

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

تشكيل المعادن بدون قطع

الكتاب : أساسيات تكنولوجيا الورش

المؤلف : د . أحمد زكى حلمى

المقاس : 17 X 24

الطبعة : الثانية

عدد الصفحات : صفحة

الناشر : الدار المصرية للعلوم (نشر - توزيع)

رقم الايداع :

© حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة للدار المصرية للعلوم - 2008

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



الدار المصرية للعلوم

١٣ شارع اسماعيل أبو جبل خلف مستشفى الجمهورية

عابدين - القاهرة

23936079 تليفاكس 2393647 ☎

سلسلة المواد الفنية والهندسية

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

تشكيل المعادن بدون قطع

الطبعة الثانية
طبعة مزيّدة ومنقّحة

تأليف
دكتور
أحمد زكي حلمي

الكتاب : أساسيات تكنولوجيا الورش

المؤلف : د. أحمد زكى حلمى

المقاس : 17 X 24

الطبعة : الثانية

عدد الصفحات : صفحة

الناشر : الدار المصرية للعلوم (نشر - توزيع)

رقم الايداع :

© حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة للدار المصرية للعلوم - 2008

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

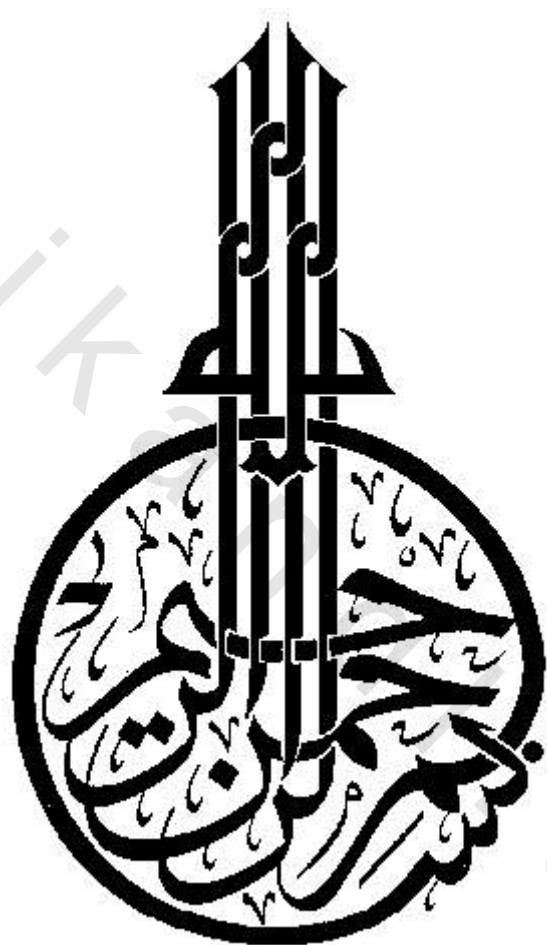


الدار المصرية للعلوم

١٣ شارع اسماعيل أبو جبل خلف مستشفى الجمهورية

عابدين - القاهرة

☎ 2393647 تليفاكس 23936079



إهداء

إلى حفيدي الغالي / سيف هشام فتحي
الذي أظير فرحاً لابتنسامته .. تمنياتي منه الله عز
وجل أن تبتهج له الحياة كما يتهج لها ، وأن يكون
ذا شأن يذكر فيشكره.

مُقَدِّمَةٌ

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

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

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

عملية التشكيل على البارد، هي إحدى العمليات التي تجرى على المعادن المشكلة بدون قطع، وهى تعنى التشكيل لللدن للمعادن، أي عندما تكون درجة حرارتها أقل من درجة الحرارة الحرجة الصغرى، أو بمعنى آخر عندما تتم هذه العمليات دون أن تتمكن المعادن من إعادة ترتيب أو تكوين بلوراتها.

وقد أصبح تشكيل المعادن بدون قطع وتشغيل المعادن بالقطع ، مرحلتين متلازمين فى تصنيع كافة المنتجات الصناعية، ففي مرحلة التشكيل بدون قطع، تشكل المعادن

المختلفة إلى الأشكال المطلوبة تشكياً أولاً عن طريق صهر المعادن بالسباكة، أو عن طريق التشكيل العجائني بالحدادة الخ. أما مرحلة التشغيل بالقطع فإنه يتم معالجة المشغولات المشكلة بدون قطع عن طريق تهذيب الأسطح الخشنة، مع تحديد القياس بدرجة الدقة المطلوبة.

من هنا جاء دور هذا الكتاب وأهميته، الذي يهدف إلى شرح جميع عمليات الإنتاج المشكلة بدون قطع، للحصول على منتجات نصف مصنعة والتي سبق إعدادها وتجهيزها بعمليات تشكيل مختلفة، أو للحصول على منتجات كاملة التصنيع. لقد روعى عند إعداد هذا الكتاب أن يكون مرجعاً شاملاً، يغطي موضوعات العمليات المختلفة لتشكيل المعادن بدون قطع، من خلال الشرح التفصيلي لكل عملية من هذه العمليات على حدة، مع عرض المعادلات والأمثلة المحولة والجداول المختلفة ذات العلاقة.

أعد هذا الكتاب ليناسب طلاب كليات الهندسة والمعاهد العليا الصناعية، كما يفيد المهندسين والفنيين بالحقل الصناعي بالأنشطة المختلفة بشتى المجالات. يسرني أن أتقدم بوافر شكري وعميق تقديري إلى كل من قدم لي نصح أو عون أو مشورة أدى إلى ظهور هذا الكتاب بهذه الصورة المشرفة، وأخص بالذكر الأستاذ / سيد على عطية ، والأستاذ / عبد الرحيم عثمان عبد الرحيم .. على توجيهاتهما المثمرة ونقدتهما البناء، كما أشكر مئات الدارسين الذين ساعدتني أسئلتهم واستفساراتهم على إضافة بعض الملاحظات أثناء إعداد هذا العمل.

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

المؤلف

القاهرة في ٢٣ . ٣ . ٢٠٠٨

obeikandi.com

الباب الأول

1

الفصل الأول

إستخلاص وإنتاج المعادن

Metals Production And Extraction

خامات التصنيع

مُهَيِّدٌ

تعتمد الصناعات المختلفة على الخامات المعدنية بصفة خاصة مثل الحديد والصلب والزرهر والنحاس والألومنيوم وسبائكهم إلخ ، هذه المعادن تستخدم في تصنيع الآلات والماكينات ، بل تستخدم في جميع المجالات الصناعية والزراعية والتجارية والمنزلية.

والتقدم التكنولوجي الذي نشاهده الآن .. هو انعكاس لتطور مواد التصنيع الهندسية ، الذي أتاح إختيار المعادن التي تلائم المنتجات بكافة أنواعها. إن التعرف على خواص المعادن المختلفة وأساليب إختيارها يعتبر من أهم أدوات التطوير والإبتكار.

يتناول هذا الفصل مدخل للمعادن المستخدمة في التصنيع ، وكذلك خواص هذه المعادن ، وتعرض الشرح التفصيلي لخواص المادن الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية .. الخواص الفنية (التكنولوجية).

المواد الهندسية

لسهولة عرض المواد الهندسية التي نتعامل معها في الصناعة ، فقد قسمت

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

المواد الهندسية كما هو موضح بشكل ١ - ١ إلى ثلاثة مجموعات أساسية ، وقسمت كل مجموعة إلى مجموعات فرعية على النحو التالي.

أولاً : مواد فلزية (معدنية) Metallic Materials

ويمكن تنقسم المواد الفلزية (المعدنية) إلى الآتي :-

○ معادن حديدية Ferrous Materials مثل الحديد المطاوع Wrought Iron

وحديد الزهر Cast Iron . درجة إنصهار الحديد النقي ١٥٣٩ °م ، كثافته ٧.٧٨ جم/سم^٣.

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

○ معادن غير حديدية Non-Ferrous Metals .. أي جميع المعادن الأخرى

المستخدمة في الصناعة بخلاف الحديد ، تم تجميعها في مجموعات .. ويمكن تقسيمها إلى الآتي :-

○ معادن ثقيلة Heavy Metals مثل النحاس Copper والنيكل Nickel.

○ معادن خفيفة Light Metals مثل الألومنيوم Aluminum والمغنسيوم . Magnesium

○ معادن طرية Soft Metals مثل الرصاص Lead والقصدير Tin.

ثانياً : مواد غير معدنية Building materials

○ جميع المواد غير المعدنية المستخدمة في الصناعة بخلاف المواد الحديدية ،

والمواد غير الحديدية ، تم تجميعها في مجموعات .. ويمكن تقسيمها إلى الأتي :-

- مواد طبيعية Natural وتنقسم إلى الأتي :-
- الأحجار. الرمل . الزلط . الرخام . الخشب . مطاط . جلد . ماس.
- مواد إصطناعية Synthetic وتنقسم إلى الأتي :-
- الزجاج . اللدائن . الاسمنت . الجبس . الطوب . الخرسانة . السيراميك (الخزف) . اللدائن . الفلين.

ثالثا : المواد المركبة Composite Materials

تنقسم المواد المركبة إلى الأتي :-

- مواد مقواه بالحبيبات Particle – Reinforced materials.
- مواد مقواه بالألياف Fiber– Reinforced materials.

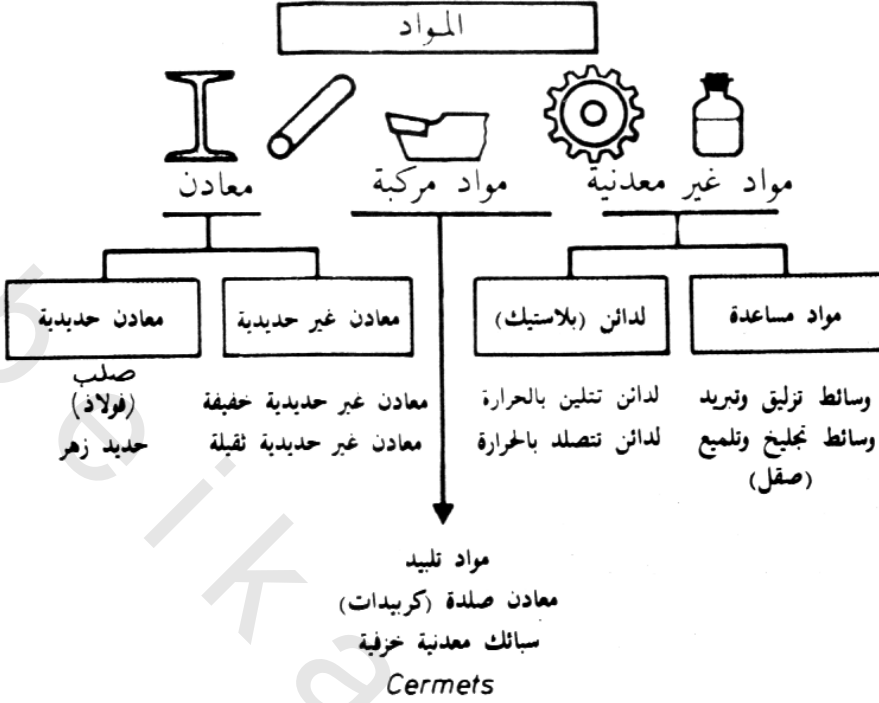
رابعا : المواد المساعدة للتصنيع Auxiliary materials

تنقسم المواد المساعدة إلى الأتي :-

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

خامسا : مواد أخرى

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



شكل ١ - ١

تصنيف المواد الهندسية

إختيار المواد الهندسية :

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

١. أنواع المواد التي يمكن الحصول عليها وخواصها.
٢. الإستعمال المطلوب.
٣. طرق وأساليب التصنيع الممكنة لتلك المواد ، أى ملائمة خصائص المواد لأساليب التصنيع المختلفة ومدى تأثرها بتلك الأساليب.

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

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

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

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

جدول ١ - ١

أمثلة لبعض المنتجات والخواص المطلوبة

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

خواص المعادن

خواص المعادن .. تعني جميع الصفات التي تتصف بها الفلزات (المعادن) من

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

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

خواص المواد الهندسية:

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

:-

جدول ١ - ٢

خواص المواد الهندسية

النوع	الخاصية
طبيعية	الأبعاد . الشكل . الكثافة . الوزن النوعي . المسامية . نسبة الرطوبة .

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

أولاً : الخواص الفيزيائية

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

ثانياً : الخواص الكيميائية

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

ثالثاً : الخواص الفنية (التكنولوجية)

تحدد الخواص الفنية لمواد التصنيع المختلفة من خلال سلوك هذه المواد ، وتبعاً لذلك توجد مواد قابلة لعمليات التصنيع كالصب - الطرق - اللحام - التشغيل بالقطع وهي كالاتي :-

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

١. المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق عمليات السباكة .. مثل حديدي الزهر - الرصاص - سبائك النحاس - سبائك الألومونيوم.
٢. المواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ، الدرفلة ، الثني ، مثل الصلب - النحاس - سبائك الألومونيوم.
٣. المواد القابلة للحام يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحام بالضغط مثل الصلب والمعادن الغير حديدية.
٤. المواد القابلة للتشغيل بالقطع يمكن تشغيلها على آلات القطع .. على سبيل المثال بواسطة الثقب - القشط - البرد - الخرط - التفريز - التخليق - التجليخ الخ ، وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض . كما توجد خواص ميكانيكية ، أهم الصفات التي تحدد الخواص الميكانيكية للمعادن هي الآتي :-

تعريف خواص المعادن:

لكل مادة خصائص ومميزات تحدد شخصيتها ومجال استخدامها ، كما إنها تلعب دوراً هاماً في اختيار أساليب التشغيل المناسبة لها ، ويمكن توصيف المادة بمدي مقاومتها ومطاوعتها للقوى الواقعة عليها وبالتغيرات في المقاومة والانفعالات والاجهادات المؤثرة عليها أثناء التشغيل أو التشكيل ، ومن ثم فإن خواص مواد التصنيع المختلفة تحدد من خلال سلوك هذه المواد ، وتبعاً لذلك توجد مواد قابلة لعمليات التصنيع كالصب . الطرق . الدرفلة . اللحام . التشغيل بالقطع وغيرها من العمليات ، كما أنها تستخدم كأساس للمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة ، وعلى سبيل المثال فإن المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق عمليات السباكة مثل حديدي الزهر - الرصاص - سبائك النحاس - سبائك الألومونيوم ، والمواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ، الدرفلة، الثني ، مثل الصلب - النحاس - سبائك الألومونيوم ، والمواد القابلة للحام يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحام بالضغط مثل الصلب والمعادن غير الحديدية ، أما

المواد القابلة للتشغيل بالقطع فيتم تشغيلها على آلات القطع المختلفة .. وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض.
فيما يلي عرض لأهم خواص المعادن :-

اللمعان :

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

اللون :

للمعادن ألوان تميز بعضها عن بعض ، ومعظم المعادن يشترك في اللون الأبيض والرمادي ، كما أن درجة هذا اللون تتوقف على تركيب العناصر والنسب الداخلة للمعدن ، وعلى سبيل المثال .. سبيكة نحاس تحتوي على ١٥% نيكل .. يكون لونها أبيض فاتح ، وسبيكة نحاس أخرى تحتوي على ٤٠% زنك .. يكون لونها أصفر ذهبي . علما أن بعض المعادن لها لون خاص بها فقط مثل الذهب لونه أصفر ، ولون النحاس أحمر ، كما أن لمعان المعادن أو لونها قد يختفي تحت تأثير مفعول أكسجين الجو الذي يكون طبقة من أكسيد المعدن تخفي اللون واللمعان.

الوزن النوعي :

هو نسبة وزن حجم معين من معدن إلى نفس وزن هذا الحجم من ماء مقطر ، فإذا فرض أن هذا الحجم ١ سم مكعب وهو يزن من الماء المقطر ١ جرام عند درجة ٤⁰ م .

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

∴ وزن سم مكعب من المعدن = كثافته

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

∴ الوزن النوعي للمعدن = كثافته ، ولكنه مجرد من التميز لأنها نسبة .. فيما يلي جدول ٣ . ١ يوضح الوزن النوعي لأكثر المعادن الشائعة الاستعمال.

جدول ٣ - ١

الوزن النوعي للمعادن الشائعة الاستعمال

اسم المعدن	الوزن النوعي	اسم المعدن	الوزن النوعي
ألومنيوم	٢.٥٦	حديد	٧.٨
أنتيمون	٦.٦	صلب	٨.٠
خارصين	٧.١	نحاس	٨.٦
قصدير	٧.٢	نيكل	٨.٨
رصاص	١١.٣٦	ذهب	١٩.٣
تجستين	١٩.٣	بلاتين	٢١.٥

المقاومة : Toughness

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

الصلادة : Hardness

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

يطلق عليها لدى الفنيين بالورش بالقساوة أو النشوفة ، وهي تعبر عن مقاومة الجسم للأجسام الأخرى التي تحاول النفاذ إليه (لإختراقه) مثل الثقب أو الخרט ، وهذه الخاصية تختلف من معدن إلى آخر ، بل تختلف في المعدن الواحد لاختلاف درجة تقاوته وطرق تشغيله .. على البارد أم على الساخن ، فمثلا الذهب من المعادن

الشديد الليونة ، تنخفض ليونته وتزداد صلابته عند إضافة جزء من النحاس ، كما أن الحديد تزداد صلابته بازدياد كمية ضئيلة جداً من الكربون .
وتعرف الصلادة بقدرة المادة لمقاومة التشوه . النقر . القطع . الخدش . البرى (التآكل) نتيجة للإحتكاك وأيضا لمقاومة الخدش أو القطع . يوجد للصلادة عدة أنواع أهمها ما يلي :-

(أ) صلادة الخدش : Scratch Hardness

هي خاصية مقاومة سطح المادة للخدش.

(ب) صلادة البرى : Wear Hardness

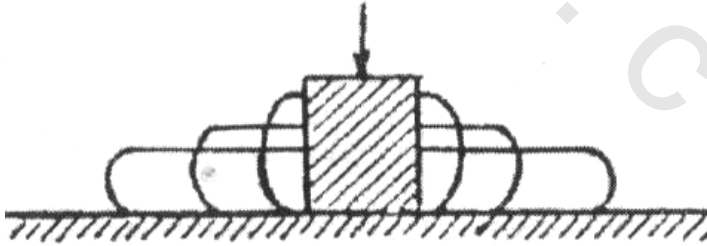
هي خاصية مقاومة سطح المادة للبرى نتيجة الإحتكاك.

(ج) صلادة الإرتداد : Rebound Hardness

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

(د) صلادة التشكيل بالماكينات : Malleability

هي قدرة المادة على التشكيل بواسطة الطرق Hammering أو الدرفلة Rolling بدون كسر كما هو موضح بشكل ١ - ٢ ، وهي خاصية مشابهة للمطولية ولكن لا يوجد علاقة مباشرة بينهما.



شكل ١ - ٢

مادة مشكّلة بالطرق تحت تأثير حمل الضغط

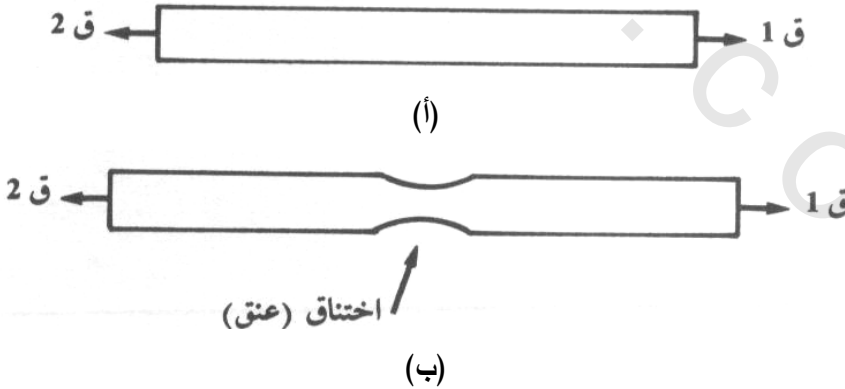
أساسيات تكنولوجيا التصنيع

المرونة : Elasticity

هي خاصية تغيير شكل المادة تحت تأثير قوى معينة ، ثم تعود إلى شكلها وأبعادها الأصلية بعد زوال الإجهادات المسلطة عليها ، أو مقدرة الجسم على استعادة شكله وحجمه الأصلي بعد زوال القوة التي سببت الإجهاد، وأقرب مثال إلى ذلك هو الذي يحدث بالمطاط ، وهذه الخاصية تتفاوت في المعادن المختلفة. .. هذا يعني أن المرونة عكس اللدونة.

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

شكل ١ . ٣ (أ ، ب) يوضح عينة تعرضت لإجهاد شد . تعرضت العينة أ تحت تأثير إجهاد شد (ق_١) ولم يحدث استطالة بها ، وتعرضت العينة ب تحت تأثير إجهاد شد (ق_٢) وهي قوة أكبر من (ق_١) أدى إلى حدوث إختناق في منتصف العينة نشأ عن الإستطالة ، علماً بأن زيادة قوة الشد قد تؤدي إلى كسر العينة.



شكل ٣ . ١

عينة تعرضت لإجهاد شد

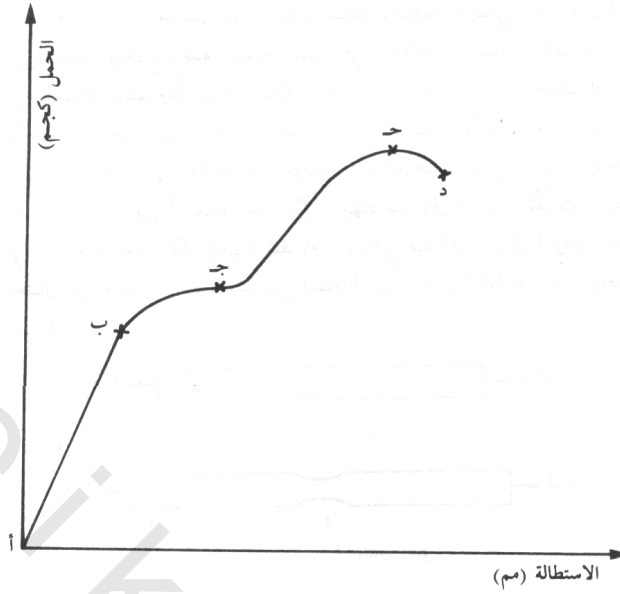
٧. قوة التماسك :

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

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

تتوقف قوة التماسك أو الإجهاد على درجة بناء المعدن وكمية المواد الداخلة في تركيبه ، كما تتوقف على طرق التشغيل الميكانيكية ، فمثلاً زيادة الكربون في الصلب يخفض في إجهاد الشد ويزيد في إجهاد الضغط ، كما أن طرق أو سحب المعادن على البارد كما هو الحال بآلات الدلافين يزيد في إجهاد الشد.

شكل ٣ . ١ : يوضح منحنى بياني لشد عينة من الصلب الكربوني عند تعرضها لحمل (قوة) ليحدث بها استطالة تتناسب مع مقدار الحمل.



شكل ١ . ٤

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

معايير المرونة : Modulus of elasticity

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

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

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

الليونة في الشد والضغط بالعلاقة التالية :-

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

حيث σ مقدار الزيادة في الإجهاد

e مقدار الزيادة المناظرة في الإنفعال

E معايير المرونة في الشد والضغط.

اللدونة : Plasticity

هي قابلية المادة للتشكيل (تغيير شكلها) تحت تأثير إجهادات أو قوى خارجية ، دون عودته إلى شكله الأصلي بزوال تلك الإجهادات .. هذا يعني أن اللدونة عكس المرونة.

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

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

الهشاشة : Crackly

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

المطيلية : Ductility

هي قابلية المعدن للاستطالة ، ويكون ذلك تحت تأثير قوى الشد ، أى قابلية للسحب .. كما هو الحال بعملية السحب إلى أسلاك.

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

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

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

الليونة : Cottony

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

عكس الصلادة ، وهي قابلية المعدن للثني والحنى والالتواء.

القصفية : Brittleness

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

الصلابة : Stiffness

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

الرجوعية : Resilience

هي كفاءة المادة لامتناس طاقة الإجهادات المبذولة في حدود المرونة.

المتانة : Toughness

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

قابلية السحب :

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

قابلية الطرق :

هي استجابة المعدن للتشكيل بالتمدد في جميع الجهات بصفة ثابتة عندما تؤثر عليها قوة ضغط .. عند طريقه أو ضغطه أو درفله.

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

جدول ١ . ٤ يوضح قابلية السحب والطرق لبعض المعادن الشائعة الاستخدام مرتبة ترتيباً تنازلياً.

جدول ١ - ٤

قابلية السحب والطرق لبعض المعادن الشائعة الإستعمال

قابلية السحب	قابلية الطرق
الذهب	الذهب
الفضة	الفضة
البلاتين	النحاس
الحديد	الألمونيوم
النیکل	القصدير
النحاس	البلاتين
الألمونيوم	الرصاص
الخاصين	الحديد
القصدير	النیکل
الرصاص	الخاصين

١٣. قابلية التشكيل بالضغط والسلك :

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

هي الخاصية التي تظهر في المعدن بعد حد المرونة ، حيث يشكل المعدن عند وضعة في قالب يحتوي على شكل خاص ، وعند ضغطه يأخذ المعدن شكل القالب كما هو الحالة في العملات المعدنية والميداليات ، هذه الخاصية تدل على أن المعدن ينكسر إذا عرض للثني .. هذا يعني أن هذه الخاصية عكس خاصية مقاومة الثني والالتواء كما هي عكس قابلية السحب.

قابلية الشد :

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

- الشوائب.
- تغيير درجة الحرارة.
- الشغل الميكانيكي كالطرق والضغط.

قابلية اللحام :

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

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

٤. قابلية الصهر:

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

عجينية ثم إلى الحالة السائلة.

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

المعادن التي تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة مباشرة هي الأفضل لعمل المسبوكات ، إذ أنه كلما كان المعادن شديد الميوعة كانت أركان المسبوكات محددة وناطقة التفاصيل . جدول ١ . ٥ يوضح درجات إنصهار المعادن الشائعة الاستعمال.

جدول ١ - ٥

درجات انصهار المعادن الشائعة الاستعمال

المعدن	درجة الانصهار بالدرجة المئوية
قصدير	٢٣٠
رصاص	٣٣٠
خارصين	٤٢٠
ألومنيوم	٣٦٠
نحاس	١٠٨٥
ذهب	١٠٧٥
حديد زهر	١١٠٠ - ١٢٠٠
حديد غفل	١٦٠٠
حديد صلب	١٤٠٠ - ١٦٠٠
بلاتين	١٧٧٠

٥. قابلية التبخر :

هي خاصية تبخر المعادن ، أي بعد انصهارها تتحول من حالة السيولة إلى بخار ، حيث تصل أولاً إلى نقطة الغليان ثم تأخذ في التبخر ، ويمكن استقبال بعض المعادن في مكثفات وتبريدها للحصول على المعدن نفسه من غفلة .. (هذه الطريقة تستخدم أحياناً في حالات مثل الصوديوم والبوتاسيوم والزرنيخ والزنابق) ، علماً بأن جميع المعادن تقريباً يمكن تبخيرها غير أن بعضها يتبخر بسهولة والبعض الآخر يحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة جداً ليصل إلى درجة الغليان ليحدث التبخر . جدول ١ . ٦ . يوضح درجات حرارة غليان بعض المعادن.

