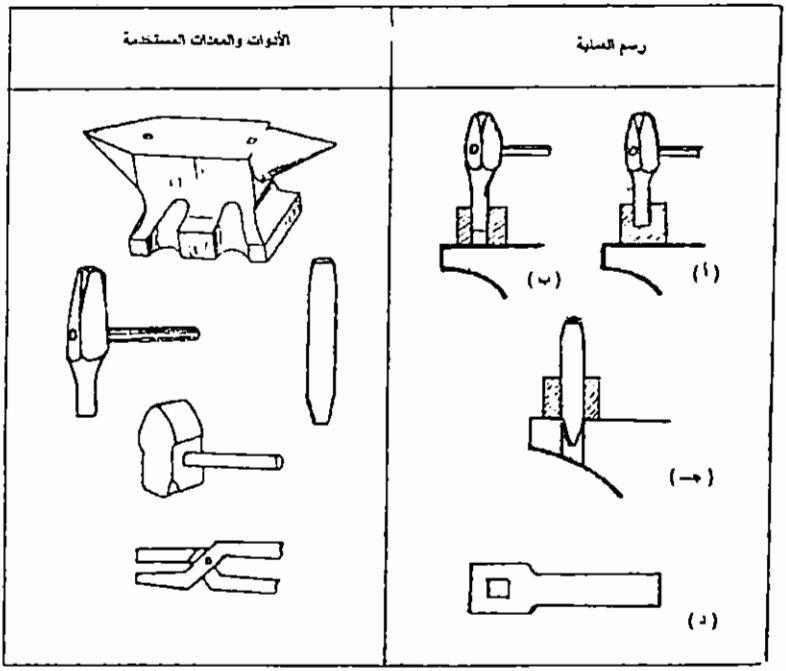
3ـ عملية الثقب :

تجري عملية ثقب التمرين ثقباً مربعاً بالجزء (و) عن طريق استخدام سنبك مربع، ويتم عمل الثقب المربع على ثلاثة مراحل كما هو موضح بشكل 3 – 41.

(أ) الثقب بسمبك مربع من وجه التمرين.

(ب) عكس وضع التمرين ، والثقب من الجهة الثانية المقابلة للثقب الأول.

(ج) تشطيب نهائي للثقب باستخدام ضابط الثقب.



شكل 3 – 41

الخطوة الثالثة لتشكيل التمرين

(أ) عملية الثقب باستخدام سنبك مربع.

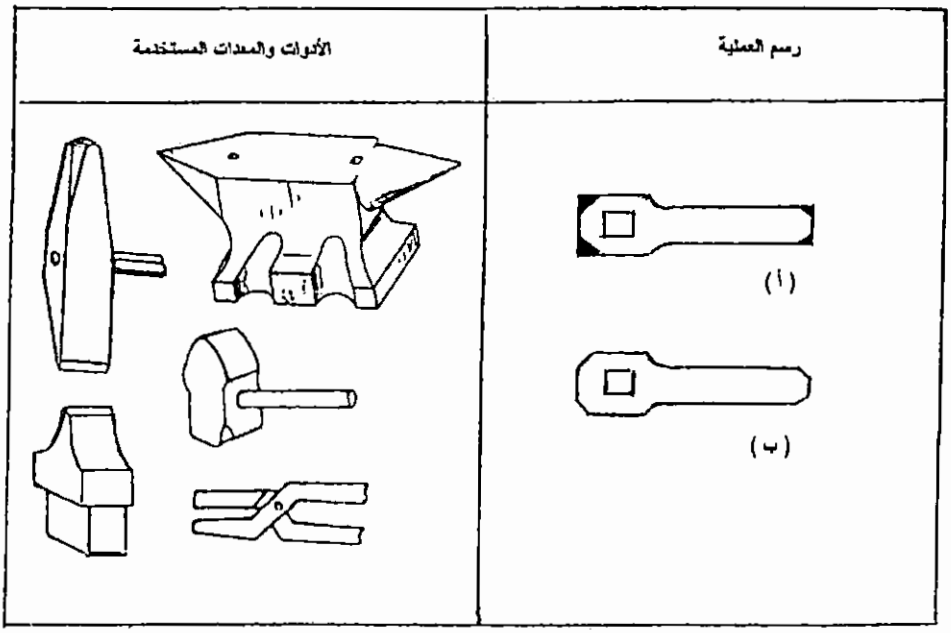
(ب) عكس وضع التمرين ، والثقب باستخدام السنبك المربع.

(ج) تشطيب الثقب باستخدام ضابط ثقب.