جدول ١ = ٦

درجات غليان بعض المعادن

درجة الغليان بالدرجة المئوية	المعدن
٢١٠٠	قصدير
١٥٣٠	رصاص
٩٣٠	خارصين
١٨٠٠	ألومنيوم
٢٣٠٠	نحاس
٢٧٩٠	حديد زهر
٢٧٩٠	حديد غفل
٢٧٩٠	حديد صلب

مقاومة الصدم :

هي قدرة المعدن على مقاومة الضربات المفاجئة.

مقاومة الشني والالتواء :

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

توصيل المعادن للحرارة :

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

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

١٦. توصيل المعادن للكهرباء :

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

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

جدول ١ - ٧ يوضح قابلية المعادن الأكثر استخداماً للتوصيل بالحرارة والكهرباء.

جدول ١ - ٧

قابلية بعض المعادن للتوصيل بالحرارة والكهرباء

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

المعدن	درجة توصيل الحرارة بالدرجة المئوية	درجة توصيل الكهرباء بالدرجة المئوية
الفضة	١٠٠	١٠٠
النحاس	٨٩	٩٤
الألمونيوم	٤٨	٥٣
الزنك	٢٨	٢٦
الحديد	١٨	١٧.٧
القصدير	١٥.٢	١٣.٣
النيكل	١٤	١١.٨
الرصاص	٨.٢	٧.٦

١٦. مقاومة العوامل الجوية :

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

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

الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها لقوى إستاتيكية أو ديناميكية:

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

التحميل :

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

١. حمل إستاتيكي : Static load

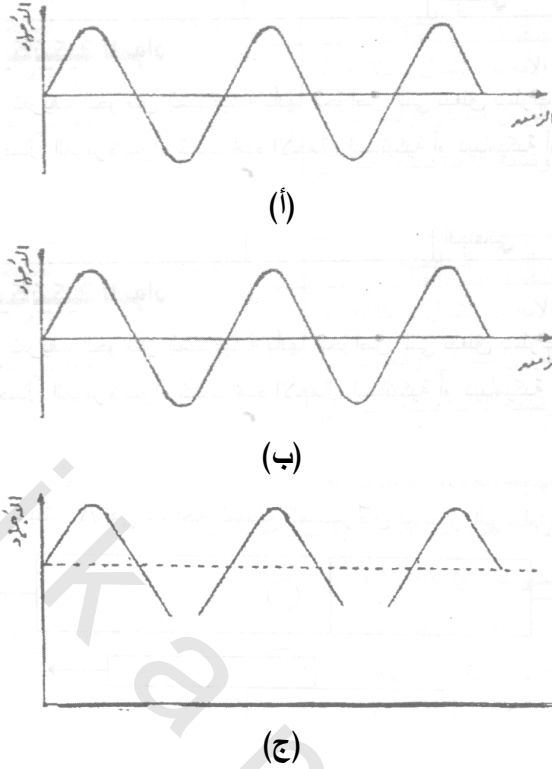
هو القوة أو الحمل الذي يكون تأثيره على المادة بطيئاً ويزداد تدريجياً حتى يصل إلى قيمته القصوى دون حدوث أى صدم أو إهتزاز.

٢. حمل ديناميكي : Dynamic load

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

٣. تحميل متكرر : Repeated loading

الذي يكون فيه تأثير الحمل على المادة عدة مرات ، حيث تتحمل المادة إجهادات معينة إذا كان الحمل مؤثراً لمرة واحدة ، بينما قد يكون هذا الحمل مؤثراً ويؤدي إلى إنهيار المادة تحت تأثير نفس الحمل أو أقل في حالة تكرره لعدة مرات. يؤدي التحميل المتكرر إلى إجهادات متغيرة في حدود معينة كما هو موضح بشكل ١ - ٥ كالآتي :-



شكل ١ - ٥

تأثر الإجهادات على المادة عند التحميل المتكرر

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

الإجهادات : Stress

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

تسمى كثافة القوى الداخلية في جزء المنشأ بالإجهاد Stress ، يمكن أن تكون

هذه الإجهادات شد Tensile أو ضغط Compressive أو قص Shear ..
ووحدها هي Kg / cm^2 .

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

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

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

حيث σ الإجهاد عند أي نقطة.

P الحمل أو القوة المؤثرة.

A مساحة المقطع المستعرض.

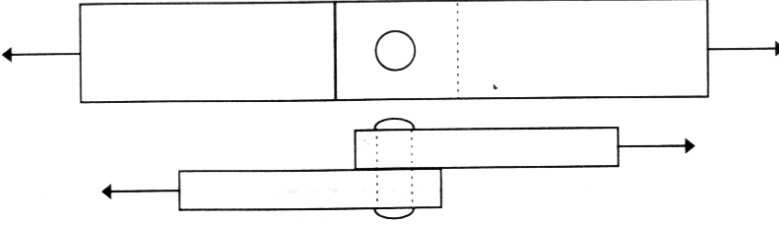
ويمكن استخدام العلاقة السابقة في بعض حالات القص الذي لا يؤثر فيها الحمل F بطريقة مركزية حقيقية ، ولكنه يؤثر في المستوى المراد حساب الإجهادات عليه ، وعلى سبيل المثال مسمار البرشام الموضح بشكل ١ - ٦ يكون إجهاد القص المؤثر عليه كما هو موضح بالعلاقة التالية :-

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

حيث q إجهاد القص.

F الحمل.

A مساحة المقطع المستعرض لمسمار البرشام.



شكل ١ - ٦

إجهاد القص الواقع على مسمار البرشام

التشكيل والانفعال : Deformation & Strain

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

تأثر المعادن بالعوامل الكيميائية:

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

١. الحديد :

الحديد النقي معدن أبيض فضي ينصهر عند درجة حرارة ١٦٠٠ °م تقريباً ، يذيب الكربون بنسب متفاوتة ، لا يؤثر الهواء الجاف عليه بينما الهواء الرطب يحول أسطحه إلى صدأ.

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

٢. الألومنيوم :

معدن أبيض يميل إلى اللون الأزرق . وزنه خفيف . درجة غليانه 1800°م . الهواء الجاف لا يؤثر في الألومنيوم ، أما الهواء الرطب فإنه يفقد الألومنيوم لمعانه ويكون طبقة رقيقة جداً من أكسيد الألومنيوم ، هذه الطبقة تحمي المعدن من التأثير بالهواء ، كما تتكون طبقة أكسيد على الألومنيوم إذا وضع في ماء مغلي ، ويتحدد الألومنيوم بالأكسجين الجوي أثناء الاحتراق عند درجات حرارة عالية قد تصل إلى 700°م .

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

٣. النحاس :

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

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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

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

٤. الرصاص :

الرصاص معدن لونه أسمر يميل إلى الزرقة . لين جداً . ينصهر عند درجة 326°م . يلمع عند القطع ، وينخفض اللمعان إذا عرض للهواء الجوي المعتاد ، يتحول إلى بللورات إذا برد بعد انصهاره تبريداً بطيئاً ، والرصاص لا يتأثر بالهواء الجاف ولكنه يغطي بطبقة بيضاء إذا عرض للهواء الرطب وهذه الطبقة عبارة عن أكسيد الرصاص ، أملاح الرصاص القابلة للذوبان في الماء سامة جداً ، لذلك فإن القصدير المستعمل في تغطية الأواني النحاسية يكون خالي تماماً من الرصاص حتى لا يذوب الرصاص مكوناً أملاحاً سامة في الطعام.

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

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

الرصاص إلى أملاح رصاصية بسهولة لأن هذه المواد تساعد على تحويل الرصاص إلى أملاح رصاصية سهلة الذوبان.

٥. الزنك (الغارصين) :

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

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

٦. الفضة:

الفضة معدن أبيض لامع ينصهر عند 960°م . لين جداً . الفضة المنصهرة تمتص كميات هائلة من الأكسجين ، وإذا برد المنصهر بدأ الغاز يتصاعد ليحدث شقوقاً في سطح المعدن ، لذلك يوضع مسحوق فحم الخشب على سطح الفضة أثناء تجمدها لامتصاص الغاز ومنع التشقق.

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

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

فيما يلي جدول ١ - ٨ الذي يوضح أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة ورموزها وكثافتها ودرجة حرارة انصهارها.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

جدول ١ - ٨

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

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

الفصل الثاني

إستخلاص وإنتاج المعادن

مهيّد

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

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

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

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

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

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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

استخلاص الحديد الغفل

Pig Iron Extraction

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

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

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

١. نوع مركبات الحديد.
٢. نسبة الحديد في الخام.
٣. تركيب المادة العاطلة.
٤. نسبة العناصر الضارة في الخام مثل الكبريت - الفسفور - الزرنيخ .

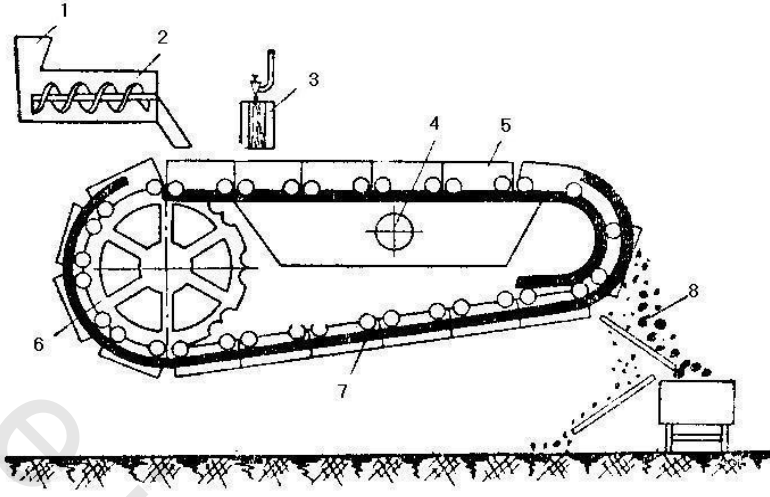
تجهيز غفل الحديد : Pig Iron Preparation

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

تجرى عملية التحميص في أفران أو في قمائن خاصة تعمل بالهواء الساخن لتبخير ماء الغسيل وطرده ، هذا بجانب التخلص من جزء كبير من الكبريت وثاني أكسيد الكربون . ولزيادة تركيز الخام تستخدم طريقة الفرن الدوار حيث يختلط الغفل مع الفحم ويسخن في فرن أسطواني دوار ، ترتفع درجة حرارته إلى حوالي 1200°C ، حيث يتخلص من معظم السيليكا والشوائب الأخرى ، وبذلك يتم الحصول على غفل غني بالحديد حيث تبلغ نسبة الحديد بالغفل إلى نحو ٩٠ % تقريبا .

وتجرى عملية تليد الغفل للأحجار الصغيرة وغبار الخام المتطاير للحصول على أحجار كبيرة وشكل ١ - ٧ يوضح ماكينة تليد الخام وهي عبارة عن جنزير يحتوي على عربات صغيرة تتحرك في دورة مغلقة وتحمل على القضبان الموجودة على هذه العربات طبقة يصل سمكها إلى ٢٥٠ ملليمتر من خليط مبلل من الخام والوقود المفتت ، ويشعل الوقود بواسطة مشعل ، ويسحب تيار من الهواء من أعلى إلى أسفل، وتتولد عند اشتعال الوقود درجة حرارة ما بين 1200°C إلى 1300°C ، ويتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلى أجزاء كبيرة مسامية تصلح للصهر في الأفران العالية

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



شكل ١ - ٧

رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تليد الخام

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

إنتاج الحديد الخام

Wrought Iron Production

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

إنتاج المعادن الحديدية : Ferrous Metals Production

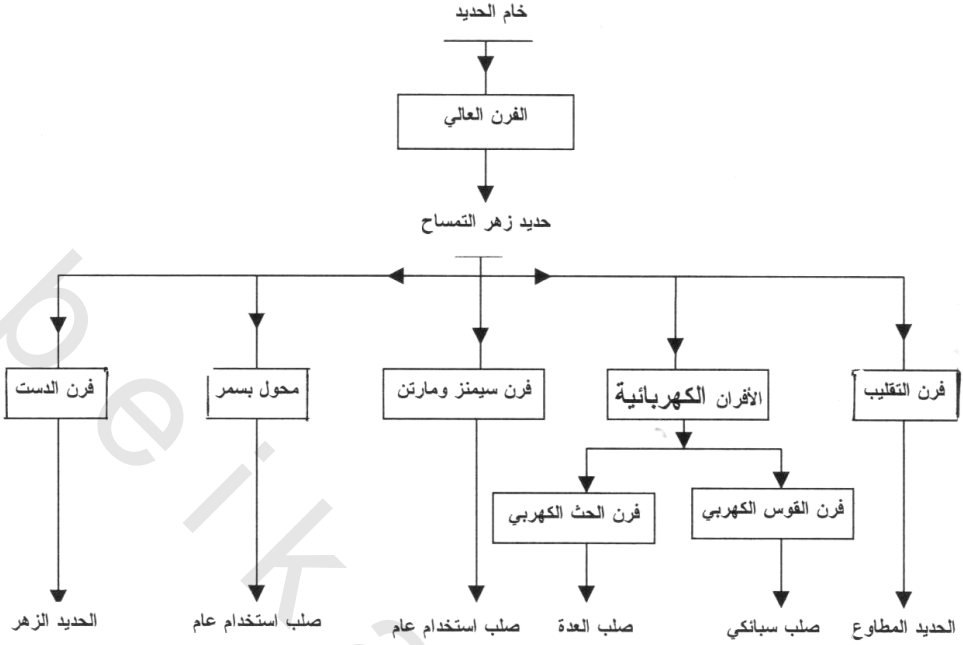
يستخلص الحديد من المواد الخام من خلال صهرها بهدف إزالة الشوائب العالقة بها ، ومن الصعب فصل المعدن (الحديد النقي) فصلاً تاماً من العناصر المكونة له في الطبيعة ، حيث يتطلب ذلك عمليات معقدة غير اقتصادية ، هذا بجانب كون الحديد النقي ليس له خواص مفيدة من الناحية العملية ، فهو معدن طرى ذو مقاومة منخفضة للصدأ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

أما الحديد المستخدم في الصناعة فهو عبارة عن سبيكة (خليط) من الحديد النقي مضافاً إليه الكربون بنسبة تتراوح ما بين ٠.١ % إلى نحو ٣.٧ % مع بعض العناصر الأخرى بنسب ضئيلة جداً مثل السيليكون - المنجنيز - الفوسفور - الكبريت وعادة يكون معظم أنواع الحديد المستخدم هو عبارة عن سبيكة تحتوي علي الحديد والكربون .. الذي يوضع في المقام الأول.

ويمكن تلخيص عمليات إنتاج المعادن الحديدية المخلفة في الآتي :-

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

وشكل ١ - ٨ يوضح رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها.



شكل ٨ . ١

رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها

الفرن العالي

Blast Furnace

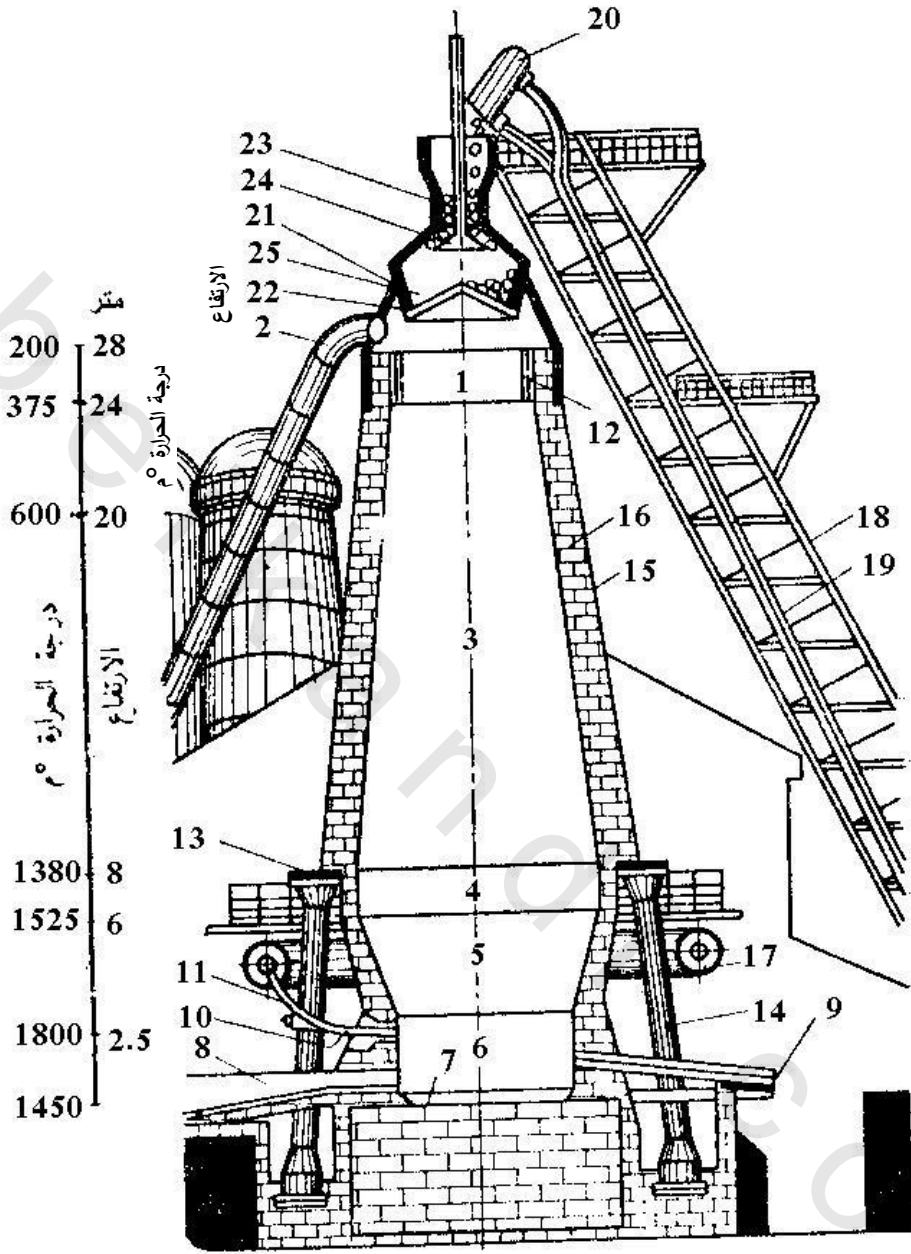
سمي الفرن العالي بهذا الاسم لضخامته وارتفاعه الشاهق ، حيث يتراوح ارتفاعه ما بين ٣٠ إلى ٨٠ متر ، ويبلغ قطر أكبر مقطع فيه ما بين ١٠ إلى ١٤ متر.

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

يتم في الفرن العالي فصل الخامات عن شوائبها عن طريق الصهر للتخلص من

الأكسوجين الموجود في الحديد الخام ، وذلك عن طريق الاختزال بالكربون ليتحول إلى حديد زهر (تماسيح الحديد).

الفرن العالي الموضح بشكل ١ . ٩ هو عبارة عن مخروطين ناقصين مركبين فوق بعضهما البعض ، تم بنائهما بالطوب الحراري ، ومغطى من الخارج بغلاف من الصلب . تتراوح درجة مقاومته للحرارة ما بين ١٨٠ إلى ١٧٣٠ °م، ويمكن تقسيم التجويف الداخلي للفرن إلى الأجزاء التالية :-



شكل ١ - ٩

رسم تخطيطي لمقطع بالفرن العالي

١. القمة :

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

٢. القصبة :

هي جزء أسطوانى مخروطى متصل بالقمة ، وهو أكثر أجزاء الفرن اتساعاً وارتفاعاً . صممت القصبة بهذا الارتفاع وذلك لحدوث العمليات المختلفة من انتقال الحرارة والاختزال التى تؤدى إلى انصهار الحديد أسفل القصبة . تحمل القصبة على أعمدة سائدة من الصلب وترتكز على قواعد خرسانية.

٣. منطقة الانصهار :

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

٤. الأكتاف :

هو جزء أسطوانى مخروطى ، أسفل القصبة.

٥. الكور :

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

(أ) فتحة في القاع لخروج الزهر المنصهر.

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

(ج) فتحات دخول الهواء الساخن للفرن ، توجد بأعلى الكور ، وتتكون ما بين

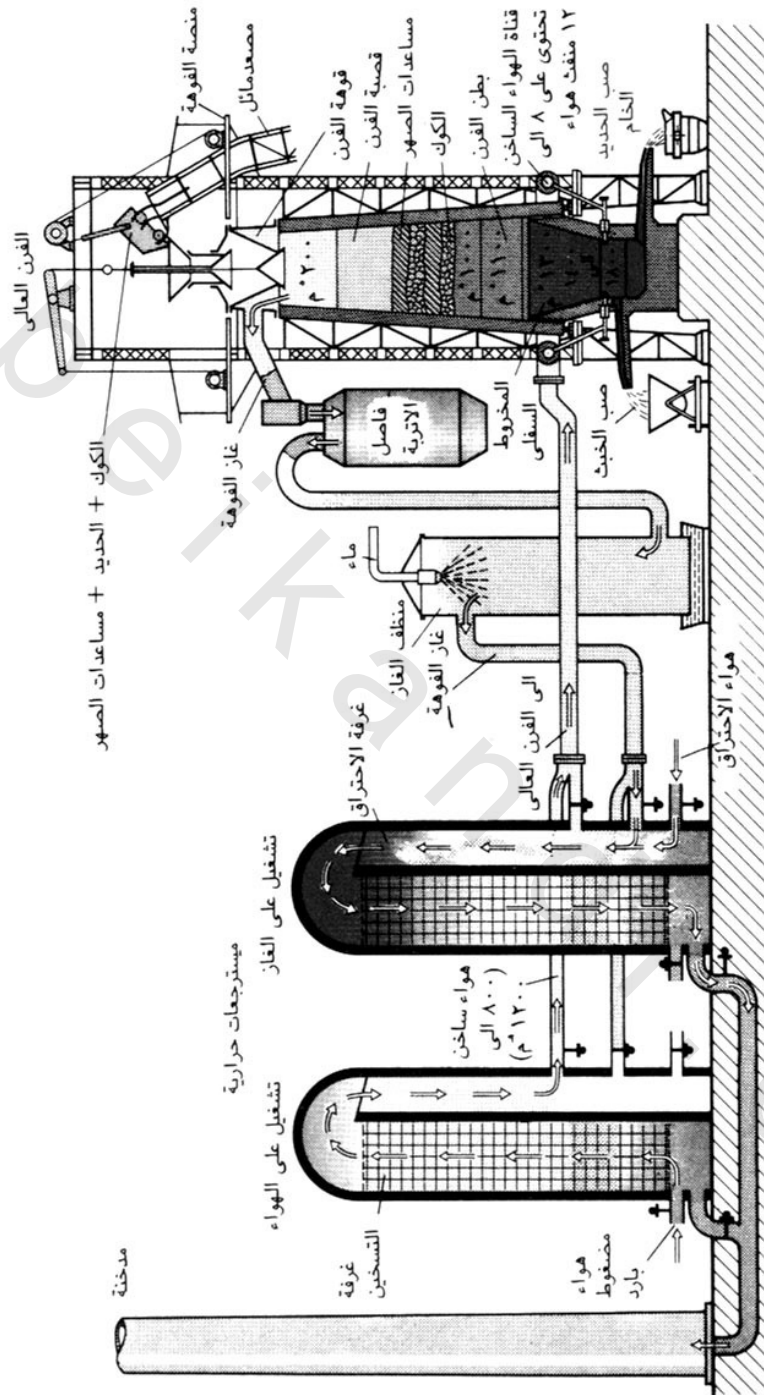
١٢ إلى ١٨ فتحة منتشرة على محيط دائرة واحدة . تصل درجة حرارة الهواء

الساخن إلى حوالي ١٠٠٠ °م.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

منشأة الفرن العالي : Blast Furnace Establishment

يحتاج الفرن العالي إلى منشأة ، وهي تتمثل في إنتاج العمليات العديدة مثل رافعات للشحنة - تجهيز الهواء الساخن - ماء تبريد - فواصل للأتربة والمواد غير المرغوب فيها ... وغيرها . لذلك لا يعمل الفرن العالي بمفرده بل يجب إنشاء وحدات بجواره للمساعدة في عمليات الصهر . شكل ١ - ١٠ يوضح منشأة الفرن العالي.



شكل ١ - ١٠
منشأة الفرن العالي

شحنة الفرن العالي : Blast Furnace Charge

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

١. خام الحديد :

يشحن الفرن باثنتين ٢ طن خام حديد قبل شحن خام الحديد إلى الفرن العالي ، ويتم تجهيزه بعدة عمليات تحضيرية كالآتي :-

(أ) تكسير الخام .

(ب) فرز الأحجام الصالحة للشحن ما بين ٣٠ إلى ١٠٠مم .

(ج) الأحجام الصغيرة والتربة يتم تليدها على شكل قوالب بحجم مناسب .

(د) غسل الخام للتخلص من المواد العالقة به والمواد العاطلة مثل الطفل والسيليكا وغيرها .

(هـ) يلتقط الخام الصالح لعملية الشحن من خلال مغناطيسيات كهربائية ، ومن الطبيعي فصل المواد العاطلة الأخرى .

٢. فحم الكوك :

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

٣. مساعد صهر :

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

٤. هواء ساخن :

ينفخ الهواء الساخن الذي يصل إلى ١٠٠٠ °م من خلال مواسير بأسفل الفرن، ويحتاج الفرن العالي إلى كمية هائلة من الهواء الساخن بحيث يتراوح ما بين ٢ إلى ٤ متر مكعب لكل كيلو جرام من الزهر المنصهر . لذلك فإن الهواء الساخن الذي يصل إلى الأفران العالية الحديثة يصل ما بين ١٣٠٠ إلى ٣٥٠٠ م٣ / دقيقة ، تحت ضغط ١.٤ إلى ٢.١ ضغط جوي.

العمليات التي تتم داخل الفرن العالي :

يوجد في الفرن العالي تياران متصلان متضادان في الاتجاه ، فمن أعلى إلى أسفل يتساقط الخام وفحم الكوك ومساعدات الصهر ، ومن أسفل إلى أعلى تتصاعد نواتج احتراق فحم الكوك والهواء الساخن والغازات.

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

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

يرتفع غاز إلى الفوهة عبر محتويات الفرن إلى الطبقات العليا جارفا معه غاز ثاني أكسيد الكربون وجزءاً من الكبريت ، أما أكاسيد الحديد المتبقية فإنها تهبط في الفراغ الناتج عن حرق فحم الكوك ، ويتم اختزال أكاسيد الحديد الساخنة .. أي

استخلاص الأكسوجين منها بواسطة الغازات الصاعدة والتي تحتوي على أول أكسيد الكربون.

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

يسحب الخبث بصورة مستمرة من خلال قناة الخبث ، ويفرغ حديد الزهر المنصهر ليتجمع في الكور (بئر الفرن) مرة كل أربع ساعات ، وينقل حديد الزهر المنصهر في بواتق خاصة إلى مصنع الصلب ، أو يصب ويشكل تماسيح تستخدم كمواد خام في المسابك وذلك حسب تركيبه.

منتجات الفرن العالي : Blast Furnace Products

ينتج الفرن العالي المنتجات التالية :-

١. حديد زهر التمساح :

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

٢. الخبث :

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

٣- الغازات :

تتكون الغازات المنتجة من أول أكسيد الكربون بنسبة ٢٥ % تقريبا ، أما

الغازات الباقية فهي مكونة من ثني أكسيد الكربون وأكسوجين وأوزوت ، وهذه الغازات قابلة للاحتراق ، تستعمل في تسخين الهواء في منشأة الفرن ، كما تستخدم كوقود للمحركات الغازية ، وتسخين غرف فحم الكوك ، وفي التدفئة.

ملاحظة :

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

إنتاج حديد الزهر

Cast Iron Production

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

فرن الدست

Cupola Furnace

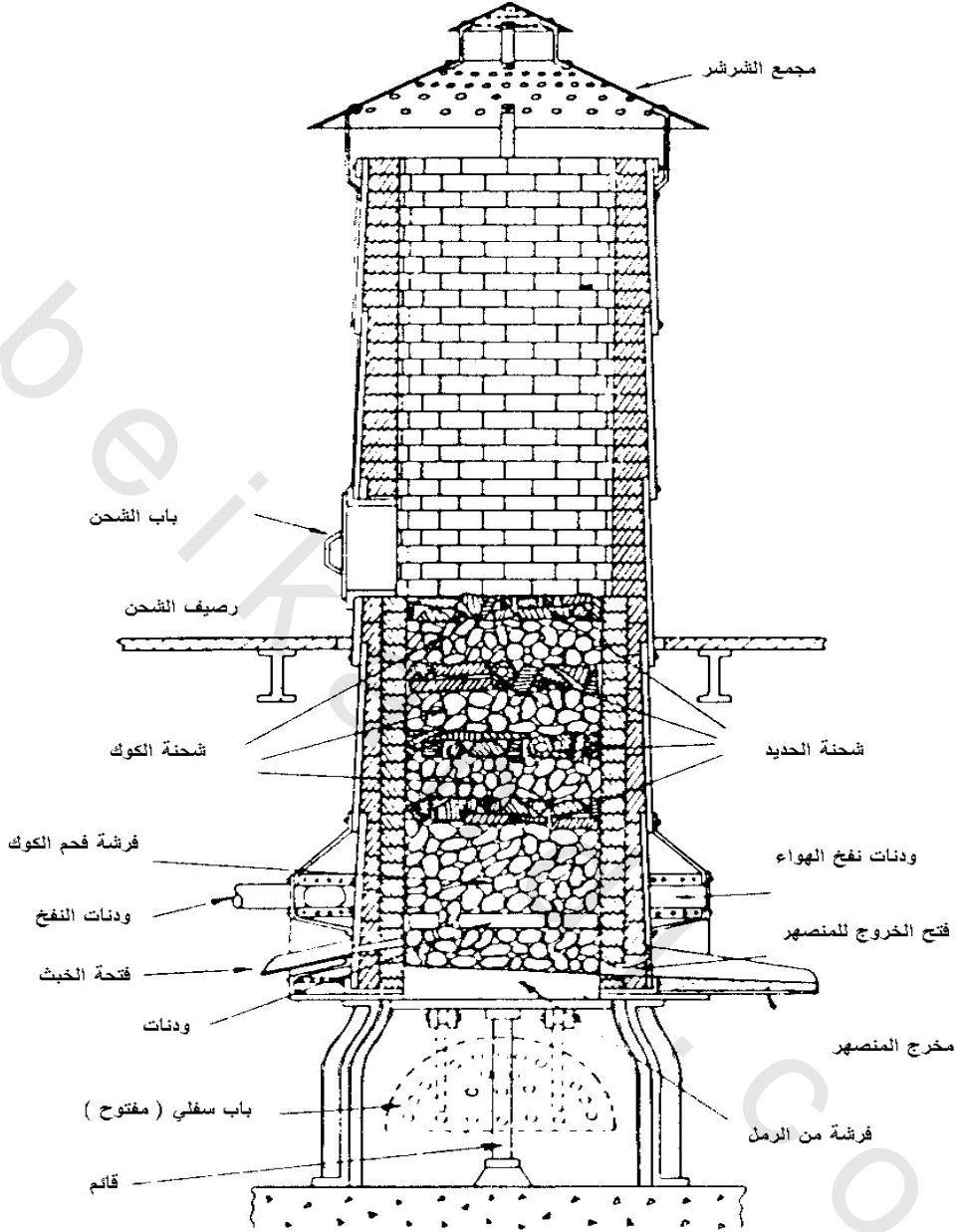
على الرغم من أن اختراع فرن الدست كان في القرن الثامن عشر .. إلا أنه يعتبر من أكثر أنواع أفران الصهر انتشاراً ، حيث ينتج ملايين الأطنان من حديد الزهر سنوياً .. والتي تمثل حوالي ٨٠ % إلى ٩٠ % من حديد الزهر المنصهر في المسابك .

يسمى فرن الدست بفرن الصهر المستمر .. بمعنى أن عمليتي شحن الفرن واستخراج المعدن المنصهر منه يمكن أن تتم في آن واحد بدون أي تعارض بينهما ، مما يتيح تدفق المعدن المنصهر داخل خزان ملحق بالفرن ، بحيث يمكن استخدام كميات كبيرة من المعدن المنصهر مرة واحدة ، وذلك عند صب القوالب ذات الأحجام الكبيرة من المسبوكات.

يتكون فرن الدست الموضح بشكل ١ - ١١ من اسطوانة رأسية طويلة مصنوعة من ألواح الصلب التي يتراوح سمكها من ٦ إلى ١٨ ملليمتر ، تبطن بالطوب الحراري . يوجد حول الجزء الأسفل بالفرن صندوق هواء ، وهو الذي يوصل الهواء إلى داخل الفرن عن طريق ودنات ، ومن الطبيعي وجود مراوح لإمداد الصندوق بالهواء اللازم.

يشحن الفرن من خلال فتحة عليا على ارتفاع يصل إلى ٦ متر ، ويوجد بقاع الفرن بابين منفصلين ، يكون شكل الفرن عند غلق البابين أشبه بالاسطوانة القائمة ، نهايتها السفلي مغلقة ونهايتها العليا مفتوحة على المدخنة . تدك قاعدة الفرن بأعلى البابين المغلقين برمل المسبك ، ويمكن تفريغ الفرن عند إسقاط هذين البابين.

توجد فتحتان أسفل الفرن ، الفتحة الأمامية لخروج حديد الزهر المنصهر ، والفتحة الخلفية لخروج الخبث.



شكل ١ - ١١

رسم تخطيطي لفرن الدست

تشغيل فرن الدست : Cupola Furnace Working

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

يخرج حديد الزهر المنصهر من فرن الدست عند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٠٠ إلى ١٦٠٠°م ، حيث يصب المعدن المنصهر في بواتق مبطنه من الطين الحراري ، وتنقل البواتق عن طريق حوامل خاصة لصب المعدن المنصهر في القوالب المجهزة.

تسخن أفران الدست الكبيرة عن طريق أوناش خاصة تستعمل لرفع المواد إلى منطقة الشحن بالفرن . وجدول ١ - ٩ يوضح الشحنة التي تحتوي على المواد المختلفة التي توضع في فرن الدست ، والمواد المنتجة منه.

جدول ١ - ٩

يمثل شحنة فرن الدست والمواد المنتجة

المواد التي توضع بالفرن	المواد المنتجة من الفرن
١٠٠ طن من حديد زهر خام وحديد خردة	٠.٩٨ طن حديد زهر منصهر
٠.١٥ طن فحم كوك	٠.٥ طن خبث
٠.٠٣ طن مساعد صهر	غازات المستفاد منها
١.٢٠ طن هواء	غازات مفقودة بالجو

مميزات فرن الدست :

يتميز فرن الدست عن أفران الصهر الأخرى المستخدمة في المسابك بالمميزات

التالية :-

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

مميزات حديد الزهر المنتج من الفرن الدست :

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

١. انخفاض درجة انصهاره للمعدن حيث تصل ما بين ١١٥٠ إلى ١٢٠٠ م^٠.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٢. يحتوى على نسبة كبيرة من الكربون تتراوح ما بين ٢ % إلى ٤ %.

٣. طول فترة سيولة المعدن المنصهر.

٤. رخيص الثمن.

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

إنتاج الحديد المطاوع

Wrought Iron Production

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

يحتوي الحديد المطاوع على نسبة عالية من الحديد تتراوح ما بين ٩٩ % إلى ٩٩.٧ % ، ويعتبر الحديد المطاوع من أطرى المعادن الحديدية.

خواص الحديد المطاوع : Properties Of Wrought Iron

أهم خواص الحديد المطاوع هي :-

١. سهل التشكيل بالحدادة واللحام الحدادي.

٢. يعتبر من أكثر المعادن الحديدية تقبلا لعمليات السحب والثني والتشكيل.

٣. سهل الثني على البارد.

٤. يتحمل الصدمات.

٥. مقاوم للعوامل الخارجية ، حيث أن أكسوجين الجو لا يمكنه الوصول إلى الطبقات الداخلة للمعدن.

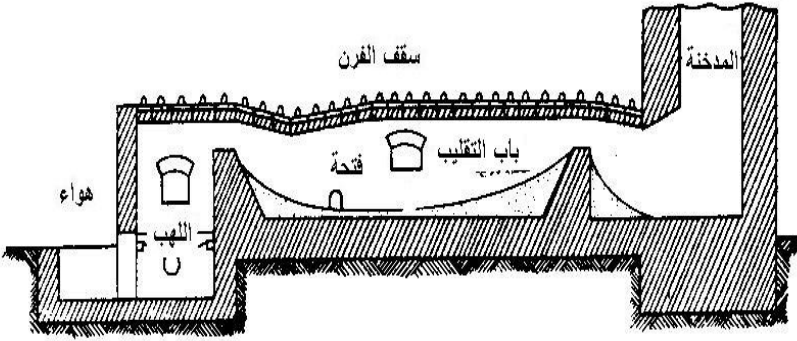
فرن التقلب

Pudding Furnace

فرن التقلب الموضح بشكل ١ - ١٢ يسمى أيضا بالفرن العاكس ، ويطلق عليه لفظ العاكس لأن الشحنة لا تتعرض للهب المباشر الناتج عن احتراق الوقود ، بل تتعرض للغازات الساخنة نتيجة لانعكاسها من سقف وجدران الفرن إلى الكور. يستخدم الفحم الحجري كمادة لتوليد الطاقة الحرارية الذي يتم احتراقها في الموقد.

تبطن قاعدة فرن التقلب بطبقة من أكسيد الحديد عند تشغيله ، ثم توضع تماسيح الحديد الخام في مجمرة الفرن ، ثم يسלט عليها لهب الوقود المحترق في الموقد ، وعند ابتداء انصهار الحديد ، تبدأ عملية خلط الحديد بواسطة قضبان حديد من خلال البوابة الخاصة بذلك ، وتضاف كمية أخرى من أكسيد الحديد وتستمر عملية الخلط ، وبعد حوالي ٣٠ دقيقة تقريبا يتحول الحديد إلى عجينة ، وتتم أكسدة الحديد المضاف لتتكون أكاسيد السيليكون والفسفور والكبريت على شكل خبث ، أما أكاسيد الكربون فإنها تصعد إلى أعلى الفرن وتتحول إلى لهب وتخرج كغازات عادمة من خلال المدخنة .

تصاحب هذه العملية غليان الشحنة ، وعندما تنخفض كمية الكربون الموجودة في الحديد ، تنخفض ميوعته ويصعب تقلبيه ، كما يصعب خلطه ، ويحول الحديد إلى شكل كتل منصهرة ، ثم تجزأ إلى كتل صغيرة ، يتراوح وزن الكتلة إلى ما بين ٣٠ إلى ٦٠ كيلو جرام ، ثم تخرج هذه الكتل من الفرن وتطرق بالمطارق الآلية للتخلص من الجزء الباقي من الخبث الذي يحتويها ، ثم تنقل إلى ماكينات الدفلة لتحويلها إلى قضبان بمقاطع بأشكال مختلفة.



شكل ١ - ١٢

فرن التقلب لصناعة الحديد المطاوع (الصلب الطري)

استعمالات الحديد المطاوع : Uses Of Wrought Iron

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

إنتاج الصلب

Steel Production

الاختلاف الأساسي بين حديد الزهر والصلب يتمثل في نسبة الكربون الموجودة في كل منهما . ويتميز المعدن بصلادته ومتانته كلما زادت نسبة الكربون فيه . وعلى سبيل المثال فإن الحديد الخام (حديد زهر التماسيح) يحتوي على نسبة عالية من الكربون تتراوح ما بين ٣ % إلى ٥ % ، أما حديد الزهر فإنه يحتوي على نسبة كربون تتراوح ما بين ٢ % إلى ٤.٥ % ، بينما يحتوي الصلب بأنواعه المختلفة على نسبة كربون تتراوح ما بين ٠.١ % إلى ١.٥ %.

لذلك عند تحويل الحديد الخام إلى الصلب فإنه يجب تخفيض نسبة الكربون الموجودة بالمعدن الخام إلى حد كبير ، كما يجب التخلص من الشوائب الموجودة بالمعدن والغير مرغوب فيها مثل السيليكون - المنجنيز - الكبريت - الفوسفور .
تسمى عملية تحويل الحديد الخام إلى صلب بعملية تنقية المعدن الخام .

طرق إنتاج الصلب : Ways Of Steel Production :

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

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

٢. فرن سيمنز مارتن.

٣. الأفران الكهربائية.

محول بسمر

Bessmer Converter

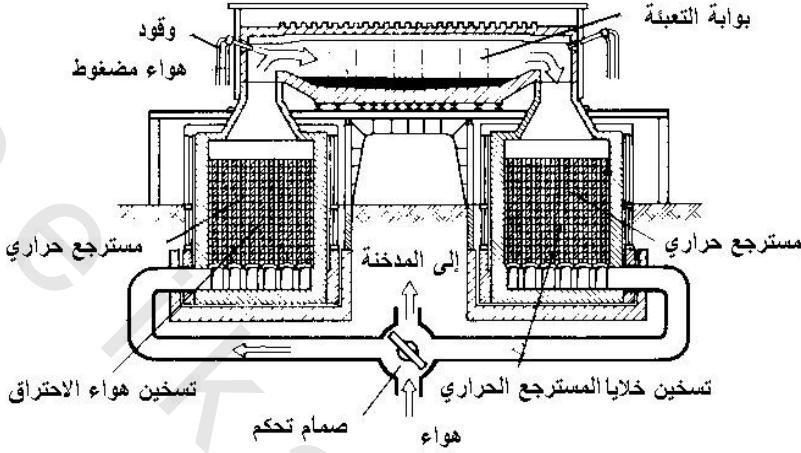
اكتشف هنري بسمر عام ١٨٥٥ م طريقة إنتاج الصلب بكميات كبيرة باستخدام محول ، ويعتبر هذا الاكتشاف من الأحداث التاريخية الهامة التي أدت إلى تطور صناعة الصلب.

محول بسمر الموضح بشكل ١ - ١٣ عبارة عن وعاء أسطواني على هيئة بوتقة مبطنة من الداخل بالطوب الحراري ، أما جدارها الخارجي فهو من الصلب . صمم محول بسمر بحيث يمكن إدارته في جميع الأوضاع حول محوره . توجد فتحات في قاعدته عددها ٣٠٠ فتحة ، تغلق هذه الفتحات من أسفل عن طريق صندوق الهواء . يبلغ سعة المحول حوالي ٤٠ طن .

عند شحن المحول يكون وضعه بشكل أفقي تقريبا ، ويسمى هذا الوضع بوضع الصب ، حيث يصب فيه الحديد الخام المنصهر والمأخوذ مباشرة من الفرن العالي ، ثم

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

يعاد وضعه تدريجيا إلى الوضع القائم الذي يسمى بوضع التشغيل.
ينفخ الهواء من خلال الفتحات الموجودة بصندوق الهواء بقاعدة الوعاء بضغط حوالي ٢ ضغط جوي.



شكل ١ - ١٣

الأوضاع المختلفة لمحول بسمر

التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي) :

تتم عملية التحويل الخام المنصهر والمأخوذ من الفرن العالي مباشرة ، للحصول على صلب بطريقة بسمر ، باستخدام محول حامضي .. أي باستخدام فرن مبطن بطوب حراري خاص يحتوي على ٩٠ % سيليكات .
تستخدم هذه الطريقة عندما تكون نسبة الفوسفور الموجودة بالخام منخفضة ، ويجب أن تكون الشحنة محتوية على نسبة منخفضة من الشوائب .
يشحن المحول وهو في الوضع الأفقي ، ويبدأ في دفع الهواء المضغوط بضغط حوالي ٢ ضغط جوي ، ثم يدار الفرن تدريجيا إلى الوضع الرأسي (وضع التشغيل) ، ثم تجرى عملية التحويل .

عملية التحويل :

تنقسم عملية التحويل إلى ثلاثة مراحل كالاتي :-

المرحلة الأولى :

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

المرحلة الثانية :

تبدأ هذه المرحلة عند ارتفاع درجة حرارة المعدن المنصهر إلى ١٥٠٠ °م ، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون ، الذي يسبب تكون أول أكسيد الكربون الذي يؤدي إلى غلياناً شديداً للمعدن المنصهر ، ويظهر عند عنق المحول لهب أبيض خاطف نتيجة لإتمام عملية احتراق أول أكسيد الكربون في الهواء وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون.

المرحلة الثالثة :

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

يحتوي المعدن في هذه المرحلة على كمية كبيرة من أكاسيد الحديد الذائبة والنااتجة عن نفخ الهواء خلاله ، والتي تؤدي إلى انخفاض كبير في جودته ، وتضاف سبائك الحديد ، كالحديد المنجنيزي مثلاً لاختزال أكاسيد الحديد.

ويمكن الحصول على الصلب المنتج الذي يحتوي على النسب المختلفة المطلوبة من الكربون من خلال كمية سبائك حديد الزهر المضافة.

ملاحظة :

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

محول توماس

Thomas Converter

اقترح توماس الإنجليزي الجنسية عام ١٨٧٨ م بتحويل الحديد الخام الذي يحتوي على نسبة كبيرة من الفوسفور إلى الصلب ، من خلال صنع محوله الذي سمي باسمه (محول توماس) ذات سعة أكبر قليلا من محول بسمر ، حيث صنع بطانة المحول من الدولوميت .. وهي مادة مقاومة للحرارة والصهر.

التحويل باستخدام محول توماس (التحويل القاعدي) :

يشحن المحول الساخن بالجير بكميات تبلغ حوالي ١٠ % إلى ١٥ % من وزن المعدن المطلوب تحويله وذلك قبل البدء في عملية التحويل ، ثم يصب الحديد الخام ، ويوجه تيار الهواء المندفع خلاله ، وفي هذه الحالة تتولد الحرارة اللازمة نتيجة لاحتراق الفوسفور في المقام الأول ، والتي تؤدي إلى الارتفاع الكبير في درجة الحرارة ، وارتفاع درجة الحرارة ليست نتيجة لتأكسد الفوسفور كما يحدث في محول بسمر (المحول الحامضي) .. بل نتيجة لاحتراقه.

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

ملاحظة :

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

منتجات محولات بسمر وتوماس :

١. الصلب : Steel

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

٢. الخبث : SLAG

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

فرن سيمنز مارتن

Siemens Martin Furnace

فرن سيمنز مارتن الموضح بشكل ١ - ١٤ سمي بهذا الاسم نسبة إلى مخترعه ، كما سمي بفرن المجرمة المفتوحة Open Hearth Process ، يبنى الفرن بالطوب الحراري ويغلف بألواح من الصلب ، يصل طول الفرن إلى ٢٥ متر وعرضه ٧ متر، ويتراوح سعته إلى ما بين ٢٠ إلى ٥٠٠ طن.

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

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

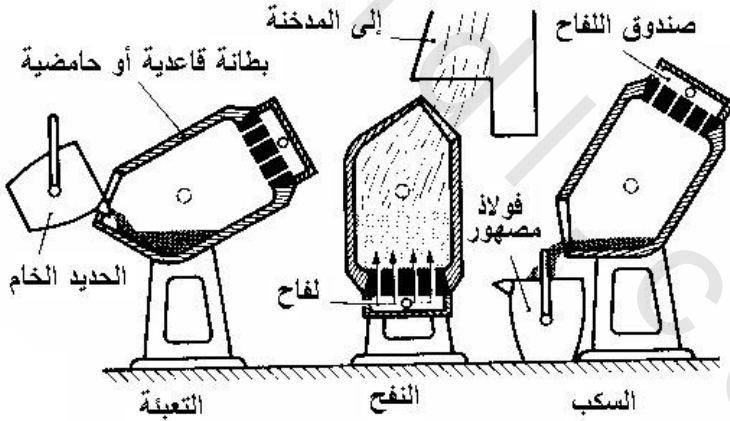
تتلامس السنة اللهب التي تبلغ درجة حرارتها إلى ما بين ١٨٠٠ إلى ٢٠٠٠ °م مع سطح الشحنة المنصهرة ، ويتم ذلك عن طريق الإمرار التبادلي لغازات التسخين خلال خلايا المسترجعات الحرارية ، حيث تسخين أحدهما في حين يقوم الآخر

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

بتسخين هواء الاشتعال في نفس الوقت ... وهكذا . وغالبا يضاف الأكسوجين إلى هواء الاحتراق لرفع درجة الحرارة في الفرن.

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

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



شكل ١ - ١٤

فرن سيمنز مارتن

منتجات فرن سيمنز مارتن : Simens Martin Furnace Production

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

يتميز أنواع صلب سيمنز مارتن بانخفاض الشوائب الموجودة به ، وقاليته لعمليات الحدادة واللحام ، كما يمكن تصليده إذا ارتفعت نسبة الكربون فيه عن ٠.٥ %.

الأفران الكهربائية**Electrical Furnaces**

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

مميزات الصهر الكهربائي :

يتميز الصهر الكهربائي إذا قورن بطرق صهر الصلب الأخرى عدة مميزات أهمها الآتي :-

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

عيوب الصهر الكهربائي :

يعتبر العيب الوحيد هو ارتفاع ثمن الكهرباء ، وهو المصدر الحراري للصهر ،

لذلك تستخدم الأساليب الكهربائية غالباً للتنقية النهائية للصلب المنتج من المحولات أو الأفران ، أو عند خلط المعدن بالصهر لإنتاج السبائك.

أنواع الأفران الكهربائية : Types Of Electrical Furnaces

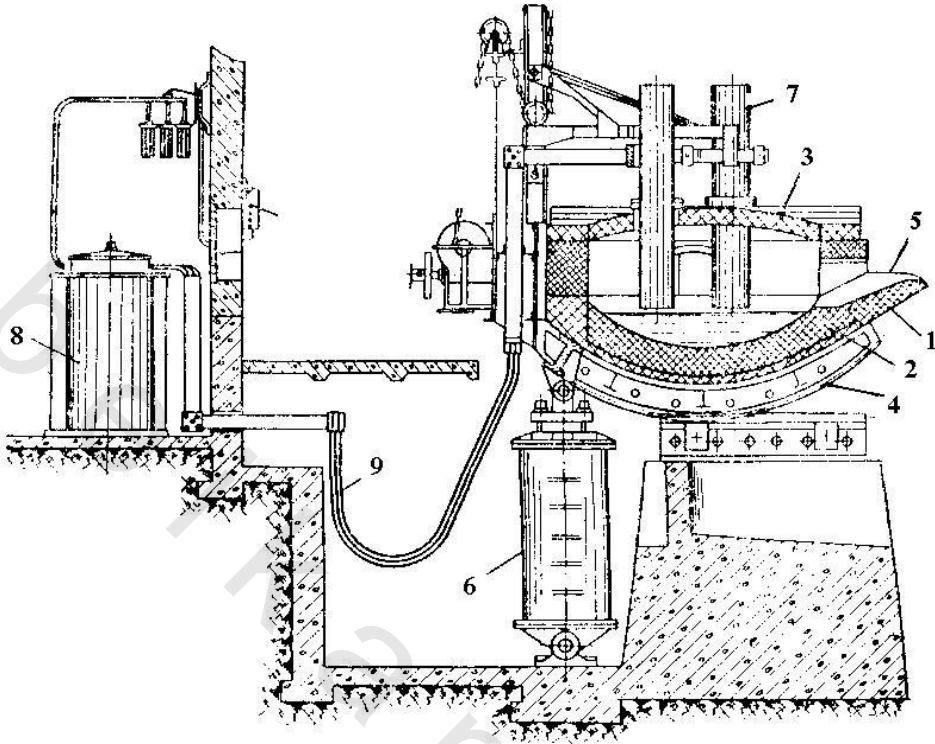
يوجد نوعان من الأفران الكهربائية هما فرن القوس الكهربائي ، وفرن الحث الكهربائي ذو البوتقة .. فيما يلي عرض كل منهما على حدة.

فرن القوس الكهربائي : Electric Arc Furnace

فرن القوس الكهربائي الموضح بشكل ١ - ١٥ يحتوي على أقطاب كربونية ، يعمل الفرن بمبدأ استغلال الحرارة المتولدة من القوس الكهربائي المنبعث من الأقطاب إلى المعدن المنصهر ليصل درجة حرارته إلى $3400^{\circ}C$ ، الذي يؤدي إلى انصهار خردة الصلب الموجود في الصلب المكرر مسبقاً ، بالإضافة إلى التخلص من جميع الشوائب الموجودة مثل الكبريت والفسفور والكربون ، حيث تحترق هذه الشوائب أثناء عملية الصهر.

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

تصل سعة أفران القوس الكهربائي إلى ١٨٠ طن ، وتمكن درجات الحرارة العالية في الفرن بالدرجة الأولى من خلط الصلب بمعادن ذات درجة انصهار عالية مثل التنجستين والتنتالوم.



شكل ١ - ١٥

فرن القوس الكهربائي

١. غلاف مصنوع من ألواح سميكة من الصلب.
٢. البطانة الداخلية للفرن.
٣. قبة الفرن تم بنائها من الطوب الحراري بحيث يمكن خلعها.
٤. مجاري مقوسة يركب عليها الفرن لسهولة صب المعدن.
٥. جهة صب المعدن المنصهر.
٦. وحدة التوصيلات الكهربائية أو الهيدروليكية التي تقوم بإمالة الفرن.
٧. أقطاب من الكربون أو الجرافيت ، هذه الأقطاب مثبتة بحيث يمكن تحريكها.
٨. محول كهربائي يغذي الأقطاب.
٩. الأسلاك الكهربائية (كابلات) لتوصيل التيار الكهربائي من المحول إلى الأقطاب.

منتجات أفران القوس الكهربائي : Electric Arc Furnaces Products :

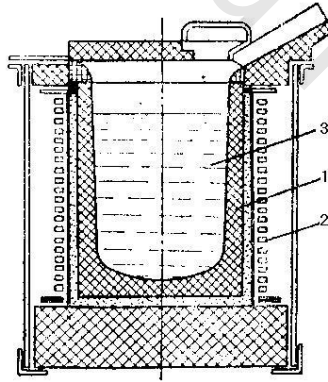
تستخدم أفران القوس الكهربائي لإنتاج الصلب الذي لا يصدأ Stainless Steel ، وجميع أنواع صلب العدة مثل صلب السرعات العالية High Speed Steel وغيرها ، وكذلك أنواع صلب الهياكل الإنشائية التي تتحمل الاجهادات العالية جدا.