(د) التمرين بعد إجراء عملية الثقب.

4ـ عملية القطع :

في هذه الخطوة يتم قطع الأجزاء المظللة ، وهي الأجزاء الزائدة والغير مرغوب فيها كما هو موضح بشكل 3 – 42.



شكل 3 – 42

الخطوة الرابعة لتشكيل التمرين

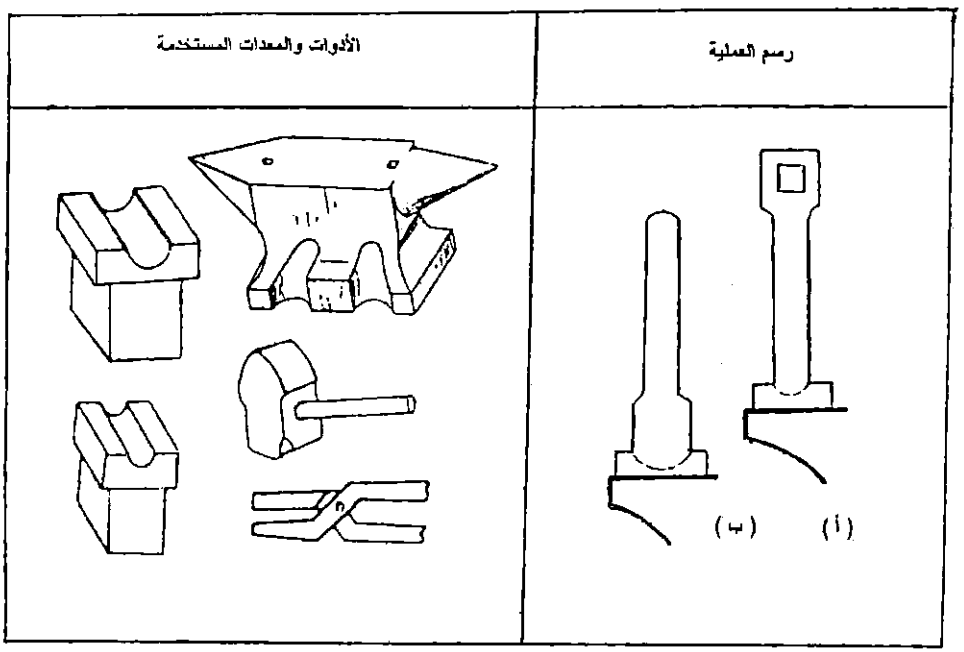
(أ) شنكرة التمرين باستدارة الجانبين لإزالة الأجزاء المظللة.

(ب) التمرين بعد القطع .. (بعد إزالة الأجزاء الغير مرغوب فيها).

5ـ 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 3 – 43.



شكل 3 – 43

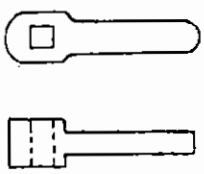
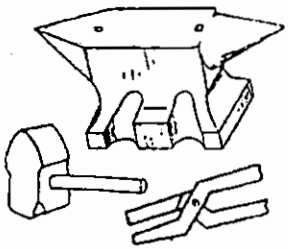
الخطوة الخامسة لتشكيل التمرين

(أ) استدارة التمرين باستخدام بلص ملفوف بمقاس صغير.

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

6ـ 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.

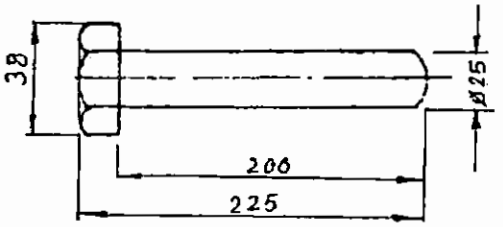
رسم العملية	الأدوات والمعدات المستخدمة
	

شكل 3 – 44

تشطيب نهائي للتمرين

التمرين الثاني :

من خلال قضيب أسطواني Ø 25 mm يراد تشكيل مسمار برأس مسدس وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 3 – 45.



شكل 3 – 45

مسمار برأس مسدس

خطوات العمل النموذجية لتشكيل التمرين الثاني :

يتم قطع وتشكيل المسمار المطلوب بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية الموضحة بشكل 3 – 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 (فلطحة) رأس المسمار باستخدام مطرقة مناسبة.

الخطوة الرابعة :

1. إخراج ساق المسمار من ثقبي 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.