فرن الحث الكهربائي : Electric Induction Furnace :

يتكون فرن الحث الكهربائي الموضح بشكل ١ - ١٦ من بوتقة مبطنة بالطوب الحراري ١ يوجد حولها ملف على ماسورة من النحاس ذات مقطع مستطيل ٢ يجري بها ماء للتبريد.

يمر التيار الكهربائي العالي التردد (من ٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ ذبذبة/ثانية) من خلال مولد خاص ، حيث يثير في المعدن تيارات دوامية تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المعدن ٣ وانصهاره بسرعة.

يوضع في الأفران ذات التردد العالي شحنات مواردها شديدة النقاوة .. تم اختيارها بعناية ، ونظرا للسرعة الكبيرة في عملية الصهر ، فإنه لا يوجد للمعدن فرصة للتأكسد الشديد ، وعند نهاية الصهر تضاف كمية صغيرة من المواد المختزلة . سعة الأفران العالية التردد لا تزيد عن ٨ طن.



شكل ١ - ١٦

فرن الحث الكهربائي

١. بوتقة مقاومة للحرارة .
٢. ملف على نحاس ذات مقطع مستطيل .
٣. المعدن المنصهر .

منتجات أفران الحث الكهربائي :

Electric Induction Furnace Production

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

استخدامات الصلب : Uses Of Steel

توجد أنواع مختلفة من الصلب ، يختلف استخدام كل منها عن الآخر من حيث درجة الصلادة .. أي على نسبة الكربون الموجودة بالمعدن .
فيما يلي جدول ١ - ١٠ الذي يوضح نسبة الكربون داخل الصلب ، ومجال استخدام كل منها.

جدول ١ - ١٠ مجالات استخدام الصلب الكربوني

الاسم	النسبة المئوية للكربون	الاستخدامات
الصلب الرخو (الصلب المنخفض الكربون)	0.1 - ٠.١٢٥	قضبان السلك ، والأنواع الرقيقة ، والأنابيب المصمتة المسحوبة .. الخ
	٠.١٥ - ٠.٣	ألواح الغلايات ، وأعمال الكباري ، والقطاعات الإنشائية ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، وأعمال الورش العامة .
الصلب المتوسط الكربوني	0.3 - ٠.٥	أعمدة الدوران ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، ومواسير ، والأسلاك ، والأجهزة الزراعية .
	٠.٥ - ٠.٧	اليابات ، وعجلات السكك الحديدية ، وقوالب الحدادة الكبيرة ، وحبال السلك ، والمطارق ، وعدد تشكيل البرشام .
	٠.٧ - ٠.٩	اليابات وقوالب الحدادة الصغيرة ، والحدود القاطع للمقصات ، والمقاطع على البارد ، والمقاطع المستخدمة في ورش النجارة .
الصلب العالي الكربوني	٠.٩ - ١.١	أجنات القطع على البارد ، وقوالب الكبس ، والسنايك ، ولقم قطع أسنان القلاووظ ، وأدوات أعمال النجارة ، وأعمدة المحاور .
	١.١ - ١.٤	شفرات الخلاقة ، والمبارد اليدوية ، وبنط المثقاب ، ومحددات القياس ، وأدوات قطع الماكينات .

إنتاج المعادن غير الحديدية وسبائكها

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

Production Of Non-Ferrous Metals And Their Alloys

تعتبر أكثر المعادن الغير حديدية والمستعملة على نطاق واسع هي النحاس - الألومونيوم - القصدير - الزنك - الرصاص - النيكل - الماغنسيوم ، ويفسر استعمال المعادن الغير حديدية وسبائكها بأن لبعضها خواص مميزة في الاستخدام الصناعي ، مثل جودة التوصيل الكهربائي والحراري - مقاومة الصدأ - مقاومة التآكل - انخفاض معامل التآكل - خفة الوزن - سهولة التشكيل على البارد وعلى الساخن ... الخ ، بجانب الاعتبارات الاقتصادية الأخرى.

إنتاج النحاس

Production Of Copper

يعتبر النحاس هو أول معدن عرفه واستعمله الإنسان منذ عصور ما قبل التاريخ ، وذلك لوجوده بشكل حر في الطبيعة . يستخلص النحاس من خامات النحاس.

يستعمل النحاس في حالته النقية في الصناعات الكهربائية والحرارية ، وفي الصناعات الكيميائية ، كما يستعمل النحاس على نطاق واسع للحصول على السبائك.

غفل النحاس : Uses Of Steel

يوجد غفل النحاس في القشرة الأرضية على شكل مركبات مختلطة بخامات معادن أخرى ، ومركبات النحاس الموجودة في الطبيعة هي أكاسيد مختلطة مع الكبريت والحديد والتي تعرف باسم بيريت النحاس ، حيث يحتوي على نحاس بنسبة ٣٢ %.

استخلاص النحاس : Copper Extraction

يستخلص النحاس من خاماته بإحدى طريقتين هما :-

١. الطريقة الجافة.

٢. الطريقة الرطبة.

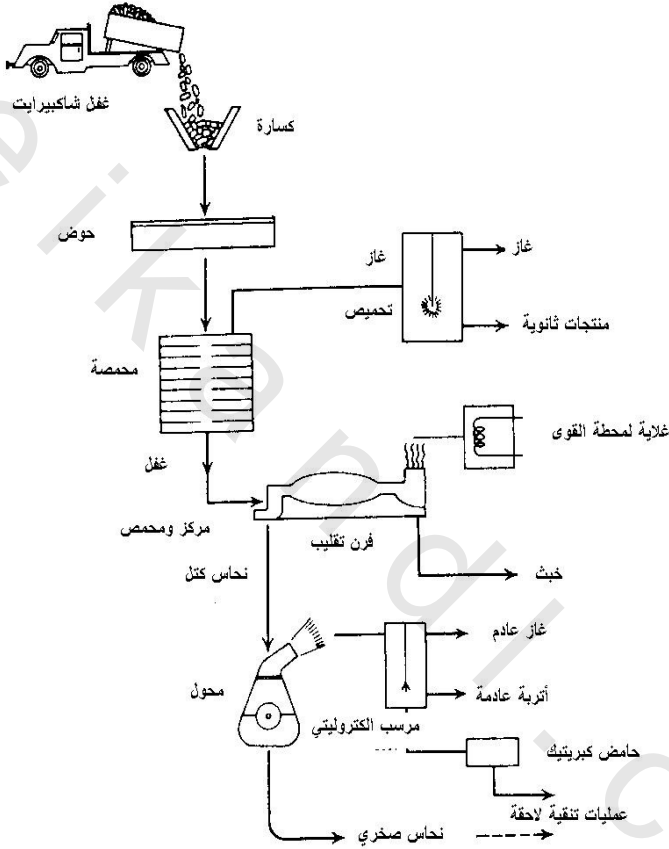
أساسيات تكنولوجيا التصنيع

وتعتبر الطريقة الأولى هي الأكثر استخداماً ، ويستعمل لهذا الغرض أفران عاكسة خاصة.

الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس :

تتكون الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس والموضحة بشكل ١ - ١٧ من عدة

مراحل هي :-

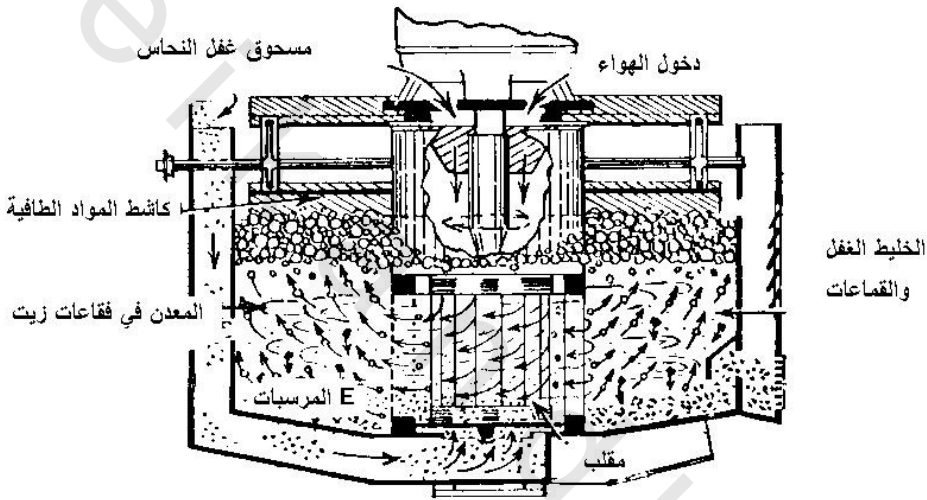


شكل ١٧ . ١

رسم تخطيطي لخريطة استخلاص النحاس بالطريقة الجافة

أولاً : تكسير الغفل في كسارات خاصة.

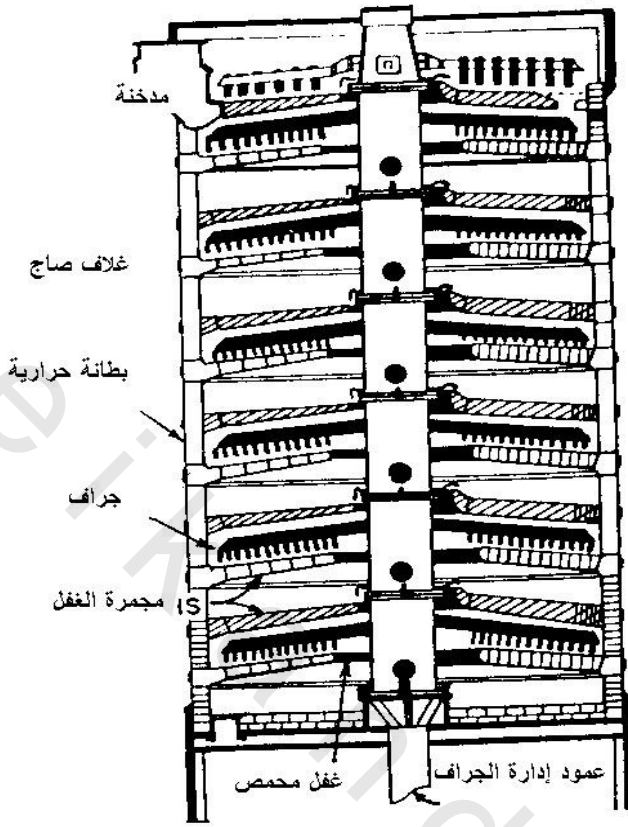
ثانيا : خلط الغفل المكسر مع الجير ومساعد الصهر (سيليكون).
 ثالثا : تخليص الغفل من الشوائب والأترية العالقة كما هو موضح بشكل ١٨ - ١ ،
 ويتم ذلك بطريقة التقويم في حوض ماء ، حيث تبدأ حبيبات الغفل الغير مبتلة
 بتكوين فقاعات وتطفو على سطح الماء ، ويرسب الباقي في القاع ، وعادة
 يضاف زيت بترول للماء ، ونفخ الهواء في الماء للتعجيل بالطفو ، حيث
 تلتصق فقاعات الهواء المتكونة بحبيبات الغفل وتطفو على شكل زيت يمكن
 إزالته بسهولة.



شكل ١ - ١٨

خليط تقويم لفصل غفل النحاس عن المواد العالقة به

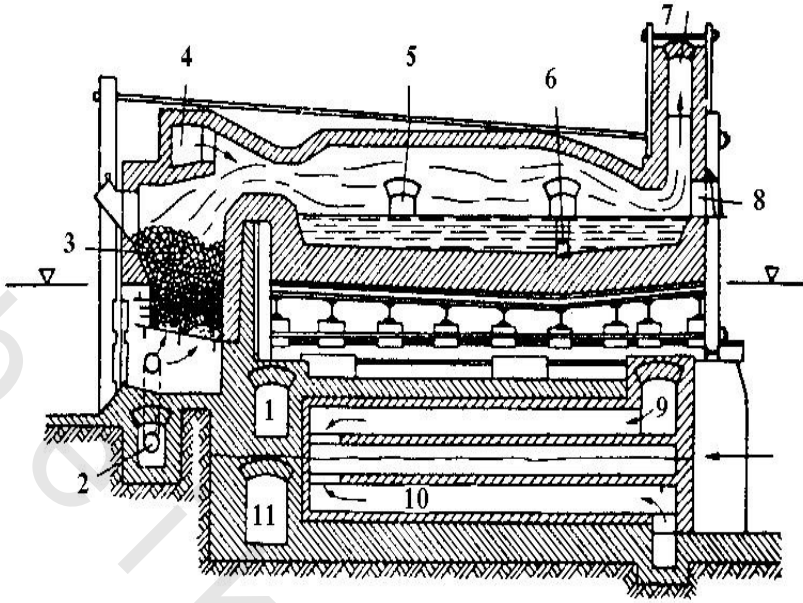
رابعا : تحميص الغفل جزئيا بالتسخين ، حيث يتكون خليط من مركبات كبريتيد
 النحاس وأكاسيد الحديد ، ويسمى هذا الخليط بالكالسين . يتم التحميص عند
 درجة حرارة ما بين ٨٠٠ إلى ١٠٠٠ °م في أفران عاكسة كما هو موضح
 بشكل ١ - ١٩ .



شكل ١ - ١٩

تحميص غفل النحاس

خامسا : صهر الكالسين مع حجر الجير (كمساعد صهر) في فرن يشبه فرن التقليل
الموضح بشكل ١ - ٢٠ ، حيث يتم التخلص من معظم مركبات الحديد في
صورة خبث ، حيث يتبقى غفل النحاس ملبداً مع باقي مركبات حديد الخبث
الذي يسمى بالنحاس الصخري.

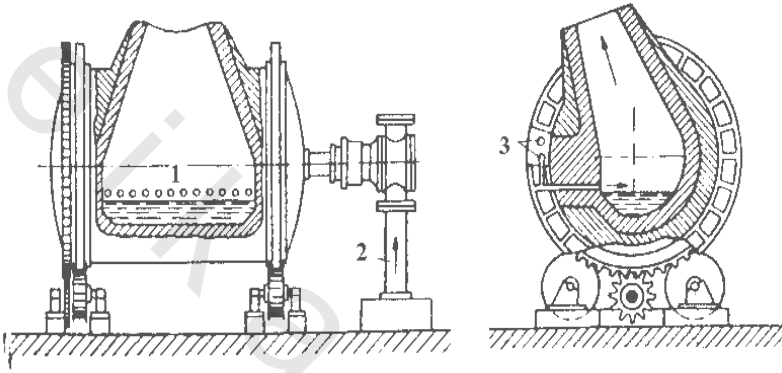


شكل ١ - ٢٠

فرن التقلب لاستخلاص النحاس

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

سادسا : صب النحاس الصخري في محول يشبه محول بسمر الموضح شكل ١ - ٢١ ، حيث يتم نفخ سطح المعدن المنصهر بالهواء من الفتحات ١ المقاومة في المداخل ٢ عن طريق قنوات هوائية ٣ ، ويستمر النفخ لفترة تتراوح ما بين ٤ إلى ٥ ساعات ، حيث تتأكسد الشوائب وتخرج معظمها على هيئة أكاسيد متطايرة، أما الشوائب المتبقية فإنها تنضم إلى الخبث الذي يطفو على سطح المعدن المنصهر، ويقشط من حين لآخر.



شكل ١ - ٢١
محول نفخ النحاس

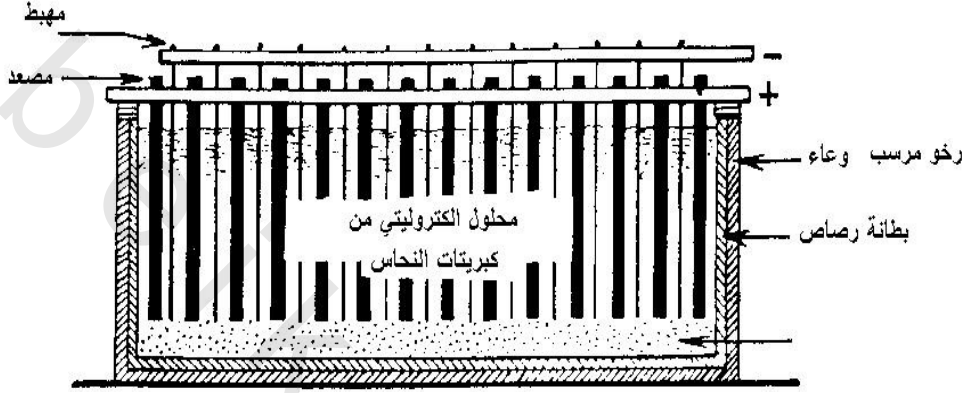
١. منافس النفخ.

٢. مدخل هواء النفخ.

٣. قنوات هواء النفخ.

سابعا : تحفظ الشحنة منصهرة كما هو الحال في محول بسمر .
ثامنا : يتأكسد كبريتيد النحاس نتيجة للنفخ بالهواء ، ويتحول إلى أكسيد النحاس ، أو إلى كبريتات النحاس ، وبعد انتهاء فترة النفخ يبدأ التفاعل بين أكسيد النحاس وكبريتات النحاس ، حيث يكونا نحاس يحتوي على نسبة ٩٨ % إلى ٩٩ % نحاس، وهو خام لا يصلح للاستخدام المباشر ، بل إنه يحتاج إلى عمليات تنقية أكثر .. شأنه شأن الحديد الخام المستخرج من الفرن العالي.

- تاسعا : تتم عملية التنقية النهائية بالترسيب الكهربائي كما هو موضح بشكل ١ - ٢٢ ، حيث ينتج نحاس نقياً تماماً ، وهو الذي يطلق عليه النحاس العالي الجودة والخالي من الأكسوجين . يستخدم هذا النوع من النحاس وبشكل أساسي في الوصلات والأسلاك الكهربائية.



شكل ١ - ٢٢

خلية ترسيب كهربائية لإنتاج النحاس النقي

الطريقة الرطبة لاستخلاص النحاس :

تستعمل هذه الطريقة لل خامات الإكسيدية الفقيرة ، حيث يفتت الخام إلى حبيبات صغيرة ، وتجري عملية تركيز في ماكينة ترسيب ، وفي هذه الماكينة يغسل الخام والمادة العاطلة بواسطة تيار مائي ، ولما كان الوزن النوعي للخام والمادة العاطلة مختلفاً ، فإنهما ينفصلان عن بعضهما البعض ، ويرسب الخام إلى أسفل بينما تظل المادة العاطلة إلى أعلى ، ويعامل الخام المركز بمحلول مخفف من حامض الكبريتيك ، ويتلو ذلك ترشيحه للحصول على محلول نظيف ، ويتم ترسيب النحاس من المحلول بالتحليل الكهربائي ، أو بإحلال الحديد الخردة محل النحاس ، ويعاد صهر النحاس الناتج في أفران لتهيئته ثم ينقى.

إنتاج الألمنيوم

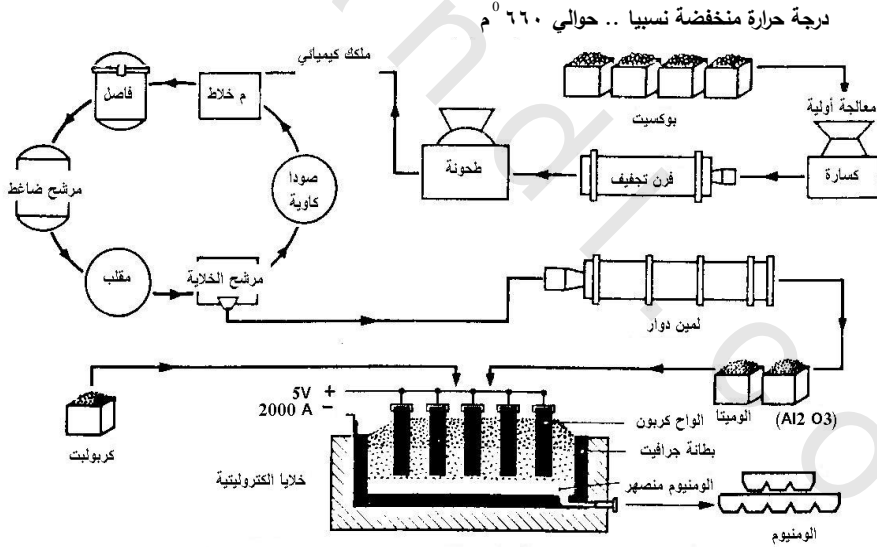
Production Of Aluminium

الألمنيوم معدن حديث الاكتشاف ، تم استخلاصه لأول مرة عام ١٨٢٥ م ، ويعتبر الألمنيوم من أكثر المعادن انتشاراً في الكرة الأرضية ، وأكثر المعادن غير الحديدية استخداماً.

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

أهم خامات الألمنيوم التي انتشر استخدامها بانتشار كبير في الصناعة ، هي أكسيد الألمنيوم المائي الذي يعرف بالبوكسيت ، وأهم أنواع البوكسيت المعروف صناعياً هو البوكسيت الأبيض والبوكسيت الأحمر.

يتم استخلاص الألمنيوم من خام البوكسيت بطريقة التحليل لأكهربائي ، وشكل ١ - ٢٣ يوضح خريطة استخلاص الألمنيوم من البوكسيت.



شكل ١ - ٢٣

خريطة استخلاص الألمنيوم من البوكسيت

خواص الألومنيوم : Aluminum Properties

يتميز الألومنيوم بخواصه الجيدة ، مما أدى إلى انتشاره واستخدامه في العديد من الصناعات ، وأهم خواص الألومنيوم وسبائكه هي الآتي :-

١. خفيف الوزن.
٢. جيد التوصيل للحرارة والكهرباء.
٣. مقاومته عالية للصدأ.
٤. انصهاره عند درجة حرارة منخفضة نسبيا.

استعمالات الألومنيوم وسبائكه : Uses Of Aluminum And Its Alloys

تستعمل الألومنيوم علي نطاق واسع في المجالات المختلفة .. وفيما يلي أهم الاستعمالات :-

١. يستعمل الألومنيوم مع سبائك النحاس في صناعة الأسلاك الكهربائية في التوصيلات البعيدة ، ومقومات التيار والمكثفات وغيرها.
٢. يستخدم في تصنيع الأواني المنزلية ، والمعلبات ، وآلات المستخدمة في صناعة الألبان والحلويات والسكر.
٣. يستخدم في إطارات النوافذ والأبواب ، وفي أعمال التسخين والتدفئة.
٤. يستخدم في صناعة هياكل الطائرات ، كما يدخل في صناعة المركبات الفضائية والأقمار الصناعية ، وذلك لمتانته وخفة وزنه وقابليته العالية للتوصيل الحراري.
٥. يستخدم في صناعة أجزاء عديدة لمحركات الاحتراق مثل الهياكل والأسطوانات والمكابس وغيرها ، وفي بناء السفن النهرية ، وقوارب النجاة .
٦. يستخدم الألومنيوم النقي جدا وبعض سبائكه في صناعة عاكسات الضوء والمرايا ، كما يستخدم في العديد من الصناعات الأخرى.

إنتاج القصدير

Tin Production

يستخلص القصدير من خاماته النادرة الموجودة بالطبيعة ، والتي لا توجد بكميات كبيرة ، ويوجد القصدير في خاماته على شكل ثاني أكسيد القصدير المسمى بجر القصدير ، تكون نسبة القصدير في الخام عادة صغيرة جداً ، حيث تبلغ من ٠.٢٥ % إلى ١ % ، أما الباقي فهو مواد عازلة عبارة عن كوارتز وشوائب أخرى ، وتصل نسبة القصدير في الخامات الغنية إلى ما بين ٢ % إلى ٦ % .

يجرى على الخام المستخرج التركيز والتحضير ، وبعدها يصهر الخام المركز لاختزاله في أفران عاكسة ، حيث يختزل ثاني أكسيد القصدير عند درجة حرارة ٨٠٠ °م بواسطة أول أكسيد الكربون والكربون الصلب ، ويحتوي القصدير المنتج على كثير من الشوائب والتي تصل نسبتها إلى ٣ % ، أما الأنواع الجيدة من القصدير فإنها تحتوي على ٩٩.٩٩ % من عنصر القصدير .

خواص القصدير : Tin Properties

١. ذات لون أبيض لامع مائل للزرقة.
٢. معدن طرى (أطري من الزنك) .
٣. ينصهر عند درجة حرارة ٣٣٠ °م .
٤. يتحد مع النحاس مكونا البرونز .

استعمالات القصدير : Uses Of Tin

١. يستعمل مع الرصاص لتكوين سبائك لحام السمكرة .
٢. يستعمل مع الرصاص والأنتمون لتكوين السبيكة المستخدمة في صناعة حروف الطباعة .
٣. يستعمل أيضا مع النحاس والأنتمون لصناعة كراسي المحاور .
٤. يستخدم لتغطية أسطح النحاس لحمايتها من الصدأ .

٥. تستخدم مركباته الكيميائية في النسيج والخزف ومواد الطلاء.
 .. يتداول في الأسواق على شكل صفائح أو كتل أو أسلاك بالكيلوجرام.

إنتاج الزنك

Zinc Production

يستخلص الزنك (الخاصين) من خامات الزنك ، ويعتبر من أهم خاماته ، حيث يحتوي على ٣٠ إلى ٥٠ % خاصين . ويجري استخلاص الزنك بإحدى طريقتين هما :-

١. طريقة التقطير.

٢. طريقة التحليل الكهربائي.

ويمكن تلخيص طريقة التحليل الكهربائي ، حيث أنها الأكثر استخداماً .. كما أنها حظيت بانتشار كبير.

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

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

يحتوي الزنك المنتج بطريقة التحليل الكهربائي على ٩٩.٩٥ % من عنصر الخاصين.

خواص الزنك : Zinc Properties

١. لونه أبيض مائل للزرقة.
 ٢. ينصهر عند درجة حرارة ٤٢٠ °م.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٣. يتداول في الأسواق على شكل ألواح أو مسحوق بالكيلوجرام.

استعمالات الزنك : Uses Of Zinc

يستعمل الزنك في صناعات مختلفة أهمها الآتي :-

١. البطانات الخاصة بالمبردات.
٢. في صناعة الألواح والمواسير المجلفنة.
٣. الطلاء المقاوم للصدأ.

إنتاج الرصاص

Lead Production

يستخلص الرصاص من خاماته ، وتتراوح نسبة الرصاص بالخام المتوسط ما بين ٦ % إلى ١٦ % ، ويستخلص الرصاص بطريقة الصهر الاختزالي للخام المركز بعد تحميصه مبدئياً . ويجرى التحميص المبدئي في أفران عاكسة كتحليل كبريتيد الرصاص ، وتحويل الرصاص إلى كبريتات ، ويمكن بواسطة التحميص الثانوي التخلص تماماً من الكبريت ، ويختزل الرصاص عند الصهر في أفران أسطوانية بواسطة كربون فحم الكوك.

يحتوي الرصاص المنتج على شوائب بنسبة تصل إلى ١.٥ % ، ويحتوي الرصاص بعد تنقيته على نحو ٩٩.٩٥ % من عنصر الرصاص .

خواص الرصاص : Lead Properties

١. لونه رمادي مائل للزرقة ، ذو سطح غير لامع.
٢. ينصهر عند درجة حرارة ٣٢٥ °م.
٣. معدن ثقيل ، يتداول في الأسواق بالكيلوجرام.
٤. معدن طري ، سهل التشكيل ، يتأكسد بسرعة في الهواء.

استعمالات الرصاص : Uses Of Lead

- ١ . يستعمل مع القصدير لتكوين سبائك تستخدم في عمليات لحام السمكرة.
- ٢ . يستعمل مع الأنثيمون في صناعة الرصاص الصلب.
- ٣ . تستعمل مركباته (أكسيد الرصاص الأصفر) في صناعة الزجاج والكريستال والفخار.

الباب الثاني

2

سباكة المعادن

Metals Casting

مَهْيَدٌ

تصهر المعادن وتصب في قوالب تحتوى على فجوات ذات أشكال خاصة وأبعاد محددة ، وعندما تتجمد المعادن فإن القطع المصنعة تكتسب أشكال ومقاسات الفجوة التي صبت فيها ، وتسمى المنتجات المشكلة بهذه الطريقة بالمسبوكات.

عرفت هذه الصناعة من حوالي أكثر من أربعة آلاف عام قبل الميلاد ، وقد اعتبرت من أقدم الصناعات التي عرفها الإنسان ، ومن الطبيعي أن صناعة سبابة المعادن قد تطورت ، شأنها شأن الصناعات الميكانيكية الأخرى.

يناقش هذا الباب سبابة المعادن في القوالب الرملية وطرق تحضير خليط الرمل المستخدم في تجهيز القوالب والدلائيك ، وتجهيز النماذج وصناديق الدلائيك ، والأدوات والمعدات المستخدمة في عمليات السبابة.

ويتناول الطرق المختلفة لختم القوالب الرملية .. (الختم في الريزق - الختم في الأرض - الختم بالفورمة - الختم بالماكينات).

ويتعرض لأفران الصهر ، ومميزات التشكيل بالسبابة ، وعيوب المسبوكات المصنعة وأسبابها وطرق تلافيها.

هذا بجانب التطبيق العملي المتمثل في تنفيذ العمليات الصناعية المرتبة على هيئة تمرينات متنوعة ومتدرجة في الصعوبة ، على تشكيل المعادن بالسبابة في القوالب الرملية .. وخطوات العمل النموذجية لكل منها على حدة.

نبذة تاريخية :

تعتبر سباكة المعادن من أقدم الصناعات الأساسية في مجال تشكيل المعادن ، والتي اكتشفت عبر العصور الأولى من التاريخ ، وظهرت عند معظم الحضارات ، ويرجع تاريخها إلى نحو ٤٠٠٠ عام قبل الميلاد .. منذ عرف الإنسان طريقة التصميمات البسيطة التي تقتضيها عملية السباكة والصناعات المحدودة.

استخدمت هذه الصناعة بأسلوب بسيط وأدوات وتجهيزات محدودة ، مثلها مثل أي علم من العلوم آن ذاك . وقد أخذ مجال صناعتها واستخدامها في الازدهار والتطور التدريجي ، حتى وصلت إلى ما هو عليه الآن . ولقد صقل العلم أسرار تلك الصناعة ووضع لها قواعد وأصول عامة.

ويمكن تعريف عملية السباكة بأنها عملية تشكيل للحصول على منتج من خلال صب المعدن المنصهر في قالب رملي أو معدني ، يحتوى على فراغ بشكل المسبوك المنتج المطلوب، ويرفع المسبوك من القالب الرملي بمجرد تجمد وبرودة المعدن . أما إذا كان القالب من النوع المعدني المستديم ، فإنه يمكن إخراج الجزء المسبوك المنتج بمجرد فصل جزئي القالب عن بعضهما البعض بعد تجمده.

تاريخ وتطور سباكة المعادن :

تعتبر سباكة المعادن من أقدم الحرف الصناعات الأساسية ، شأنها شأن الحدادة ، فقد مارسهما الإنسان في العصور الماضية ، ويرجع تاريخها إلى نحو ٤٠٠٠ عام قبل الميلاد.

كانت المعادن تشكل باليد عن طريق الأدوات البدائية المحدودة ، ولقد سميت بعض العصور باسم المعدن الذي شاع استخدامه في ذلك الحين .. كالعصر البرونزي ، والعصر الحديدي ، وقد اعتمد استخدامها على توافر هذه المعادن كخامات نقية عالية الرتبة.

استخدمت هذه المعادن في السبابة مع بعض الصناعات البدائية الأخرى ، كالحداثة واللحام في صنع الأسلحة والعدد اليدوية والأدوات والسلع الخزفية ... وغيرها . وقد استطاع أصحاب الحرف استغلال هذه الصناعات والربط بينهم .. مما كان له عظيم الأثر في تطورها التدريجي.

ظلت صناعة سبابة المعادن طوال القرون الماضية كحرفة يدوية .. إلا أنها تطورت في القرون القليلة الماضية ، بعد معرفة القواعد الفنية الأساسية للمعادن وطرق تطبيقها .. حتى الوصول إلى تشكيل المعادن عن طريق الآلات والمكينات . وعلى أية حال .. فقد أصبحت صناعة السبابة شأنها شأن الصناعات الميكانيكية الأخرى ، حيث التطوير والتحسين مستمر.

تعريف السبابة : Casting Definition

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

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

الأدوات والمعدات المستخدمة في سبابة الرمال :

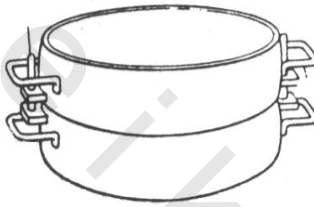
Sand Cast Equipments

تتطلب عملية تجهيز القوالب الرملية لإنتاج المشغولات المسبوكة إلى استخدام أدوات ومعدات مختلفة .. فيما يلي عرض لجميع الأدوات المعدات المستخدمة في ورشة سبابة المعادن.

١. الروازق : Moulding Boxes

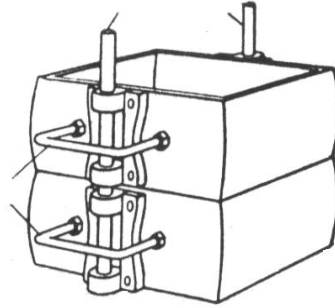
تجهز القوالب الرملية بالدك في هياكل ذات جسادة ومتانة عالية تسمى بالروازق . تصنع الروازق من الزهر أو الصلب أو من سبائك الألومنيوم بأشكال وأحجام مختلفة لتناسب المسبوكات المراد إنتاجها ، فيمكن أن يكون شكل الريزق مربع - مستطيل - مستدير كما هو موضح بشكل ٢ - ١ .

خوابير التثبيت



(ب)

خوابير التثبيت



(أ)

يد للحمل

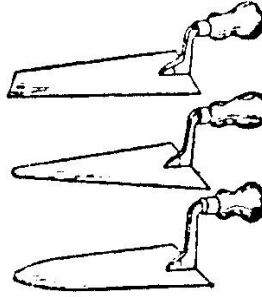
شكل ٢ - ١
الروازق

يتكون الريزق من جزئين .. يمكن التعبير عنهما ، بالجزء العلوي والجزء السفلي للريزق ، أو بريزق علوي وريزق سفلي . يثبت الجزئين العلوي والسفلي للريزق عن طريق دلائل ، كما توضع خوابير في الثقوب المعدة لذلك بحيث يأخذ وضعاً ثابتاً .

يتم اختيار الريزق بالحجم المناسب للنموذج ، بحيث لا تقل المسافات حول النموذج وجدران الريزق عن ٥٠ ملليمتر ، وذلك للسماح بدك الرمل وتماسك القالب .
تصنع جوانب (جدران) الروازق الكبيرة بثقوب مستطيلة متبادلة ، تتشابه مع لوحة الشطرنج ، الغرض من هذه الثقوب هو تخفيف وزن الريزق بالإضافة إلى سهولة خروج الغازات من القالب .

٢. التراولة :

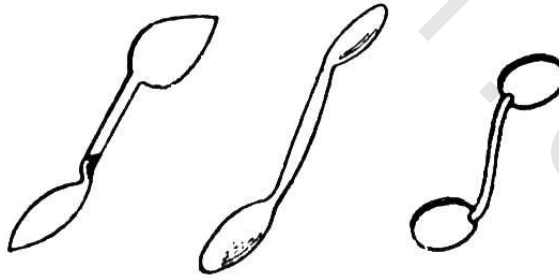
التراولة الموضحة بشكل ٢ - ٢ تشبه المسطرين المستعمل في البناء ، وتستخدم في سوية وتنعيم الأسطح المستوية للقالب بعد تشكيله.



شكل ٢ - ٢
التراولة

٣. ملقعة الرمل :

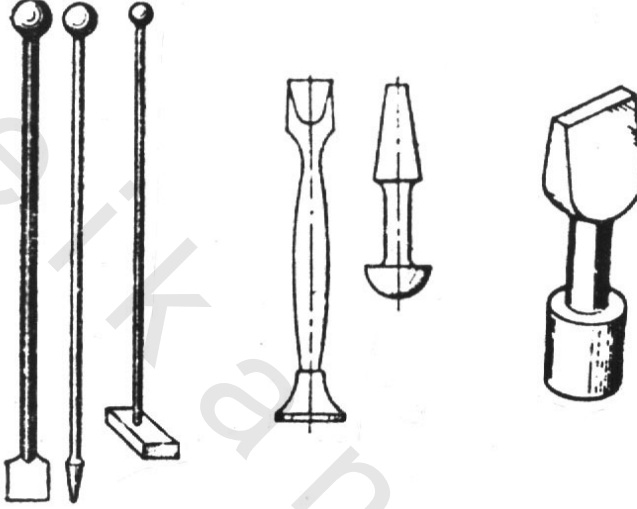
ملقعة الرمل الموضحة بشكل ٢ - ٣ تسمى إسبتولية ، وتستخدم في إزالة حبيبات الرمل الزائدة بغرض تنظيف القالب ، وشق قنوات الصب وعمل الترميمات المختلفة بالقالب ، كما تستخدم في تشطيب الأماكن الضيقة.



شكل ٢ - ٣
ملقعة الرمل

٤. الرملية اليدوية :

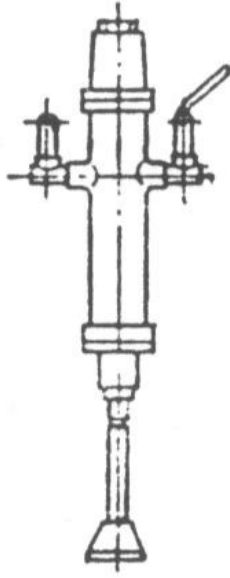
الرملية اليدوية الموضحة بشكل ٢ - ٤ تستخدم في دك الرمل في القالب ، وتوجد بأشكال وأحجام مختلفة مدببة (سهمية الشكل) - مستديرة - مسطحة - مخروطية الخ.



شكل ٢ - ٤
الرملية اليدوية

٥- الرملية الآلية :

الرملية اليدوية الموضحة بشكل ٢ - ٥ تستخدم في دك رمل القوالب الكبيرة ، أو القوالب الأرضية في عمليات الختم الأرضي ، وهي تعمل بالهواء المضغوط.

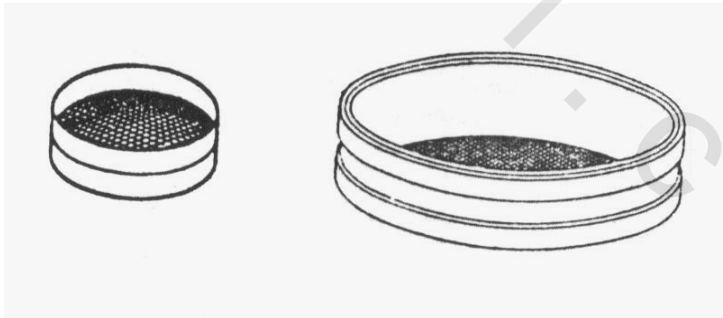


شكل ٢ - ٥

الرمليّة الآليّة

٦. الغربال :

الغربال الموضح بشكل ٢ - ٦ يسمى أيضا بالمنخل ، ويستخدم في تنقية رمل الوجه من خلال حجزه للشوائب والأجسام الغريبة العالقة به ، ولتزويد القالب بالرمل الناعم حول النموذج.



شكل ٢ - ٦

الغربال

٧. المنفاخ :

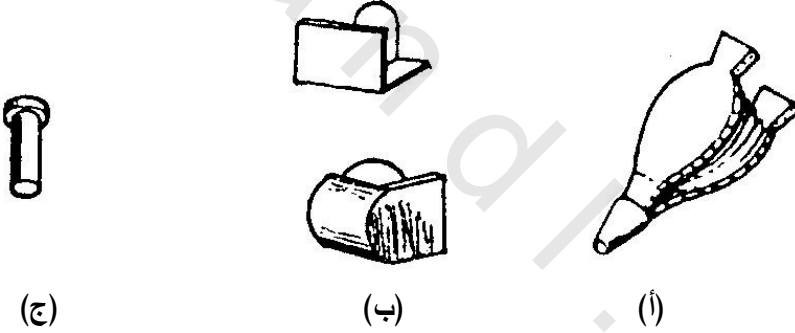
المنفاخ الموضح بشكل ٢ - ٧ (أ) يستخدم في طرد الرمل المتواجد في فراغ القالب.

٨. الركنية :

الركنية الموضحة بشكل ٢ - ٧ (ب) تستخدم لتسوية الأركان وفتح المجارى والقنوات.

٩. المصب والمصعد :

المصب والمصعد الموضحان بشكل ٢ - ٧ (ج) وهما عبارة عن قطعتين من الخشب المشكلين بشكل مخروطي ، بحيث يكون القطر الأصغر لهما مركب في القالب. يستخدمان في عمل فتحتين (قناتين) وذلك لصب المعدن المنصهر ، وخرج الغازات.



شكل ٢ - ٧

بعض الأدوات المستخدمة في السباكة

(أ) منفاخ .

(ب) ركنية .

(ج) المصب أو المصعد .

١٠. الفرشاة :

الفرشاة الموضحة بشكل ٢ - ٨ ، تصنع عادة من الكتان ، تستخدم بعد غمرها في الماء لترطيب أركان وتجاويف القالب قبل سحب النموذج ، لتجنب انهيار الرمل وسهولة خرج النموذج.



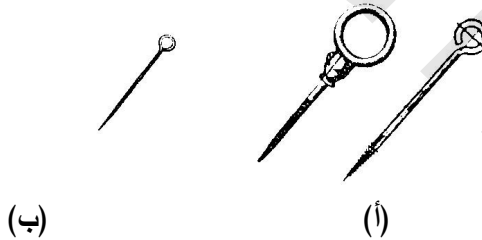
شكل ٢ - ٨
الفرشاة

١١. شوكة الرفع :

شوكة الرفع الموضحة بشكل ٢ - ٩ (أ) هي شوكة ذات أطراف مدببة أو مقلوطة، تستخدم في سحب النموذج من القالب.

١٢. شوكة التنفيس :

شوكة التنفيس الموضحة بشكل ٢ - ٩ (ب) توجد بأشكال مختلفة ، يمكن أن تكون مستقيمة أو منحنية . تستخدم لعمل ثقوب تنفيس بالقالب ، الغرض من هذه الثقوب هو خروج الغازات.



شكل ٢ - ٩

شوكتي الرفع والتنفيس

(أ) شوكة الرفع . (ب) شوكة التنفيس .

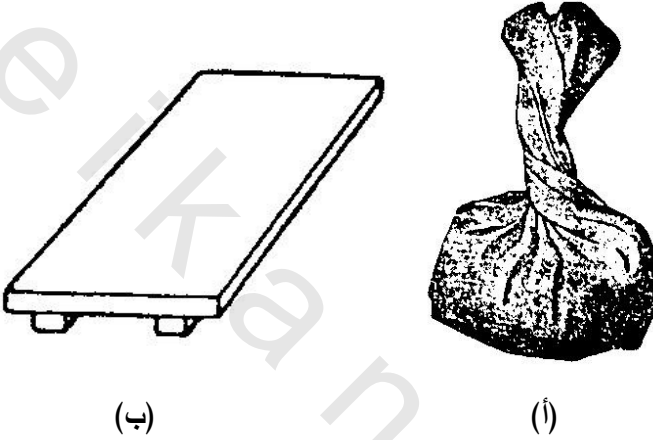
١٣. كيس التغير :

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

كيس التغيرير الموضح بشكل ٢ - ١٠ (أ) الغرض منه هو وضع مسحوق ناعم مثل مسحوق الفحم الخشبي ، أو مسحوق الجرافيت ، لرشه على السطح الفاصل لقالب ، لمنع التصاق جزئي القالب ، كما يرش في تجويف النموذج وعلى الدليك.

١٤. لوحة التشكيل :

لوحة التشكيل الموضحة بشكل ٢ - ١١ (ب) تستخدم لوضع الريزق والنموذج عليها لإعداد القالب.



شكل ٢ - ١٠

بعض الأدوات المستخدمة في السباكة

(أ) كيس التغيرير.

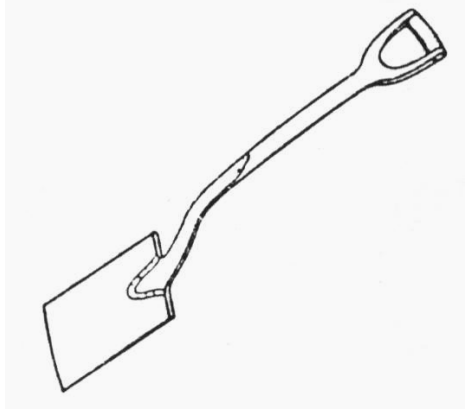
(ب) لوحة تشكيل.

١٥. صندوق الرمل :

يستخدم صندوق الرمل في رفع ونقل الرمل الزائد أو المتهدم من القالب.

١٦. الكريك :

الكريك الموضح بشكل ٢ - ١١ يستخدم في نقل الرمل إلى الريزق.



شكل ٢ - ١١

الكريك

يتحدد استعمال هذه الأدوات حسب طريقة الختم ، ونوع الإنتاج ، والمستوى الفتى بالمسبك . علما بأن المسبك الآلية لا تحتاج إلى معظم هذه الأدوات والمعدات السابق ذكرها.

رمل المسبك

Casting Sand

على الرغم من استخدام القوالب المعدنية في الإنتاج الحديث بالسبابة ، إلا أن حوالي ٩٠% من المسبوكات لا تزال تنتج عن طريق القوالب الرملية.

يتكون الرمل الطبيعي المستخدم في صناعة القوالب والدلائيك من رمل الكوارتز الذي ينصهر عند درجة حرارة حوالي ١٧٧٠ م^٠ ، على هذا الأساس فإن الرمل يعتبر كمادة مقاومة للحرارة ، لذلك فإنه يستخدم في إنتاج مختلف المصبوبات ، ويضاف إليه الطفل كمادة رابطة .. مع بعض الإضافات الأخرى.

مواصفات رمل المسبك :

يجب أن يكون رمل المسبك والخلائط التي تجهز منها قوالب السبابة والدلائيك

بصفات وخواص معينة لكي تتناسب مع عمليات السباكة المختلفة .. وأهم الصفات والخواص التي يجب أن تتوفر في رمل المسبك هي الآتي :-

١. سهل التشكيل :

هي قدرة القالب الذي يحتوى على رمل المسبك على اتخاذ شكل النموذج المختوم بدقة ، والاحتفاظ بهذا الشكل عند سحب النموذج ، علما بأن الرمل المشكل الذي يحتوى على طفل (مواد طينية) يتزايد قدرته على التشكيل عند احتوائه على ماء بنسبة حتى ٨ %.

٢. نفاذية الغازات :

تتميز خاصية النفاذية بالرمل الموجود بالقوالب والداليك ، من خلال المسام التي تشكل نتيجة لشكل حبيبات الرمل المتناثرة ، والتي تؤدي إلى سهولة خروج الغازات والأبخرة الموجودة بالمعدن المنصهر عند تبريده ، للحصول على مسبوكة جيدة ، غير هشة .. أي لا تحتوي على بخرية ، لذلك فإن وجود خاصية النفاذية بالرمل تتوقف على تجانس حبيباته والإضافات الطينية الأخرى ، وقوة الكبس.

٣. مقاومة الحرارة :

تحدد قدرة الرمل على تحمله لدرجة الحرارة العالية للمعادن المنصهرة والمصبوبة في القوالب ، دون أن ينصهر أو يحترق ملتصقاً بسطح المسبوكة.

وعندما تكون مقاومة الرمل للحرارة منخفضة ينتج عن ذلك تكون طبقة من المعدن المحترق على سطح القطعة المسبوكة .. الأمر الذي يؤدي الى تشغيلها وتشطيبها على الآلات القاطعة بتكاليف مرتفعة.

٤. توصيل الحرارة :

يجب أن يكون خاصية الرمل المستعمل في المسبك ذي توصيل حراري منخفض

، لكي يبرد قالب الرمل بعد صبه في وقت كاف ، بحيث لا تتأثر بنية المسبوكات . ولا يمكن استعمال الرمل بحالته الطبيعية لصناعة القوالب والدلائيك ، بل يجب أن يحتوى رمل المسبك على خليط من عدة مواد مختلفة ، تعطى الخواص المطلوبة ، لذلك عند اختيار خلأط الرمل المستخدم في إعداد القوالب يؤخذ في الاعتبار العوامل التالية :-

(أ) نوع المعدن المراد سباكته.

(ب) نوع الرمل المستخدم .. (رمل أخضر - رمل جاف).

(ج) صفة الرمل المستخدمة .. (رمل جديد - رمل قديم).

٥. قوة التماسك :

تحدد قوة تماسك الرمل من خلال مقاومة القالب الرملي للضغوط الناتجة عن صب المعدن المنصهر ، وتتوقف قوة تماسكه على شكل وحجم حبيباته ونسبة ما يحتويه من مواد رابطة كالطين والمواد الرابطة الأخرى.

ويختبر قوة تماسك الرمل من خلال أخذ عينات من الرمل الرطب أو الرمل الجاف ، وقياسها بمختبرات تحتوى على أجهزة خاصة.

٦. طول مدة الاستعمال :

هي قدرة الرمل على الاستعمال لأكثر من مرة في صناعة القوالب ، مع الاحتفاظ بخواصه وقابليته للتجديد.

٧. قابلية للانهيأار :

أي قابلية الرمل للتفكك بعد الانتهاء من صب المعدن وتجمده لغرض الحصول على الجزء المسبوك المنتج.

٨. اقتصادي :

تكاليفه رخيصة الثمن.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

المصطلحات المستخدمة في تسمية رمل المسبك :

لا يمكن استعمال الرمل المستخرج بحالته الطبيعية من الأرض لصناعة القوالب الرملية والدلاليك ، إذ يجب أن يكون الرمل على شكل مخلوط بخواص جيدة ، يمكنه تحمل درجات الحرارة العالية والاجهادات المختلفة . وأهم الرمال المستخدمة في سباكة المعادن هي الرمال الآتية :-

١. رمل الوجه :

هو رمل جديد ، يؤخذ من مصادره الطبيعية ويكون خاليا من الشوائب ، ويتميز بحبيباته الدقيقة وتحمله لدرجات الحرارة العالية.

يستخدم رمل الوجه حول النموذج بسمك لا يقل عن ٢٥ ملليمتر.

٢. رمل المسبك :

هو رمل سبق استعماله في صناعة القوالب لمرة واحدة أو أكثر ، وقد أعيد تجهيزه ويستعمل لمليء القالب الرملي بعد وضع رمل الوجه.

مكونات رمل المسبك : Casting Sand Components

يتكون رمل المسبك من خليط مكون من ثلاثة عناصر أساسية أو أكثر ، لتهيئته ليكون ذو قوام ومطاوعة ، وقد يضاف إلى هذا المخلوط إضافات أخرى تكسبه صفات أفضل .. والعناصر الأساسية لمكونات الرمل هي الآتي :-

١. الرمل : Sand

يوجد بالمخلوط بنسبة من ٥٠ % إلى ٩٥ % من الرمل النقي.

٢. الطفل : Sand

يعتبر الطفل والماء هما المواد الرابطة لرمل المسبك . يحتوى رمل المسبك SAND على نسبة من ٢ % إلى ٥٠ % طفل ، الذي يعتبر المصدر الرئيسي للمطاوعة ومقاومة الإجهادات بالقالب الرملي.

Water : الماء ٣.

يكتسب خليط رمل المسبك المطاوعة (قابليته للتشكيل) عند إضافة الماء بنسبة تتراوح من ١.٥ % إلى ٨ % إلى الخليط المكون من الرمل والطفل.

تحضير خليط الرمل الطازج :

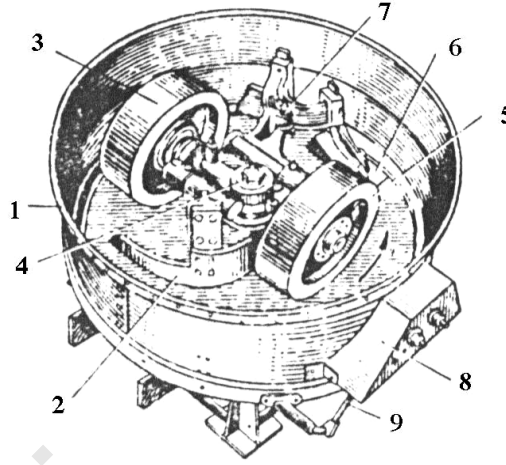
Preparation Of Fresh Sand Mixture

يجفف الرمل الطازج (الرمل الجديد) ويطحن وينخل لفصل الجزيئات الكبيرة والمواد الغريبة المختلفة العالقة به .

يوجد في المسابك الحديثة أفران تجفيف للرمل يمكن أن تكون بشكل رأسي أو بشكل أفقي . تستخدم هذه الأفران لطحن خليط الرمل بصورة أسهل وأسرع.

تجرى عادة تحضير خليط الرمل الطازج في خلاط الرمل كالموضح بشكل ٢ - ١٢ وهو عبارة عن وعاء أسطواني ثابت يحتوي بداخله على عجلتين ذات أسطح خارجية ناعمة ٣ ، ٥ يدوران حول محور رأسي ٤ كما يدوران حول محورهما الأفقي . يتوجه الرمل المصبوب في الوعاء الأسطواني ١ باستمرار عن طريق النصابين الموجهين ، حيث يوجه النصاب ٢ الرمل إلى أسفل العجلة ٣ ، ويوجه النصاب ٧ الرمل إلى أسفل العجلة ٥ ، ثم يتجه الرمل المطحون إلى خارج الوعاء بواسطة النصابين من خلال الفتحتين ٦ المثبتتين على طرفي قاع الوعاء . وتفتح الفتحتين ٦ وتغلقان عن طريق أسطوانات هوائية موضوعة في الصندوق ٨ بواسطة الشدادات ٩ .

ينعم الرمل نتيجة الاحتكاك الشديد للعجلتين بالرمل ، كما تتوزع الرطوبة على الرمل كله توزيعاً منتظماً ، ثم يتوجه الرمل الناعم من الخلاط إلى صناديق خزن لاستخدامها عند اللزوم.



شكل ٢ - ١٢

تحضير الرمل الطازج باستخدام خلاط رمل

١. وعاء أسطواناني.
٢. نصاب.
٣. عجلة.
٤. محور رأسي.
٥. عجلة.
٦. فتحة خروج الرمل.
٧. نصاب.
٨. صندوق.
٩. شدادتين.