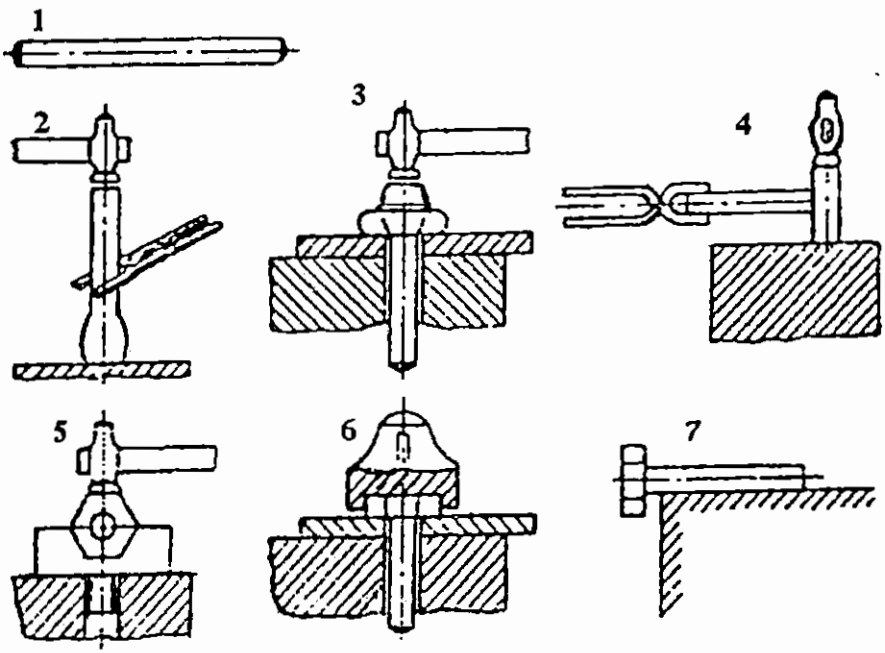
الخطوة السادسة :

1. تجهيز بلص مسدس علوي ، وقالب بنفس ثقب المسمار.
2. تسخين رأس المسمار.

3. يوضع القالب على السندان بحيث يمر ساق المسمار في ثقبي القالب والسندان.
4. يوضع وجه البلص المسدس العلوي على رأس المسمار ويطرق عليه باستخدام مطرقة مناسبة.

الخطوة السابعة :

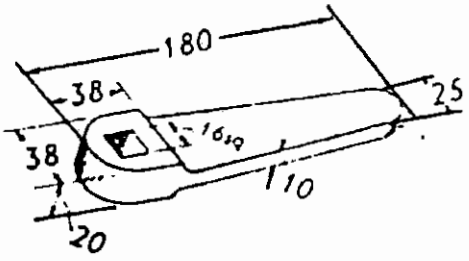
1. قياس ساق المسمار ، وفي حالة وجود زيادة في الطول ، يسخن طرف الساق ، ويقطع الطول الزائد الغير مرغوب فيه باستخدام مقطع ساخن.
2. تشطيب نهائي بعمل اللمسات الأخيرة على المسمار من حيث إستعدال الساق وطرفي المسمار.



شكل 3 – 46

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل مسمار برأس مسدس

من الخامة المعطاة يراد تشكيل مفتاح مربع من الداخل وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 3 – 47.



شكل 3 – 47

مفتاح مربـــع من الداخل

خطوات العمل النموذجية للتمرين الثالث :

يتم تشكيل المفتاح المطلوب بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية كمـا هـو موضح بشكل 3 – 48.

الخطوة الأولى :

1. تسخين الخامة.
2. عمل حز على الجانبين المسطحين للخامة باستخدام بلص خصر (بلص محزز).

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 :