تحضير الرمل المستعمل (المحروق) :

Preparation Of Burnt (Used) Sand

يحضر الرمل الذي سبق استعماله بالقوالب الرملية والمستخرج من الروازق من

خلال العمليات التالية :-

١. تكسير كتل الرمل المحترقة بتمريرها في اسطوانات ناعمة آلية.
٢. فصل الجزيئات المعدنية العالقة به باستخدام فاصلات مغناطيسية.

٣. فصل الجزيئات الكبيرة والمواد الغريبة عن طريق استخدام مناخل أسطوانية يدوية، أو مناخل اهتزازية آلية.

رمل الدليك

Core Sand

رمل الدليك هو عبارة عن رمل طبيعي مضافاً إليه مخاليط لتجعله قادراً على تحمل درجات الحرارة العالية والاجهادات المختلفة ، لذلك يجب أن يتوافر فيه خواص ميكانيكية جيدة ليلائم الظروف التي يتعرض لها ، وأفضل تعبير لوصف رمل الدليك هو مخلوط الرمل.

يتميز مخلوط رمل الدليك بالخواص التالية :-

١. سهل التشكيل.
٢. مقاومته مرتفعة للإجهادات ، وخاصة بعد عملية التجفيف والتحميص.
٣. ذو قوام متماسك.
٤. سهولة إزالته من المصبوبات بعد تجمدها.
٥. الاحتفاظ بخواصه عند تخزينه وهو محمص لفترات طويلة.

المواد المستخدمة في صناعة الدلايك :

يعتبر الرمل من المكونات الأساسية بالدلايك ، يضاف إليه مواد رابطة الغرض منها هو تماسك ومتانة الرمل الأخضر وأيضاً الرمل المحمص . يتكون مواد الدلايك من الآتي :-

١. الرمل : Sand

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

٢. المواد الرابطة : Material Binders

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

(أ) المواد الرابطة العضوية : Organic Binder Materials

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

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

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

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

(ج) الماء : Water

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

اختبار رمل الدليك : Core Sand Test

يختبر مخلوط رمل الدليك بالمختبرات الخاصة لسبابة المعادن ، كما يتم ضبط مقادير المخاليط وخاصة المواد الرابطة كالطمي ، وتحدد نسبة الرطوبة والمسامية ، ومقاومة اجهادات الرمل وهو أخضر (رطب) كما تحدد مقاومة مخلوط الرمل المحمص للاجهادات الميكانيكية.

صناعة الدلائك

Cores Manufacturing

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

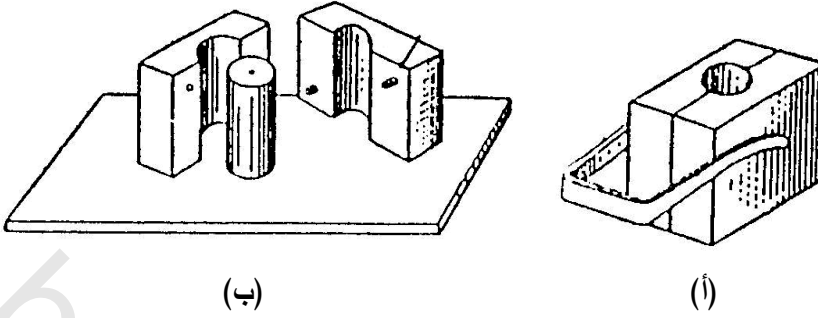
تجهز الدلائك بإحدى طريقتين أساسيتين هما :-

تجهيز الدلائك يدويا : Manual Cores Preparation

تستعمل صناديق لتجهيز الدلائك المختلفة الأشكال والأحجام ، يمكن أن تكون صناديق خشبية أو معدنية . تتكون هذه الصناديق عادة من نصفين متماثلين يمكن توصيلهما مع بعضهما البعض من خلال دلائل خاصة ، ويحكم تثبيتهما باستعمال قامطة كما هو موضح بشكل ٢ - ١٣ (أ).

عند تصنيع الدليك يوضع صندوق الدليك على لوحة خشبية ، ويجمع نصفى الصندوق ويحكم من خلال قامطة ، ثم يوضع مخلوط رمل الدليك من الفتحة العليا للصندوق حتى يمتلأ تماماً ، ويدك جيداً ، ثم تنزع القامطة ، ويبعد نصفى الصندوق عن بعضهما ليظهر الدليك الموضح بشكل ٢ - ١٣ (ب).

أساسيات تكنولوجيا التصنيع



شكل ٢ - ١٣

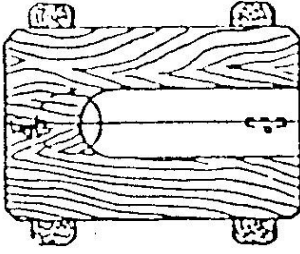
الدليك وصندوق الدليك

(أ) صندوق الدليك.

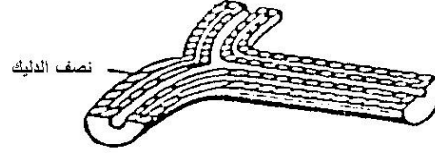
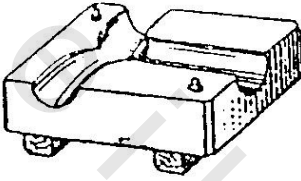
(ب) الدليك بعد تجهيزه.

يمكن صناعة الدليك من قطعة واحدة أو من قطعتين ، كما تصنع الدلائيك ذات الأشكال الصعبة من عدة قطع ، ثم تلصق مع بعضها البعض بمواد رابطة تتحمل درجات حرارة العالية للمعدن المنصهر أثناء صبه بالقالب ، كما يمكن تجهيز الدلائيك ذات الأشكال الخاصة والمعقدة شكل ٢ - ١٤ (أ) وذلك بمليء مخلوط الرمل في كل نصف صندوق على حدة ودكه ، وينزع نصفي الدليكين ، ويجففان ، ثم يلصقان باستخدام مواد لاصقة مناسبة مثل طين الصلصال ، أو ماء ساخن مع نشا . ولتحسين التهوية تثقب الدلائيك وذلك بوضع أسلاك أو أسياخ معدنية بأقطار مناسبة أثناء دك صندوق الدليك ، ثم تسحب الأسلاك أو الأسياخ بعد إتمام عملية الدك ، لينتج فراغ داخلي بالدليك يمثل قناة جيدة للتهوية شكل .

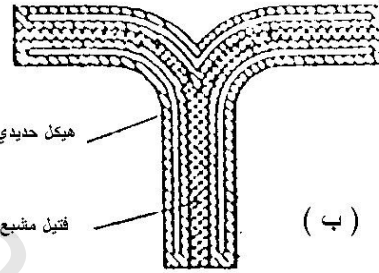
ولصنع مثل هذه القنوات في الدلائيك ذات الأشكال المنحنية ، يوضع فتيل أو فتائل من الشمع أو فتائل من مواد أخرى تنصهر عند تجفيف الدلائيك ، مكونة قنوات جديدة للتهوية شكل ٢ - ١٤ (ب).



أحد نصفي صندوق الداليك

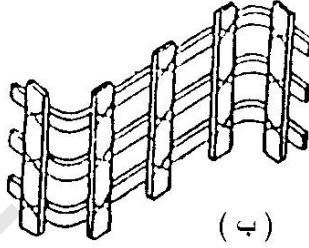
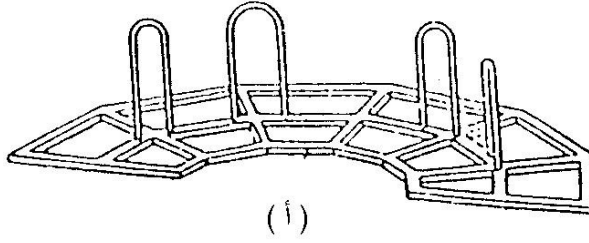


(أ)



(ب)

وعند تجهيز الداليك المكونة من نصفين ، يفضل حفر قناة أو قنوات للتهوية في مستوى سطح الانفصال في إحدى أو في كلي النصفين ، كما يمكن تزويد الداليك المختلفة الأشكال وخاصة الأشكال المعقدة أثناء دكها بهياكل من الزهر المسبوك كما هو موضح بشكل ٢ - ١٥ (أ) ، أو بخوص حديدية مجمعة باللحام كما هو موضح بشكل ٢ - ١٥ (ب) وذلك للرفع من متانتها.



شكل ٢ - ١٥

تجهيز الدلائك ذات الأشكال المعقدة

(أ) تجهيز الدلائك بتزويدها عند دكها بهياكل من الزهر.

(ب) تجهيز الدلائك بتزويدها عند دكها بخوص حديدية مجمعة باللحام.

تجهيز الدلائك باستعمال فورمه :

Preparation Of Cores By Using A Pattern

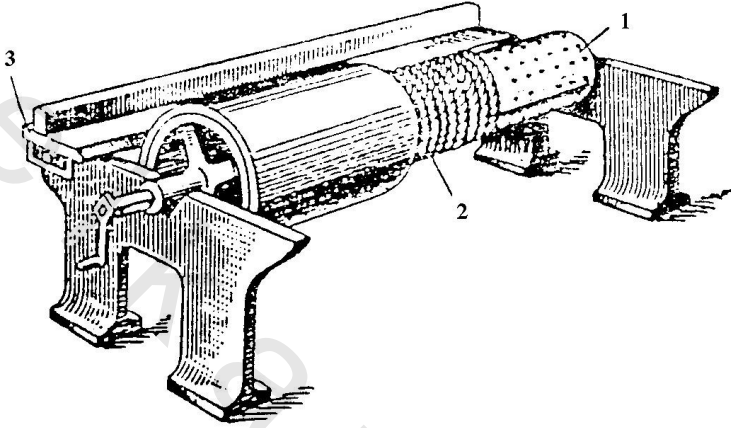
تستعمل لصناعة الدلائك الأسطوانية ذات الأحجام الكبيرة ماكينات خاصة شكل

٢ - ١٦ وهي عبارة عن قاعدتين من الزهر ، يركب عليهما محور معدني مستدير ، ينتهي بمقبض يمكن دورانه باليد.

يركب على المحور المستدير ماسورة كبيرة ١ تحتوي على أعداد كبيرة من الثقوب، ثم يوضع المحور المستدير في تجويف القاعدتين ، ويدار عن طريق المقبض اليدوي.

ولتحسين نفاذية الدليك للغازات ، يلف حبل مجدول ٢ حول الماسورة ١ ، ثم يبلل الحبل بالماء ويحاط بطبقة من المخلوط الرمل الخاص بالدلائك . ويحدد قياس القطر

الخارجي لأسطوانة الدليك أثناء تصنيعها من خلال تثبيت قطعة خشبية ٣ بطول أسطوانة الدليك بالبعد المطلوب . وعند دوران المقبض اليدوي ، يقطع اللوح الخشبي الأجزاء الزائدة بالدليك.. (تتشابه هذه الطريقة بعملية القطع على المخرطة ، حيث يقوم اللوح الخشبي بمثابة قلم المخرطة) ، يستمر إزالة المخلوط الرملي الزائد عن الحاجة ، حتى يأخذ الدليك الشكل الأسطواني بالقطر الخارجي المطلوب.



شكل ٢ - ١٦

تجهيز دليك أسطواني بقطر كبير باستخدام فورمة

١. ماسورة طويلة ذات قطر كبير.

٢. حبل مجدول.

٣. قطعة خشب طويلة.

تجهيز الدلايك آليا : Mechanical Predation Of Cores

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

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

أساليب السباكة

Casting Processes

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

توجد أساليب كثيرة لسباكة المعادن أهمها الآتي :-

١ . السباكة في القوالب الرملية.

٢ . السباكة في القوالب المعدنية.

٣ . السباكة بالطرد المركزي.

٤ . السباكة بالشمع الضائع.

فيما يلي عرض تفصيلي لهذه الأساليب كل منها على حدة.

قوالب السباكة

Casting Mould

القالب هو أداة تشكيل التي يستخدمها فني السباكة ، ولا يمكن عمل مسبوكات جيدة بدون تصنيع قوالب جيدة.

يحتوي القالب على تجويف له شكل وأبعاد القطعة المراد تشكيلها ، ودليك (قلب) الذي يشكل الفراغ الداخلي بالقطعة المسبوكة .. (يستخدم الدليك في حالة المشغولات التي تحتوى بداخلها على فراغات).

يمكن تصنيع قالب السباكة لكي يصب فيه مرة واحدة ، أو ليصب فيه عدة مرات ، أو للإنتاج الكبير بأعداد كبيرة جداً.

أنواع قوالب السباكة : Types Of Casting Moulds

توجد أنواع مختلفة لقوالب السباكة أهمها القوالب الآتية :-

١. القوالب الرملية : Sand Moulds

تسمى بالقوالب الوقتية ، وتستخدم لسباكة قطعة واحدة فقط ، ثم تكسر عند إخراج المنتج المسبوك ، ويمكن استخدام مواد القالب في صناعة قالب آخر جديد . والرمل المستخدم يمكن أن يكون طبيعي أو صناعي ذي مواصفات خاصة.

٢. القوالب الدائمة : Permanent Moulds

تصنع القوالب الدائمة من الزهر العادي أو من الصلب ، وتستخدم في إعادة سباكة أي قطعة مرات عديدة .. أي بإنتاج كمي بالجملة ، ولكن يقتصر استعمالها على إنتاج المسبوكات ذات الأحجام الصغيرة. تصنع بعض أنواع هذه القوالب من الخزف ، وذلك لاستخدامها في الإنتاج المتوسط، حيث أن هذا النوع قادر على سباكة أكثر من ٤٠ قطعة دون أن يستهلك.

٣. القوالب المعدنية : Metal Moulds

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

السباكة في القوالب الرملية

Sand Moulds Casting

للحصول على منتج معدني مصبوب عن طريق سباكة القوالب الرملية ، فإنه يجب القيام بعدة عمليات أساسية هي كالآتي :-

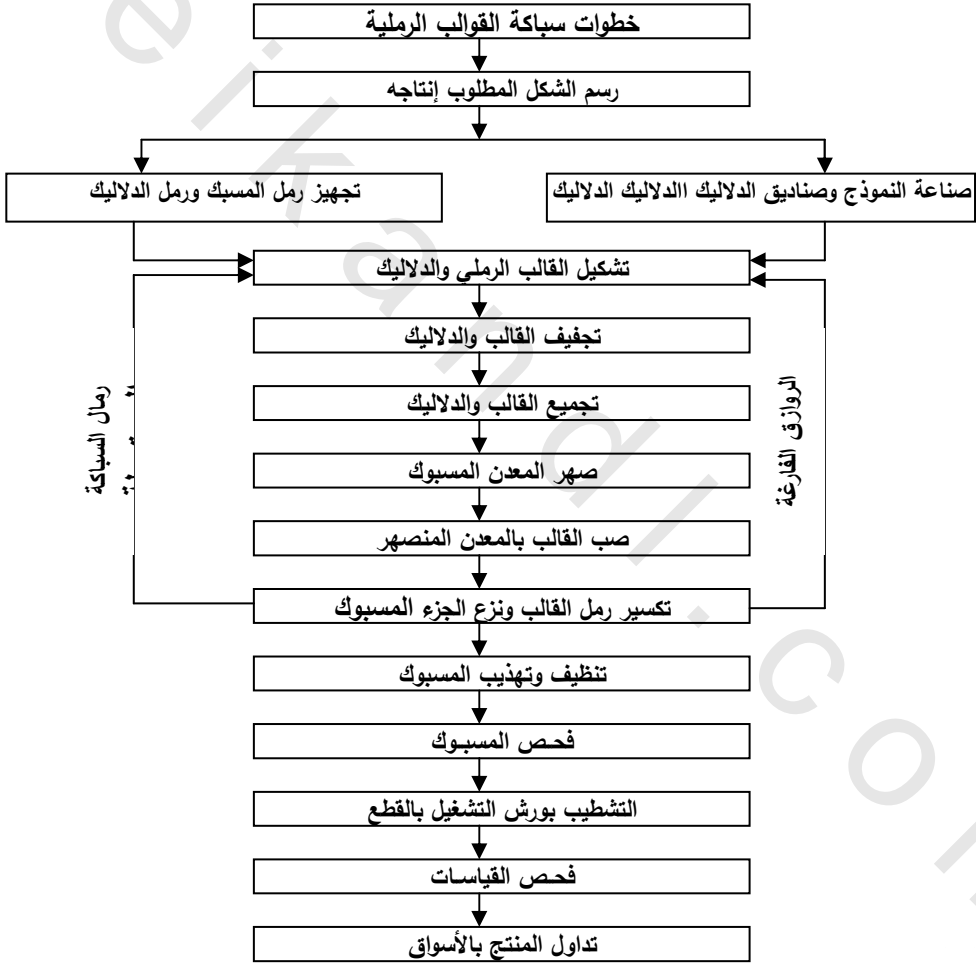
١. تشكيل وتجهيز النموذج.
٢. تجهيز القالب الرملي.
٣. تجهيز الدليك .. في حالة وجود فراغ في الجزء المراد سباكته.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٤. صهر المعدن.
٥. صب المعدن المنصهر في القالب.
٦. نزع القطعة من القالب وتنظيفها.
٧. فحص المسبوكات.

خطوات السباكة الرملية : Steps Of Sand Casting

يمكن تلخيص خطوات العمل لإنتاج المشغولات المختلفة بطريقة السباكة في القوالب الرملية في تسلسل المراحل التالية :-



أولا : تشكيل وتجهيز النموذج Pattern Preparation And Forming

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

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

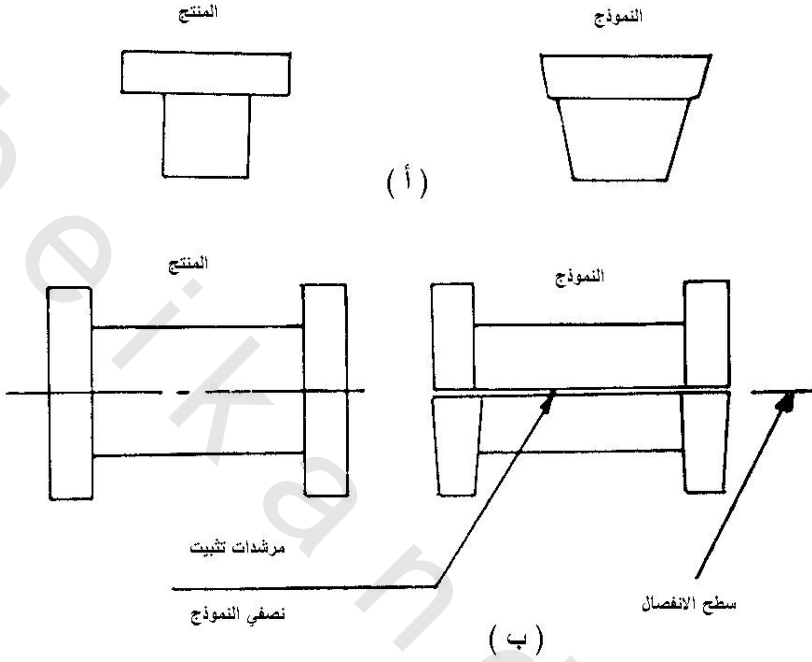
ويوصى القائمين على عمليات السباكة .. من ذوي الخبرات الطويلة ، إنه عند تجميع القطع الخشبية لصناعة النموذج ، أن تكون اتجاه ألياف القطع مخالفة لبعضها البعض ، وذلك للمحافظة على شكل النموذج وعدم التوائه ، كما يفضل أن يطلّى النموذج (الأورنيك) بالزيت أو بالورنيش للمحافظة عليه من الرطوبة ، بالإضافة إلى الحصول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

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

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

يمكن عمل النموذج (الأورنيك) من قطعة واحدة شكل ٢ - ١٧ (أ) ، إذا كان شكل المنتج المطلوب سباكته يسمح بذلك ، ويلاحظ أن النموذج يشكل بإستدقاق ..

(بزاوية ميل) وذلك لسهولة نزعها من القالب دون تشوه الفجوة ، كما يمكن تشكيل النموذج من قطعتين أو أكثر شكل ٢ - ١٧ (ب) في حالة تعذر تشكيله من قطعة واحدة.



شكل ٢ - ١٧

تجهيز النموذج بشكل يناسب المشغولة المراد سباكتها

(أ) نموذج من قطعة واحدة.

(ب) نموذج من قطعتين.

الشروط الواجب مراعاتها عند تصنيع النماذج :

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

١. سماح الانكماش : Shrinkage Allowance

يجب أن يكون أبعاد النموذج أكبر قليلا من أبعاد الشكل المطلوب سباكته ، وذلك لتعويض مقدار الانكماش الذي يحدث للمعدن بعد تجمده ، ومن ثم فإن فني النماذج يوضع كل أبعاد النموذج باستخدام مسطرة خاصة تسمى بمسطرة الانكماش الموضحة بشكل ٢ - ١٨ .

مثال :

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

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



شكل ٢ - ١٨

مسطرة الانكماش

وفي حالة النحاس الأصفر ، والمعادن الأخرى فإنه يتم تعويض الانكماش في الطول على مساطر أخرى بنفس الكيفية طبقا لنسبة الانكماش بكل معدن .
فيما يلي الجدول ٢ - ١ الذي يوضح الانكماش التقريبي الذي يحدث لبعض المعادن.

جدول ٢ - ١

الانكماش التقريبي لبعض المعادن

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

٢. سماح التشغيل : Machining Allowance

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

٣. سماح السحب : Drawing Allowance

عند سحب (نزع) النموذج من القالب ، قد تتسبب الأسطح الرأسية في انهيار أو تشويه شكل الفجوة المشكلة ، ويمكن تلافي ذلك من خلال تصنيع الأسطح الرأسية بالنموذج بإستدقاق (بزواوية ميل بسيطة من ١ إلى ٣ درجات) ، وذلك لتهيئة خلوص بين النموذج والقالب الرملي في اللحظة التي يبدأ فيها سحب النموذج.

٤. دوران الأركان : Fillets

يراعى تجنب تصنيع النموذج بأركان حادة ، لتجنب انهيار القالب عند سحب

النموذج . لذلك يجب تصنيع النماذج بصفة عامة بحيث تكون أركانها مستديرة.

٥. ركائز الدليك : Core Prints

عند سبابة مشغولة بها تجويف ، فإنه يجب تشكيل دليك من الرمل له شكل وأبعاد التجويف ، مع الأخذ في الاعتبار الأبعاد المعادلة لحساب السماحات اللازمة ، كما يجب تزويد النموذج بركائز لكي تعمل على صنع فجوة يرتكز عليها الدليك (القلب) ، وذلك لضمان دقة وصنع الدليك بالنسبة لفرغ النموذج.

٦. سطح الاتصال : Parting Surface

عند تصنيع النموذج المكون من جزأين يراعى اختيار سطح الاتصال بحيث يمكن تجميع كلا الجزأين مع بعضهما البعض بسهولة عن طريق مرشحات التثبيت بكل منهما.

كما يؤدي هذا السطح ، وهو سطح الاتصال والانفصال ، على إخراج كلا جزئي النموذج من القالب الرملي بجزئي الريزق بسهولة.

خواص النموذج : Pattern Properties

يجب صناعة النماذج المختلفة (الآرائيك) من مواد بالخواص التالية :-

١. سهولة التشكيل.
٢. خفيفة الوزن.
٣. مقاومة للتآكل.
٤. يمكن طلاء أو صقل أسطحها.
٥. لا تتأثر أبعادها بالرطوبة.

ثانيا : تجهيز القالب الرملي Sand Moulding Preparation

تسمى هذه الطريقة بطريقة السبابة في القوالب الرملية أو الختم في الريزق ، حيث تجرى عملية تجهيز القالب الرملي لإنتاج المسبوك بالشكل المطلوب باستخدام

ريزق بالحجم المناسب ، بحيث لا تقل الأبعاد حول النموذج وجدران الريزق عن ٥٠ ملليمتر، وذلك للسماح لعملية الدك حول النموذج ، لئتماسك القالب الرملى . ويتم طبع (ختم) القالب من خلال تسلسل خطوات العمل الموضحة بشكل ٢ - ١٩ وهى كالآتي:-

١. يوضع النصف الأسفل للنموذج على اللوحة الخشبية ، بحيث تكون في وسط الريزق تماما.

٢. يوضع الرمل المستخدم في صناعة القالب في الريزق مع الدك بعناية حول النموذج وباقي الريزق ، بحيث يبدأ بالرمل الجيد وينتهى برمل المسبك المستعمل ، حتى يمتلئ الريزق تماما ، ويسوى سطح الريزق بعد دكه جيدا باستعمال مسطرة مستوية.

٣. يرفع الجزء الأسفل للريزق بمحتوياته مع اللوحة الخشبية ويقطب بحيث يكون نصف النموذج في قمة الريزق ، وينظف السطح بفرشاة تنظيف.

٤. يوضع النصف الثاني للنموذج فوق النصف الأول كما هو موضح بشكل (د) ، ويضمن انطباق جزئي النموذج اعتمادا على دلائل تثبيت النموذج ، كما يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بذلك ، ويرش السطح برمل فصل أو بمسحوق فحم.

٥. توضع خشبتي المصب والمصعد في مكانهما ، ويمكن تثبيتها بوضع كمية من الرمل حولهما ، ويوضع الرمل داخل الجزء العلوي للريزق ، ويدك جيدا ، كما حدث في الجزء الأسفل للريزق ، حتى يصل تماسك الرمل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية.

٦. يرفع الريزق العلوي ، وينزع نصف النموذج من جزئي الريزق السفلي والعلوي بحرص شديد حتى لا يتهدم الرمل كما هو موضح بشكل (هـ ، و).

٧. تعالج الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح ويرش مسحوق الفحم الخشبي

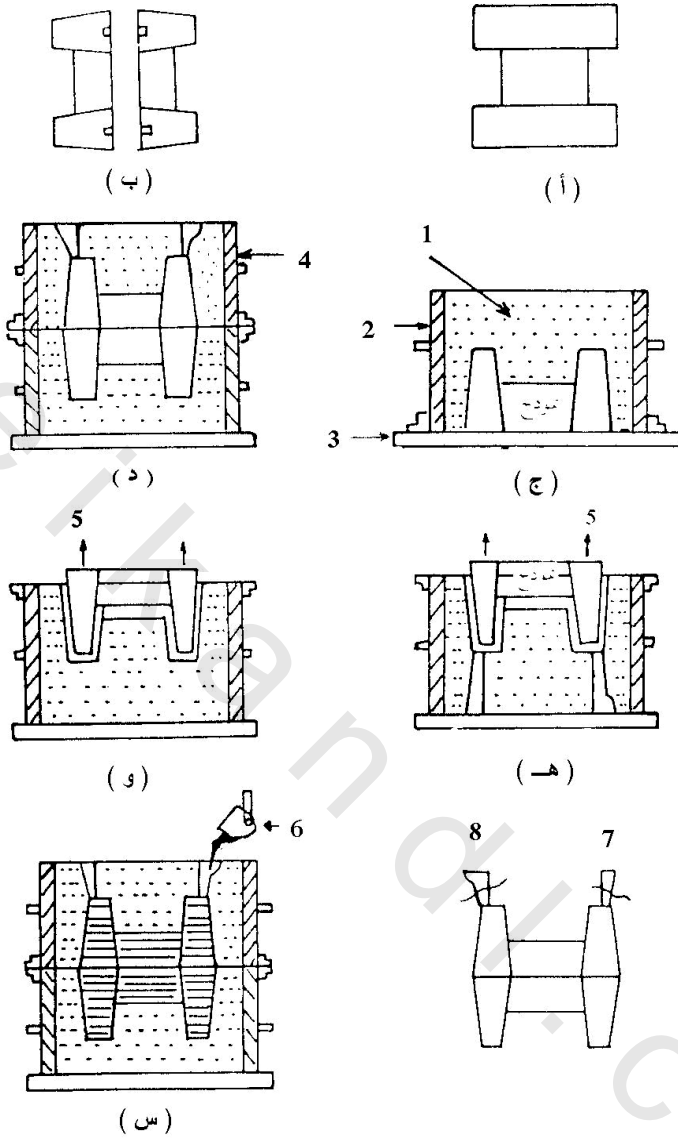
لنعومة أسطح الجزء المسبوك.

٨. التأكد من عدم انسداد فتحة الصب واتصالها فجوة القالب.

٩. يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بالريزق.

١٠. توضع أثقال لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.

١١. يجفف القالب في أفران التجفيف للتخلص من الرطوبة الزائدة ، وبذلك يزداد تماسكه وترتفع مقاومته للإجهادات ويكون القالب في هذه الحالة جاهز لصب المعدن . ومن ثم يصب المعدن المنصهر في فتحة الصب بالقالب الرملي كما هو موضح بشكل (س).



شكل ٢ - ١٩

تسلسل خطوات تجهيز القالب الرملي بالريزق

(أ) الجزء المطلوب سباكته .

(ب) نموذج من جزئين .

١. رمل.
٢. الجزء الأسفل للريزق.
٣. لوحة خشبية مستوية.
٤. الجزء العلوي للريزق.
٥. نزع نصف النموذج من جزئي الريزق العلوي والسفلي.
٦. صب المعدن المنصهر في قالب.
٧. مجري الصب.
٨. مجري المصعد.

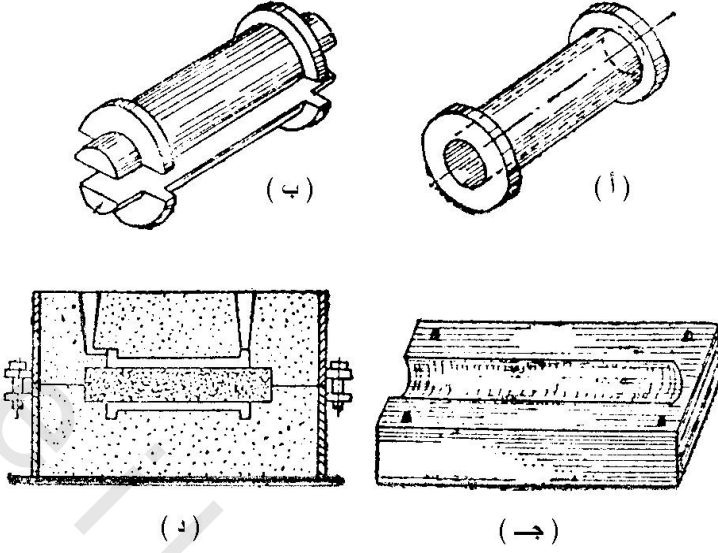
أما القوالب التي تستخدم لأكثر من مرة بمعدن من سبيكة واحدة ، فيمكن صنعها من الجبس أو المصيص ، بحيث يمكن فتحها وإخراج الجزء المسبوك منها ، ثم تفلق لاستخدامها في السبيكة التالية دون أن تتهدم أو تتشوه . كما تصنع قوالب متشابهة من حديد الزهر لاستخدامها في الإنتاج الكمي .. أي لعدة آلاف من المسبوكات.

ثالثا : تجهيز الدلييك Preparation Of Core

يمثل الدلييك التجويف الداخلي للقطعة المراد سباكتها ، مضافا إليها ركائز تساعد على تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب ، لذلك فإن شكل النموذج يكون مماثلا لشكل القطعة المراد سباكتها مضافا إليها الدلييك وركائزه ، حيث يتم تجهيز الدلييك داخل صندوق الدلييك الذي يصنع في أثناء صناعة النموذج.

ويوضح شكل ٢ - ٢٠ الماسورة (أ) بها تجويف ، لذلك يجب تجهيز النموذج (ب) من جزئين بحيث يلتقيان عند السطح الفاصل بين الجزء العلوي والسفلي بالريزق ، كما يجب صنع صندوق الدلييك كما هو موضح لأحد نصفيه المتماثلين (ج) ، كما يوضح (د) القالب يحتوى بداخله على الدلييك الذي يكون التجويف الداخلي للماسورة ، ويثبت بشكل أفقي .. لذلك يسمى بالدلييك الأفقي . ويكون القالب في هذه الحالة جاهز للصب بعد تجفيفه.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

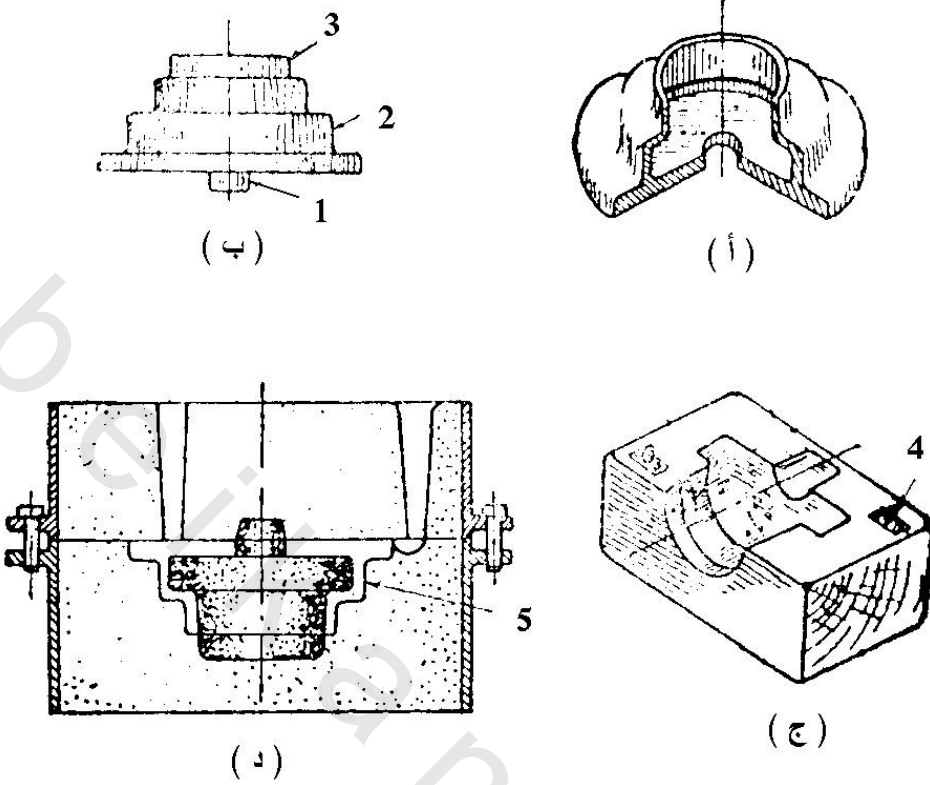


شكل ٢ - ٢٠

تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل أفقي

- (أ) ماسورة بها تجويف.
- (ب) نموذج من جزئين يحتوي علي ركائز.
- (ج) أحد نصفى صندوق الدليك.
- (د) القالب الرملي يحتوي بداخله علي دليك مثبت بوضع أفقي.

علما بأن الدليك يثبت في كثير من الأحيان بوضع رأسي كما هو موضح بشكل ٢١ - ٢ الذي يوضح قطاع للجزء المطلوب إنتاجه (أ) حيث ثبت القالب الذي يحتوي بداخله على الدليك بشكل رأسي.



شكل ٢ - ٢١

تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل رأسي

(أ) قطاع في النموذج المطلوب سبأكته.

(ب) النموذج المشكل ويحتوى على ركيزة الدليك.

(ج) أحد نصفى صندوق الدليك.

(د) القالب معد لصب المعدن المنصهر.

١. ركيزة الدليك السفلي.

٢. النموذج.

٣. ركيزة الدليك العليا.

٤. مسمار تثبيت صندوق الدليك.

٥. فجوة الصب للجزء المطلوب سبأكته.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

رابعاً : صهر المعادن Metals Melting

تعتبر عملية صهر المعادن وإجراء عملية الصب بالطرق الصحيحة من أهم عناصر المسبوكات الجيدة ، حيث يجب صهر المعدن دفعة واحدة ، وليس على مراحل متقطعة ، وفصل الخبث عن المسبوكات ، كما يجب أن تتميز السبائك المستعملة بخواص جيدة.

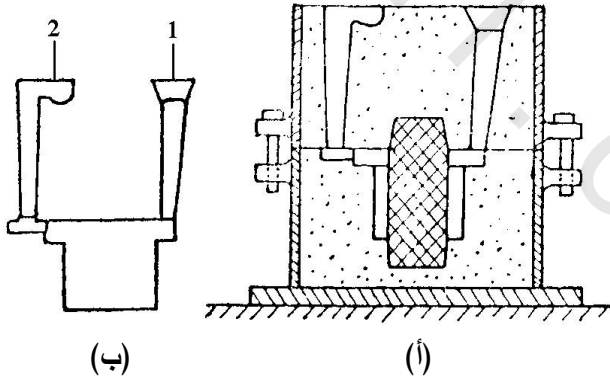
خامساً : صب المعدن المنصهر في القالب Metals casting

يصب المعدن المنصهر في فراغ النموذج المعد بالقالب مع ملاحظة أن يكون معدل تدفق المعدن المنصهر بتغذية مناسبة ومستمرة بدون إنقطاع.

سادساً : نزع القطعة المسبوكة وتنظيفها

Removing And Cleaning Of A Coasted Work piece

بعد تجمد الجزء المسبوك تماماً ووصول تبريده إلى الدرجة المناسبة ، يكسر القالب الرملى عن طريق ماكينات هزازة خاصة ، ويمكن الاستفادة من رمل القالب واستخدامه بعد خلطه مرة أخرى . ومن خلال تكسير القالب الرملى يظهر الجزء المسبوك المنتج ملتصقا به رؤوس التغذية (قناتي الصب والمصعد) كما هو موضح بشكل ٢ - ٢٢ ، كما يوجد على أسطحه قدراً من الرمل المحترق والملتصق به .



شكل ٢ - ٢٢

شكل الجزء المسبوك بعد خروجه من القالب الرملي

(أ) القالب الرملي.

(ب) الجزء المسبوك.

١. قناة الصب.

٢. قناة المصعد.

تجرى عملية تنظيف الجزء المسبوك على مرحلتين هما :-

المرحلة الأولى :

تشتمل على إزالة (فصل) لقنوات رؤوس التغذية وأي زوائد أخرى ، ويستخدم لهذا الغرض مطارق مناسبة للطرق - مناشير يدوية - قرص التجليخ القاطع - ماكينات القطع باللهب (الأكسوجين والإستيلين) .. ولتجنب مثل هذه العمليات التي قد تحدث تلفيات بالجزء المسبوك عند إزالة رؤوس التغذية ، يفضل تصغير أقطار مداخل مجارى قناتي الصب والمصعد عند إعداد القالب الرملي .. بحيث يكون بشكل مخروطي (قطره الأصغر ملاصقا بالجزء المصبوب) ، أو بأي شكل يسهل إزالته بالطرق بعد تجمده.

المرحلة الثانية :

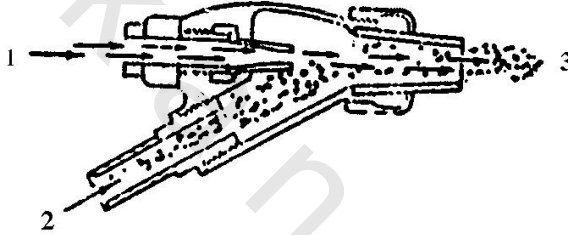
تشتمل على إزالة الرمل المحترق والمللتصق بأسطح الجزء المسبوك ، وتتم هذه العملية بإحدى الطرق التالية :-

(أ) يوضع الجزء المسبوك على ماكينة هزازة وذلك للتخلص من الرمل الموجود بالفراغات الداخلية وما بها من دلائيك.

(ب) تقليب المسبوكات عن طريق ماكينات تحتوى على طواحين أو براميل خاصة ، بحيث ترتب المسبوكات بأوضاع تمنع الحركة بين القطع لعدم كسرها، ويضاف قطع صغيرة على شكل كرات معدنية ، تساعد هذه القطع على عملية تنظيف المسبوكات وتلميعها أثناء دوران البرميل ، بالإضافة

إلى التخلص من الزعانف والزوائد الأخرى ، كما تؤدي هذه العملية إلى مميزات أخرى وهي تخفيض الاجهادات الموجودة بالمسبوكات بعد تجمدها، والتي تنشأ نتيجة تقلصها من حالة الانصهار إلى حالة التجمد.

(ج) التنظيف بطريقة القذف بالرمل ، حيث يتم تنظيف المسبوكات بهذه الطريقة باستخدام مسدس هواء مضغوط قاذف للرمل شكل ٢ - ٢٢ ، حيث يمر الهواء المضغوط من خلال غرفة بها خليط من الرمل ومجروش معدني ، يندفعان بصورة عاصفة قوية شديدة ، وتسقط على المسبوكات فتتنظفها . وبعد الانتهاء من عملية تنظيف المسبوكات من الرمل الملتصق بها ، تهذب أماكن كسر المصبوبات والزعانف والزوائد الغير مرغوب فيها.



شكل ٢ - ٢٣
مسدس قاذف للرمل

١. هواء مضغوط.

٢. خليط من الرمل ومجروش معدني.

٣. الخليط بصورة عاصفة شديدة الاندفاع.

سابعاً : فحص المسبوكات CASTING INSPECTION

تجرى عملية فحص للمسبوكات بعد الانتهاء من تنظيفها ، وتعتمد طريقة الفحص على الموصفات الفنية الموضوعية ، ومن الطبيعي كلما كانت المواصفات أكثر دقة .. كلما ارتفع ثمن المنتج . وتتفاوت عمليات الفحص وذلك حسب درجة أهمية

المسبوكات المنتجة والتي تتضمن إحدى أو كل العمليات التالية :-

(أ) الفحص النظري : Theoretical Inspection

تكتشف العيوب بمجرد النظر للمسبوكة مثل الشروخ ، أو عدم إكمال المسبوك ، أو عدم تطابق المسبوك مع الشكل المطلوب .. وما شابه ذلك من عيوب.

(ب) الفحص بأدوات القياس : Inspection By Measuring Tools

تراجع الأبعاد والأقطار باستخدام أدوات القياس المناسبة.

(ج) الفحص الكيميائي : Chemical Inspection

للتأكد من مطابقة مواصفات المعدن المسبوك مع المواصفات المطلوبة .

(د) الفحص الميكانيكي : Mechanical Inspection

للتأكد من اكتساب المسبوك الصفات الميكانيكية المطلوبة .

(هـ) الفحص الإشعاعي : Radiological Inspection

يتم ذلك عن طريق أشعة إكس ، أو باستخدام الموجات فوق الصوتية ، للكشف عن احتمال وجود شروخ أو فجوات دقيقة ، أو جيوب من الرمل داخل الجسم المسبوك.

طرق تجهيز القوالب الرملية

Ways Of Preparing Sand Mould

ختم النماذج

Pattern Stamps

تجهز النماذج حسب شكل وأبعاد الجزء المراد سباكته ، مع الأخذ في الاعتبار إضافة الأبعاد المعادلة لحساب الانكماش المتوقع والزيات الأخرى .

تمثل عمليات السباكة في الرمال حوالي ٩٠ % من إنتاج المسبوكات . تجري عملية تجهيز القوالب الرملية بطرق مختلفة ، ويتوقف اختيار الطريقة المناسبة على حجم وعدد المشغولات المطلوب إنتاجها .

فيمل يلي عرض لأنواع القوالب الرملية المختلفة وطرق تجهيزها .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

١. الختم في الريزق : Flask Stamp

تعتبر طريقة استخدام الروازق لتجهيز القوالب الرملية من أكثر أنواع الطرق انتشاراً وخاصة للمسبوكات ذات الأحجام الصغيرة والمتوسطة ، كما يمكن استعمال هذه الطريقة في جميع حالات تجهيز القوالب تقريباً .
.. سبق عرض هذه الطريقة.

٢. الختم في الأرض : Ground Stamp

يمكن تجهيز قوالب السباكة للمشغولات ذات الأحجام الكبيرة في أرضية الورشة، وتعتبر هذه الطريقة من إحدى أنواع الختم اليدوي.

يجهز القالب الرملي في الأرض مباشرة ، وتسمى في هذه الحالة بالفرش .
وشكل ٢ - ٢٤ يوضح الجزء المراد سباكته وهو غطاء كرسي محور ، حيث بختم النموذج ١ بأعلى طبقة الفحم الكوك ٢ وينثر رمل الفصل على سطح الرمل المدكوك حول النموذج ، ثم يوضع فوق النموذج ١ الريزق ٣ ، ويثبت الريزق من خلال أربعة أوتاد تثبت بالأرض جيداً وهم الموضحين برقم ٤ ، وذلك لسهولة رفع الريزق بعد الانتهاء من ختم النموذج ، وإعادة تثبيته في مكانه عند تجميع القالب.

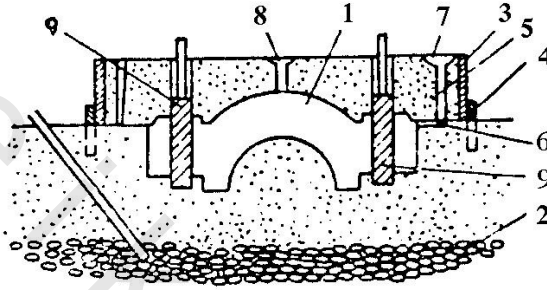
يشكل بالقالب قناة الصب ٥ وقده الصب ٧ وقناة المصعد ٨ ، ويوضع الرمل داخل الريزق ويدك جيداً حتى يتماسك ويصل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية ، ويثقب القالب بثقوب بواسطة شوكة التنفيس والتي تسمى بفتحات تهوية .. الغرض منها هو خروج الغازات وتحسين تهوية القالب.

يرفع الريزق بمحتوياته ويقلب ، وترمم الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح، ويرش بمسحوق ناعم من الفحم الخشبي ، ويشق في النصف الأسفل للقالب في الأرض قناة التغذية ٦ لوصول المعدن المنصهر إلى النموذج.

ينزع النموذج من القالب بحرص شديد حتى لا يتهدم ، وترمم الأجزاء التي

تهدمت، وتسوى الأسطح ، وترش بمسحوق الفحم الخشبي لنعومة أسطح الجزء المسبوك.

ويوضع الدليكين ٩ اللذان يمثلان الثقبان ، ويعاد وضع الريزق في مكانه تماما، ويجفف القالب للتخلص من الرطوبة ولزيادة تماسكه وارتفاع مقاومته للجهودات وفي هذه الحالة يكون القالب الأرضي جاهز لصب المعدن.



شكل ٢ - ٢٤

ختم لنموذج غطاء كرسي محور في الأرض

١. النموذج.
٢. فحم كوك.
٣. ريزق.
٤. أوتاد.
٥. قناة الصب.
٦. قناة تغذية.
٧. قذح الصب.
٨. قناة المصعد.

٣. الختم بالفورمة : Pattern Stamp

عند إنتاج المسبوكات المفردة ذات الأشكال المستديرة ، يفضل تشكيل القالب الرملي بختم الفورمة باستخدام نماذج إزاحة وذلك من خلال تسلسل خطوات العمل النموذجية الموضحة بشكل ٢ - ٢٥ وهي كالآتي :-

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

١. تثبيت القاعدة ١ على مسافة مناسبة من سطح أرض المسبك ، يركز عليها عمود رأسي ذي قطع مستديرة ٢ ، بحيث تسمح القاعدة ١ للعمود ٢ بالحركة الدائرية حول المحور العمودي.

٢. توضع كمية من رمل المسبك حول العمود المستدير (الماسورة) وتذك جيداً ، مع ضمان وضع الماسورة بشكل عمودي .

٣. يثبت على العمود الرأسي الذراع ٣ ونموذج الإزاحة (الفورمة) ٤ .

٤. بدوران نموذج الإزاحة (الفورمة) ٤ يقشط الرمل الزائد ، كما يشكل السطح العلوي للقلب الرملي بشكل abcde كما هو موضح بشكل (ب) ، وهو نفس شكل نموذج الإزاحة (الفورمة) ٤ ، ويمكن تحديد الارتفاع اللازم (للفورمة) عن طريق تثبيت مسمار الزنق ٥.

٥. بعد تشكيل السطح العلوي للقلب الرملي بشكل نموذج الإزاحة abcde ، ينزع الذراع ٣ مع نموذج الإزاحة ٤ ، ويرش السطح برمل الفصل ، وأحياناً يغطي السطح بورق رقيق.

٦. يوضع الريزق على الرمل المشكل ويثبت بأربعة أوتاد ، وذلك لسهولة رفع الريزق بعد الانتهاء من ختم (الفورمة) وإعادة تثبيته في مكانه مرة أخرى ، ويملاً الريزق برمل المسبك.

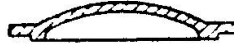
٧. توضع خشبتي المصب والمصعد في أماكنهما شكل (ج) ، ويدك القلب الرملي بالريزق جيداً ، حتى يتماسك ويصل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويثقب القلب بشوكة النفس التي تسمى بفتحات التهوية لخروج الغازات ولتحسين تهوية القلب .

٨. تنزع خشبتي المصب والمصعد بحرص شديد ، ويرفع الريزق.

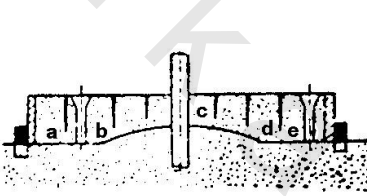
٩. يركب نموذج الإزاحة الثاني الموضح برقم ٦ وبدورانه يقشط الرمل الذائد ، كما يعمل على تساوي سمك جسم الغطاء ويشكل السطح الأسفل للقلب كما هو موضح

بشكل (د).

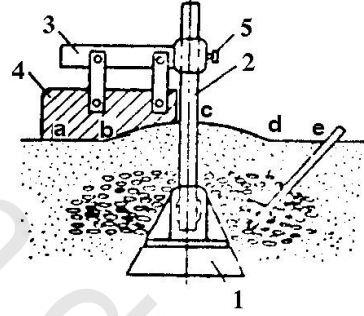
١٠. ينزع نموذج الإزاحة ٦ والعمود الرأسي ٢ ، ويسد الثقب الذي كونه المحور العمودي ، وتشق قناة للتغذية وذلك لوصول المعدن المنصهر من قناة الصب إلى النموذج ، ويرش بمسحوق الفحم الخشبي لنعومة أسطح الجزء المسبوك .
١١. يوضع الريزق في مكانه تماما شكل (هـ) ، وتوضع أقداح على قناتي الصب والمصعد . وفي هذه الحالة يكون القالب جاهز لصب المعدن.



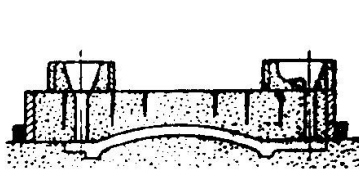
(أ)



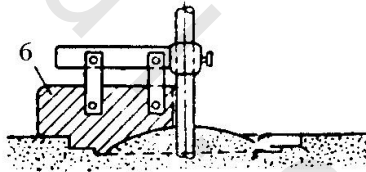
(ب)



(ج)



(د)



(هـ)

شكل ٢ - ٢٥

تسلسل خطوات الختم باستخدام نماذج الإزاحة (الفورمة)

١- قاعدة.

٢- عمود رأسي مقطعة مستديرة (ماسورة).

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٣- ذراع.

٤- نموذج إزاحة (الفورمة الأولى).

٥- مسمار زنق.

٦- نموذج إزاحة (الفورمة الثانية).

abcde شكل نموذج الإزاحة الأول ، وشكل السطح المشكل.

(أ) الجزء المطلوب سباكته.

(ب) استخدام نموذج إزاحة (فورمه) في عملية تشكيل السطح العلوي للقالب الرملي.

(ج) وضع الريزق وتثبيتته بأربعة أوتاد.

(د) استخدام نموذج إزاحة (فورمه أخرى) في تشكيل السطح الأسفل للقالب الرملي ، كما يعمل علي تساوي الجزء المطلوب سباكته.

(هـ) تجميع القالب بوضع وتثبيت الريزق العلوي بمكانه تماماً علي الريزق السفلي ، ليكون جاهز لصب المعدن.

٤- الختم بالماكينات : Machines Stamp

تنتج المسبوكات ذات الأحجام الصغيرة والمتوسطة عن طريق نماذج وقوالب رملية، ولإنتاج أعداد كبيرة من المسبوكات المتكررة المتماثلة ، يتطلب ذلك فنيين من ذوي الخبرات العالية ، هذا بالإضافة إلى الجهد العضلي الكبير المبذول في التشكيل اليدوي، من حيث إعداد القوالب الرملية ودكها وشق قنوات التغذية الخ.

ومع التطور المستمر الذي يسير بخطوات واسعة وسريعة في جميع المجالات الصناعية ، فقد كانت صناعة سباكة المعادن لها نصيب من هذا التطور ، حيث ظهرت الماكينات المختلفة مثل ماكينة تشكيل القوالب ، التي حررت فني السباكة من العمليات الشاقة والدقيقة.

تميزت هذه الماكينات بتشكيل القوالب الرملية آلياً ، ومن ثم فإن مسبوكاتها أكثر انتظاماً بالمقارنة بالمسبوكات المماثلة المنتجة باليد ، فضلاً على أنها أكثر دقة حيث يمكن إنتاج مسبوكات في حدود تفاوتات ضيقة ، وبالتالي خفض وزن المصبوبات ،

والاقتصاد في الخامات المستعملة . وبطبيعة الحال فإنه يمكن تصنيع أي قالب بالماكينات في زمن أقل مما يستغرق عندما يشكل باليد . هذا يعني زيادة القدرة الإنتاجية ، مع الانخفاض في التكاليف.

لذلك فإن الختم بالماكينات من أفضل طرق الختم في المسابك الحديثة وخاصة للإنتاج المتماثل بالجملة .. (الإنتاج الكمي).

مميزات الختم بالماكينات :

تعتبر طريقة الختم بالماكينات من أهم الطرق المستخدمة في المسابك الحديثة، وخاصة في إنتاج المسبوكات المتماثلة بالجملة (الإنتاج الكمي) .. ويمكن تلخيص مميزاتها في الآتي :-

- ١ . دك القالب الرملي وإخراج النموذج بطريقة آلية دون إفساد للقالب.
- ٢ . تحسين ظروف عمل فني السبابة ، الذي تحرر من عدد من العمليات الشاقة ، والعمليات الأخرى الدقيقة.
- ٣ . الحصول على قوالب متماثلة الكثافة ، ذات مقاومة عالية.
- ٤ . انخفاض كبير في الأجزاء المعيوبية.
- ٥ . إمكانية إتقان الفنيين العمل على الماكينات بسرعة ، في حين أن إتقان عملية الختم اليدوي تتطلب مهارة عالية أو خبرة طويلة.
- ٦ . إمكانية إنتاج مسبوكات بأعداد كبيرة متماثلة بالجملة (إنتاج كمي) بأقل تفاوت ممكن ، مع الدقة في المقاسات والجودة العالية للأسطح ، في زمن أقل.
- ٧ . اقتصادي .. أقل في التكلفة.