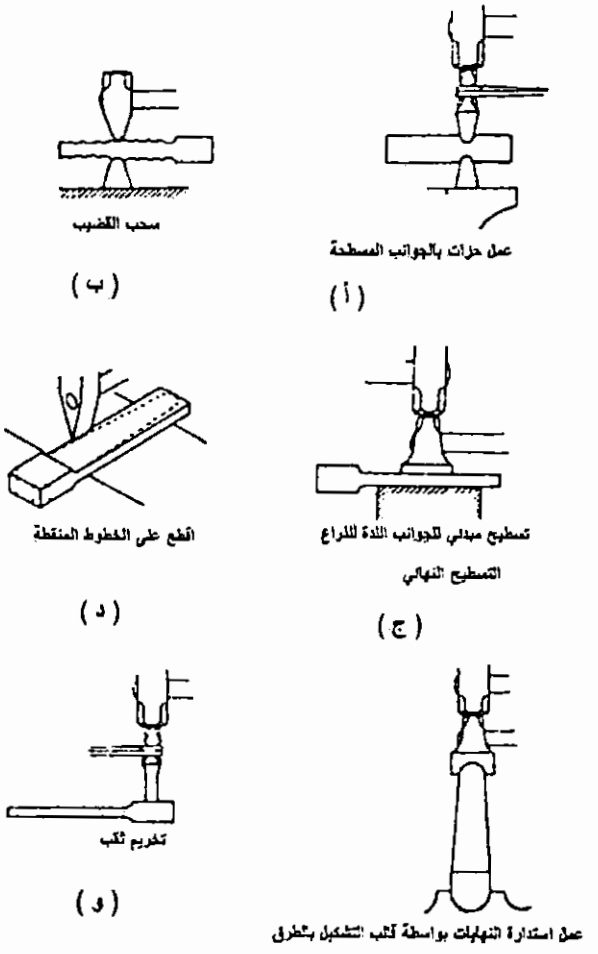
1. تشكيل طرفي المفتاح بشكل مستدير باستخدام قالبين تشـكيل ملفوفـان بمقاسـين مختلفين.

الخطوة السادسة :

1. الثقب باستخدام سنبك مربع حتى الوصول بالقياس المطلوب.

الخطوة السابعة :

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

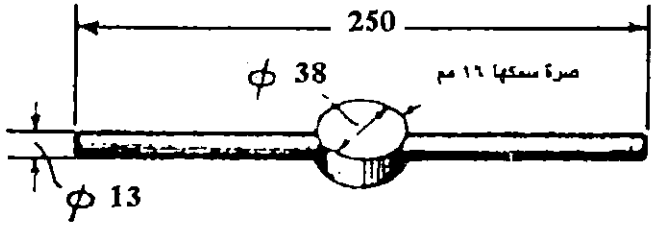


شكل 3 – 48

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل مفتاح مربع من الداخل

التمرين الرابع :

من الخامة المعطاة يراد تشكيل كفة قلاووظ وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 3 – 49.



شكل 3 – 49

كفـــة قـــلاووظ

خطوات العمل النموذجية للتمرين الرابع :

يتم تشكيل كفة القلاووظ المطلوب تشكيلها باتباع خطوات العمـــل النموذجيـــة ، بتسلسل خطوات العمل للنموذجية التالية كما هو موضح بشكل 3 – 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 باســـتخدام بلـــص 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 يكـــون شـــكل

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

الخطوة الخامسة :

إستدارة الصرة باستخدام بلص تشكيل ملفوف بقطر مناسب.

الخطوة السادسة :

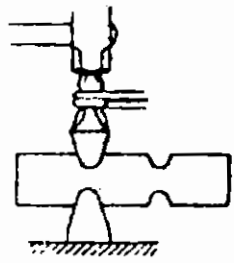
إستدارة ذراعي الكفة باستخدام قالب تشكيل ملفوف بقطر مناسب.

الخطوة السابعة :

تشطيب نهائي للتمرين.

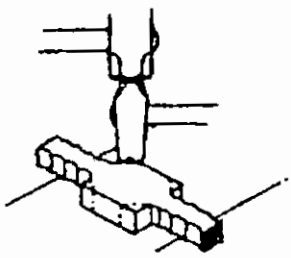
ملاحظة :

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



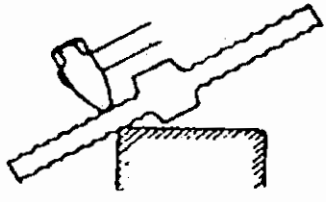
تخريز

(أ)



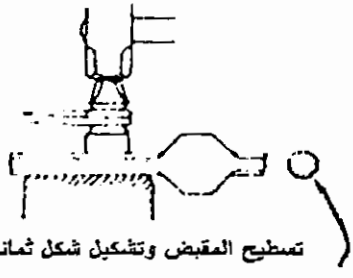
طرق الصرة لتكوين شكل معدني

(ب)



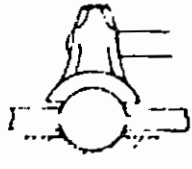
سحب معدني

(ج)



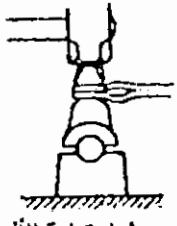
تسطيح المقبض وتشكيل شكل ثماني

(د)



عمل استدارة الصرة بواسطة
قالب التشكيل بالطرق

(هـ)



عمل استدارة الأذرع

(و)

شكل 3 – 50

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل كفة قلاووظ