نظام الصب

Casting System

أثناء إعداد القالب الرملي ، تشكل عدة قنوات بالقالب ، الغرض من هذه القنوات هو الحصول على منتج مقبول .. أي الحصول على جزء مسبوك بطريقة صحيحة ، من خلال صب المعدن المنصهر لملء التجويف المشكل بالقالب الرملي ، بحيث يضمن إبعاد ما قد يقع فيه من خبث ، وملء القالب بالمعدن بتغذية مستمرة بدون انقطاع . وتسمى هذه العملية بنظام الصب.

يتكون نظام الصب الموضح بشكل ٢ - ٢٦ من العناصر التالية :-

١. قذح الصب :

هو الجزء العلوي لقناة الصب ، مشكلة بفتحة كبيرة على شكل قمع ، وتعتبر هذه الفتحة بمثابة خزان صغير لاستقبال المعدن المنصهر من البوتقة وتوجيهه إلى قناة الصب والتفرعة بحيث يضمن تغذية المعدن للقالب بشكل منظم.

٢. قناة الصب :

هي قناة رأسية بشكل مخروطي قطرها الأصغر من أسفل (قناة مشكلة بإستدقاق .. أي بسلبية بسيطة) ، توجد بأسفل قذح الصب مباشرة.

٣. التفرعة :

هي قناة أفقية ، تشكل بالجزء العلوي للريزق عند مستوى سطح الانفصال ، الغرض منها هو توزيع المعدن المنصهر على قنوات التغذية ، ولمنع وصول الخبث.

٤. قناة التغذية :

هي قناة أفقية ذات مقطع على شكل شبه منحرف ، وتعتبر آخر جزء من أجزاء سريان المعدن بنظام الصب ، تتصل مباشرة بتجويف القالب.

توضع قنوات التغذية عند ختم الجزء الأسفل للريزق ، عند سطح الانفصال .

وتتوقف شكل المسبوكات وجودتها على عدد قنوات التغذية وطريقة وضعها.

٥. فتحة المصعد :

توجد بالجزء العلوي للقالب ، وهي على شكل قمع ، تتصل بقناة رأسية مخروطية قطرها الأصغر من أسفل (قناة مشكلة باستدقاق .. أي بسلبية بسيطة) ، والغرض من فتحة وقناة المصعد هو الآتي :-

(أ) صعود (خروج) الهواء والغازات من القالب أثناء صب المعدن المنصهر .

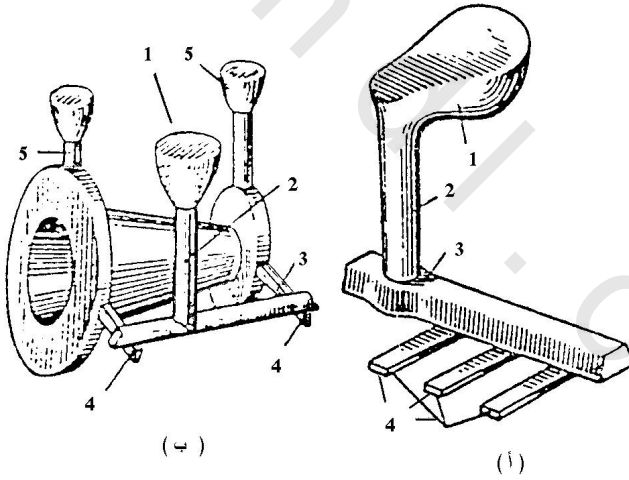
(ب) خروج المواد الغريبة والغير معدنية والتي قد تصل إلى القالب بعد مرورها على مانع الخبث.

(ج) إتاحة مراقبة صعود المعدن أثناء الصب.

(د) تغذية القالب بالمعدن السائل السريع الانكماش مثل الصلب ، وبذلك لا تحدث فجوات الانكماش في الأماكن التي تتجمد.

.. وعادة لا تصنع مصاعد للمسبوكات الصغيرة ، أما المسبوكات الكبيرة فتكون

ذات عدة مصاعد.



شكل ٢ - ٢٦

نظام الصب

(أ) نظام الصب المعتاد.

(ب) أوضاع المصب والمساعد بالمسبوكة.

١. قذح الصب.

٢. المصب.

٣. مانع الخبث.

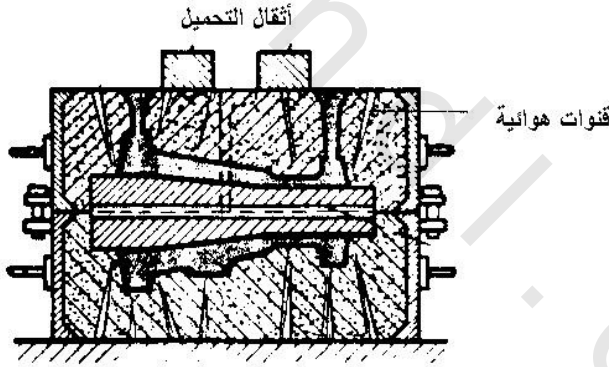
٤. قنوات التغذية.

٥. المصعد.

٦. القنوات الهوائية :

تسمى أيضا فتحات التنفيس ، الغرض من هذه الفتحات هو خروج الغازات الموجودة بالمعدن ، وبذلك يمكن الحصول على منتج مسبوك غير هش .. أي لا يحتوي على بخرخة.

شكل ٢ - ٢٧ يوضح قالب رملي مشكل بالطريقة اليدوية ، يحتوي على القنوات الهوائية ، كما يحتوي على الفتحات وقنوات الصب الأخرى.



شكل ٢ - ٢٧

القنوات الهوائية وفتحات وقنوات الصب الأخرى

السبائك في القوالب المعدنية

Metal Moulds Casting

يستعمل القالب الرملي لإنتاج جزء مسبوك لمرة واحدة فقط ، ثم يتحطم عند نزع الجزء المسبوك من القالب ، لذلك فقط سميت بالقوالب الوقتية . ومع التطور المستمر الذي شمل جميع الصناعات ، فقد استخدمت المسابك الحديثة القوالب المعدنية (الإسطمبات) لإنتاج المسبوكات المختلفة على نطاق واسع بدلا من استخدام القوالب الرملية الوقتية ، وذلك في حالة تكرار سبائك شكل جزء معين لعدة آلاف من القطع ، حيث يكون جدوى استخدام القوالب الرملية منعدمة.

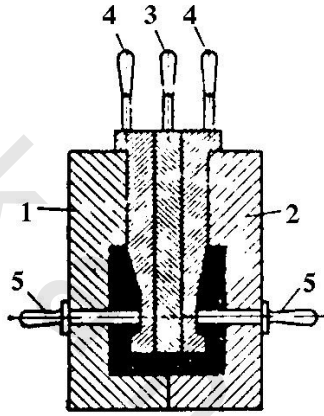
يستعمل في هذا الأسلوب قالب معدني ، حيث يصب فيه المعدن بصفة متكررة .. حسب العدد المطلوب إنتاجه من المصبوبات ، من هنا جاءت تسمية هذا الأسلوب بالسبائك في القوالب الدائمة Permanent Moulds Casting .. نسبة إلى إمكان استعمال القالب بصفة دائمة ، حيث لا يلزم إعداد قالب جديد لكل مرة يجري فيها صب المعدن كما هو الحال في سبائك القوالب الرملية ، وبذلك يصلح هذا الأسلوب في سبائك المنتجات المتكررة بإنتاج كمي.

يصب المعدن المنصهر في القوالب المعدنية عن طريق الدفع تحت ضغط خارجي External Pressure ليصل المعدن المنصهر إلى فجوات القالب وثناياه، ويستمر الضغط مسلطا حتى يتجمد المعدن المصبوب.

تستخدم القوالب المعدنية في إنتاج المسبوكات المختلفة كالزهر والصلب ، وكذلك تستخدم على نطاق واسع في إنتاج مشغولات السبائك الغير حديدية ، وتستعمل الداليك المعدنية للسبائك الخفيفة مثل الألومنيوم والمغنسيوم ، كما تستعمل الداليك الرملية للسبائك الغير حديدية الثقيلة وكذلك الزهر والصلب.

وشكل ٢ - ٢٨ يوضح رسما تخطيطيا لقالب معدني مستخدم لإنتاج مكبس محرك سيارة من سبيكة الألومنيوم.

يتكون القالب المعدني الذي يكون الشكل الخارجي للمسبوك من نصفين متماثلين ١،٢ يفصلهما سطح الانفصال الرأسي . ويصنع الدليكان الذي يمثل تجويف المكبس من ثلاثة أجزاء وذلك لسهولة نزعها من المسبوك ، ويكون نظام الصب عند سطح انفصال القالب ، وعند نزع أجزاء الدلائيك يسحب الجزء الأوسط وهو بشكل وتدي ٣ ، ثم الجزئين ٤ وذلك بتحريكهما إلى المنتصف ثم سحبهما إلى أعلى . ويسحب الدليكان ٥ بتحريكهما في اتجاه أفقي.



شكل ٢ - ٢٨

رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم لسباكة مكبس محرك سيارة

١. أحد نصفي القالب.

٢. النصف الثاني للقالب.

٣. أحد أجزاء الدلائيك الموضوعة بشكل رأسي.

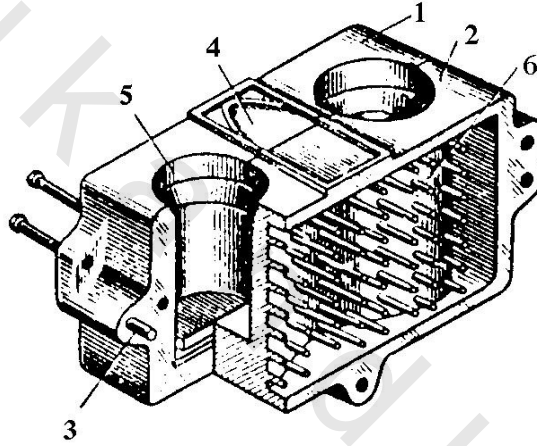
٤. أحد أجزاء الدلائيك الموضوعة بشكل رأسي.

٥. أحد أجزاء الدلائيك الموضوعة بشكل أفقي.

تصنع القوالب المعدنية من الصلب السبيكي ، وتستعمل في الإنتاج الكمي للمسبوكات الخفيفة بصف أساسية .. (أي إنتاج القطعة الواحدة إنتاجا متماثلا متكررا بالجملة) .

يبرد القالب عادة عند استخدامه تبريدا طبيعيا ، كما تستعمل قوالب معدنية أخرى ذات تبريدا إجباريا ، أو بتسخين موضعي كهربائي لمساواة درجة حرارة الأجزاء المختلفة من القالب.

كما تصنع القوالب المعدنية من الزهر وتستعمل في إنتاج سبائك الزهر والصلب وأيضا السبائك الثقيلة الغير حديدية . ولزيادة مقاومة القالب ولتجنب شدة تبريد المعدن السائل أثناء صبه في القالب ، تغطي الأسطح العاملة بالقالب بطبقة خاصة. وشكل ٢ - ٢٩ يوضح رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم في إنتاج مكابس محركات الجرارات المصنوعة من سبائك الزهر.



شكل ٢ - ٢٩

رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم في سباكة مكابس محركات الجرارات

١. أحد نصفي القالب.
٢. النصف الثاني للقالب.
٣. مسامير بارزة وأمامها ثقوب تستخدم لأحكام تجميع القالب.
٤. قذح يستخدم لاستقبال المعدن المنصهر أثناء عملية الصب.
٥. ثقوب القالب التي يوضع بها الدلائك.
٦. مواسير لعملية تبريد القالب.

يتكون القالب المعدني من نصفين ١،٢ يفصلهما سطح الانفصال الرأسي .
يثبت أحد نصفي القالب ، بينما يكون النصف الآخر متحرك في اتجاه أفقي بواسطة
دافع . ويضبط إحكامه عند تجميعه عن طريق تجهيزات عبارة عن مسامير بارزة ٣
وثقوب .

يكون طريقة صب المعدن المنصهر في القالب عن طريق القدح ٤ عند سطح
الانفصال ، وتركب الدلائيك في القالب في الثقوب ٥ . ويوجد على جانبي نصفي القالب
مواسير ٦ للتبريد .

يتراوح سمك جدران القالب من ٢٠ إلى ٣٠ ملليمتر ، وتكون المسبوكة الناتجة
من القالب المعدني ذات بنية صغيرة الحبيبات ، وخواص ميكانيكية مرتفعة .
وتنشأ إجهادات في الطبقات السطحية للمشغولات المنتجة نتيجة لسرعة التبريد
، كما تتكون طبقة من الزهر الأبيض في مسبوكات الزهر . لذلك فإن المشغولات التي
تنتج بالسباكة في مثل هذه القوالب تعامل بالتلدين .

مميزات السباكة في القوالب المعدنية :

تتميز السباكة بالقوالب المعدنية بعدة مميزات أهمها الآتي :-

- ١ . الإنتاج الكمي (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً بالجملة) .
- ٢ . لا تحتاج المشغولات المنتجة إلى عمليات تشطيب عن طريق التشغيل علي
ماكينات القطع ، كما يحدث في المشغولات المنتجة عن طريق القوالب الرملي .
- ٣ . سرعة التشكيل .
- ٤ . تجانس تخانات أسطح المشغولات .
- ٥ . جودة أسطح المصبوبات ، وإمكانية الوصول إلى تخانات صغيرة نسبياً .
- ٦ . انخفاض زمن التشكيل ، مع سرعة الإنتاج .

عيوب السباكة في القوالب المعدنية :

يعتبر العيب الوحيد في هذا الأسلوب هو تكاليف المعدات المرتفعة الثمن ،
درجة لا تسمح باستعمال هذا الأسلوب في إنتاج كميات صغيرة نسبياً.

السبائك بالطرد المركزي

Centrifugal Casting

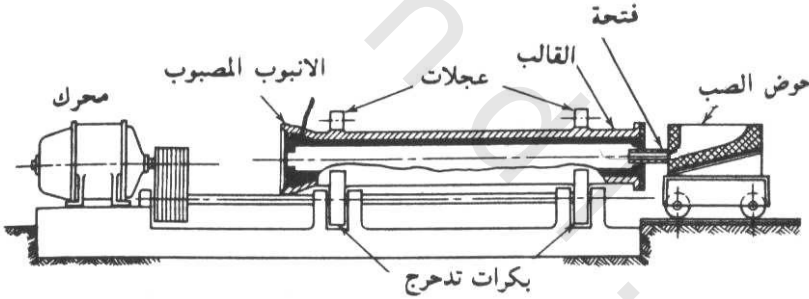
في هذا الأسلوب يصب المعدن المنصهر بالدفع المركزي بإحدى طريقتين هما

:-

١. السبائك في قالب يدور حول محور أفقي :

في هذه الطريقة يصب المعدن المنصهر المنذفع بالطرد المركزي في قالب دوار
حول محور أفقي كما هو موضح بشكل ٢ - ٣٠ ، عند صب المواسير المصنوعة من
الزهر ، أو عند صب المرتكزات.

تتميز هذه الطريقة بإنتاج مصبوبات ذات تخانات متجانسة.



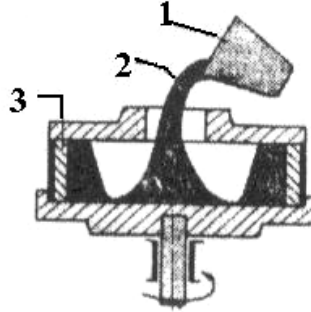
شكل ٢ - ٣٠

السبائك بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور أفقي

٢. السبائك في قالب يدور حول محور رأسي :

في هذه الطريقة يصب المعدن المنصهر وهو في حالة السيولة في قالب يدور
حول محور رأسي كما هو موضح بشكل ٢ - ٣١.

من عيوب هذه الطريقة هو زيادة تخانة المعدن عند الجانب الأسفل للقالب ، وبذلك لا يمكن الوصول إلى تخانة متجانسة لأسطح المشغولات المنتجة بهذه الطريقة.



شكل ٢ - ٣١

سباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور رأسي

١. بوتقة بها معدن منصهر بكمية مناسبة لحجم الجزء المطلوب سباكته.
٢. المعدن المنصهر أثناء عملية الصب.
٣. القالب المعدني.

يعتمد هذا الأسلوب علي القوة الطاردة المركزية لدفع المعدن إلى سطح القالب ، وبذلك يمكن الحصول علي مصبوبات ذات بنية قوية.

مميزات السباكة بالطرد المركزي :

١. عدم وجود شوائب.
٢. إنتاج أسطح مطابقة لهيئة القالب إلى حد كبير.
٣. الحصول علي مصبوبات ذات بنية قوية.
٤. إمكانية صب المعادن الخفيفة .. مع اختيار المادة المناسبة لعمل القالب لكل منها.

السباكة بالشمع الضائع

Lost Wax Casting

يسمى أسلوب السباكة بالشمع الضائع بعدة مسميات مترادفة مثل .. سباكة الشمع - السباكة الدقيقة - السباكة ذات النماذج المنصهرة . يستخدم هذا الأسلوب في الإنتاج الكمي للمشغولات الصغيرة من أي سبائك.

يتميز هذا الأسلوب من أساليب السباكة بإنتاج مشغولات تامة التصنيع .. أي ذات أسطح ناعمة وقياسات علي درجة عالية من الدقة ، وبذلك لا تحتاج هذه المنتجات إلى عمليات تشطيب عن طريق آلات التشغيل بالقطع.

يستخدم الشمع لعمل النموذج لتشكيل قالب رملي مغطي بطبقة من السيراميك ، ويتم صهر الشمع ليتمكن إخراجهم من القالب . وعادة تستخدم هذه الطريقة في السباكة عندما يكون شكل النموذج معقداً لدرجة عدم إمكانية استخراجهم دون كسر القالب.

تتلخص فكرة هذا الأسلوب بإعداد نموذج مستهلك من الشمع باستخدام قوالب خاصة ، ثم استخدام النموذج الشمعي لعمل القالب من مادة خاصة أخرى ، ثم يصهر النموذج ، ويسكب الشمع خارج القالب ، ليترك الفراغ الذي يصب فيه المعدن لإنتاج الجزء المراد سباكته.

وتعتبر سباكة الشمع الضائع من أساليب السباكة الدقيقة ، ويتميز هذا الأسلوب بسباكة المشغولات الصعبة التي يصعب تشغيلها بآلات التشغيل بالقطع بعد تجمدها ، أو التي تزداد تكلفة تشغيلها . وعادة لا تحتاج الأجزاء المسبوكة بهذا الأسلوب إلى عمليات تشغيل بالقطع ، ويمكن إجراء أقل قدر من عمليات التشطيب علي المصبوبات الهامة الدقيقة.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

أما أنواع السبائك المستخدمة، فهناك مجال واسع لهذا الأسلوب من السبائك والتي تشتمل علي سبائك حديدية مثل الصلب الذي لا يصدأ Stainless Steel ، وسبائك الألومنيوم ، وسبائك النيكل.. وغيرها.

الاستخدامات :

يستخدم أسلوب السبائك بالشمع الضائع في تصنيع السبائك صعبة التشغيل مثل المستخدمة في المحركات النفاثة ، والأشكال المعقدة مثل ريش التربينات وبعض أجزاء محركات الاحتراق ، وأجزاء ماكينات الخياطة ومنتجات أخرى عديدة تحمل تفاصيل دقيقة.

كما تستخدم هذه الطريقة بكثرة في المهن الطبية مثل طب الأسنان لإنتاج الأجزاء الهامة الدقيقة من الصلب الذي لا يصدأ أو من الفضة بمواصفات في غاية من الدقة ، وفي طب العظام وذلك لإنتاج مسامير إصلاح الكسور ، أو بدائل للمفاصل وغيرها.

أفران الصهر

Melting Furnaces

توجد أنواع مختلفة من أفران الصهر التي تستخدم في صهر المعادن الحديدية والغير حديدية ، مثل فرن البوتقة الذي يعمل بالزيت والغاز ، وفرن الدست ، والأفران والمحولات الكهربائية بأنواعها . يتميز كل نوع عن النوع الآخر من حيث الخواص - السعة - نوع المعدن المنتج منه.

تستخدم هذه الأفران التي سبق عرضها بالباب الأول في صهر وتنقية المعدن ، كما تستخدم في عمليات السبائك المختلفة.

مميزات التشكيل بالسبائك

تتميز المشغولات المشكلة بالسبائك بالميزات التالية :-

١. سهولة الحصول على مشغولات ذات أشكال هندسية بالغة التعقيد ، مما يوفر الوقت والجهد في عمليات التشغيل بالقطع.

٢. تبسيط تصنيع المنتجات المجمعة وذلك بتشكيلها في قطعة واحدة.

٣. تناسب عمليات الإنتاج الكمي .. (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة) في زمن قصير.

٤. إمكانية تشكيل الأجسام المعدنية ذات الأحجام الكبيرة والتي يصل وزن القطعة الواحدة منها إلى ٢٠٠ طن ، مثل هياكل المضخات الكبيرة - التربينات المائية - الضواغط العملاقة ، التي يصب بل يستحيل إنتاجها بطرق التشكيل الأخرى.

٥. الحصول على خواص ميكانيكية تجعل المعادن المشكلة بالصفات التالية :-
(أ) أكثر قابلية للتشكيل بالقطع.

(ب) لامتصاص الاهتزازات.

.. كما هو الحال في مسبوكات الزهر.

٦. يمكن الحصول على منتجات خفيفة الوزن بصلادة مناسبة كما هو الحال في سبائك المعادن الغير حديدية.

٧. إنتاج المعادن المختلفة مثل الصلب بجميع أنواعه - الزهر بجميع أنواعه - وأيضاً مسبوكات المعادن الغير حديدية مثل الألومنيوم وسبائكه والنحاس وسبائكه.

٨- تجانس المعدن المشكل في جميع أجزائه.

٩- انخفاض كبير في التكاليف.

عيوب المسبوكات (أسبابها - طرق تلافيها):

تعتمد جودة المسبوكات المنتجة على عدة عوامل أهمها هي دقة تجهيز

القوالب الرملية ، وتغذية القوالب بالمعادن المنصهرة باستمرار دون توقف أثناء عملية الصب.

فيما يلي أهم العيوب التي تحدث في المسبوكات وأسبابها وطرق تلافيها.

١. البخبة :

هي عبارة عن وجود فقائيع هوائية أو غازية مكونة بالجزء المسبوك في صورة فراغات إسفنجية في مكان واحد أو موزعة على أجزاء بالمسبوك.

وأسباب حدوث البخبة الآتي :-

- (أ) زيادة نسبة الرطوبة في رمل القالب.
- (ب) سوء التهوية .. أي عدم وجود فتحات تهوية كافية بالسطح العلوي للقالب.

- (ج) استخدام رمل لا يحتوي على مسام جيدة.
 - (د) زيادة المكونات الطينية عن الحد المناسب.
 - (هـ) شدة الضغط بالقالب .. (شدة الدك).
 - (و) وجود رطوبة بالدليك وعدم تجفيفه جيدا قبل وضعه بالقالب.
- ولتلافي حدوث ذلك فإنه يجب أن يكون القالب بفتحات تهوية مناسبة ، مع التحميص الجيد ، واستخدام رمل بمواصفات جيدة.

٢. الزوائد :

هي زوائد تحدث بالمسبوكات على شكل زعانف عند سطح الانفصال جزئي القالب ، وأسباب تكون هذه الزوائد هو عدم مليء القالب الأسفل بالرمل جيدا ، ولتلافي حدوث ذلك ، فإنه يجب ملئ جزئي الريزق جيدا ، كما يفضل وضع أثقال بأعلى الريزق لعدم تحرك الريزق العلوي نتيجة لضغط المعدن المنصهر بالقالب.

٣. إنحراف في شكل المسبوك :

يحدث ذلك نتيجة عند عدم تطابق وضع النموذج ، ولتلافي ذلك فإنه يجب الاعتماد على تطابق جزئي الريزق على دلائل التثبيت.

٤. عدم إكمال الجزء المسبوك :

السبب في ذلك هو عدم انتظام تدفق المعدن المنصهر في فراغ القالب ، أو عدم

سيولة المعدن المنصهر الذي أدى إلى تجمد المعدن بفتحة الصب . ويمكن تلافي ذلك بارتفاع درجة حرارة المعدن المنصهر بحيث لا تزيد عن القيمة المحددة له ، واتساع قناة الصب بالقالب .

٥. الشروخ :

تحدث الشروخ بالجزء المسبوك ، نتيجة لعدم انتظام مقاطع الجزء المنتج ، أو لسوء في التصميم ، أو رداءة تصنيع النموذج ، أو عند وضع قناة الصب في مكان غير ملائم .

ويمكن تلافي ذلك بتجهيز نموذج جيد ، ووضع المصبب في المكان المناسب بالقالب .

تمريبات على عمليات السبابة في القوالب الرملية

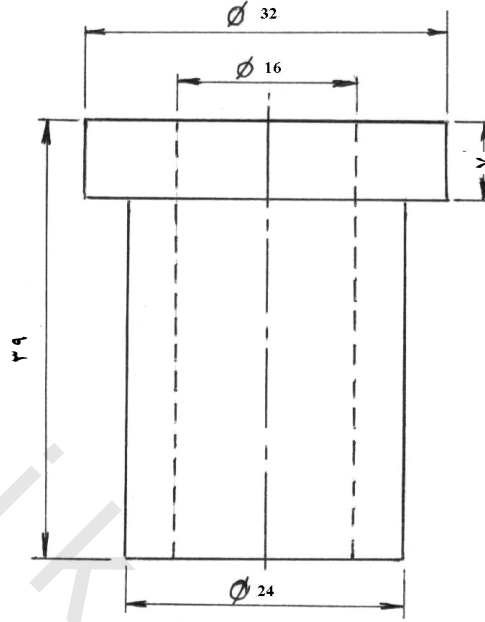
الهدف من هذا الموضوع هو استفادة الطالب بالمعلومات الفنية من خلال التطبيق العملي ، لمسايرة إمكانيات الطالب وقدراته ، على أساس الربط التام بين الجانبين النظري والعملي بأسلوب العلم المتطور . الذي يتضح من خلال تنفيذ العمليات الصناعية المرتبة على هيئة تمرينات متدرجة في الصعوبة ، والتي تهدف إلى التدريب والتنفيذ الصحيح من خلال إرشاد الطالب إلى خطوات العمل النموذجية لبعض التمرينات ، وترك البعض الآخر بدون توضيح لخطوات العمل ، وذلك لتكرار العمليات الصناعية التي سبق توضيحها .

لذلك يجب على الطالب التأمل والتفكير جيدا .. ورسم خطوات العمل لهذه التمرينات ولو بشكل كروكي ، أو تخيل تسلسل خطوات التنفيذ في الذاكرة قبل البدء في التنفيذ .

التمرين الأول :

يراد تصنيع وصلة أسطوانية عن طريق السبابة في القوالب وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل ٢ - ٣٢ .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع



شكل ٢ - ٣٢
وصلة أسطوانية

خطوات العمل ::

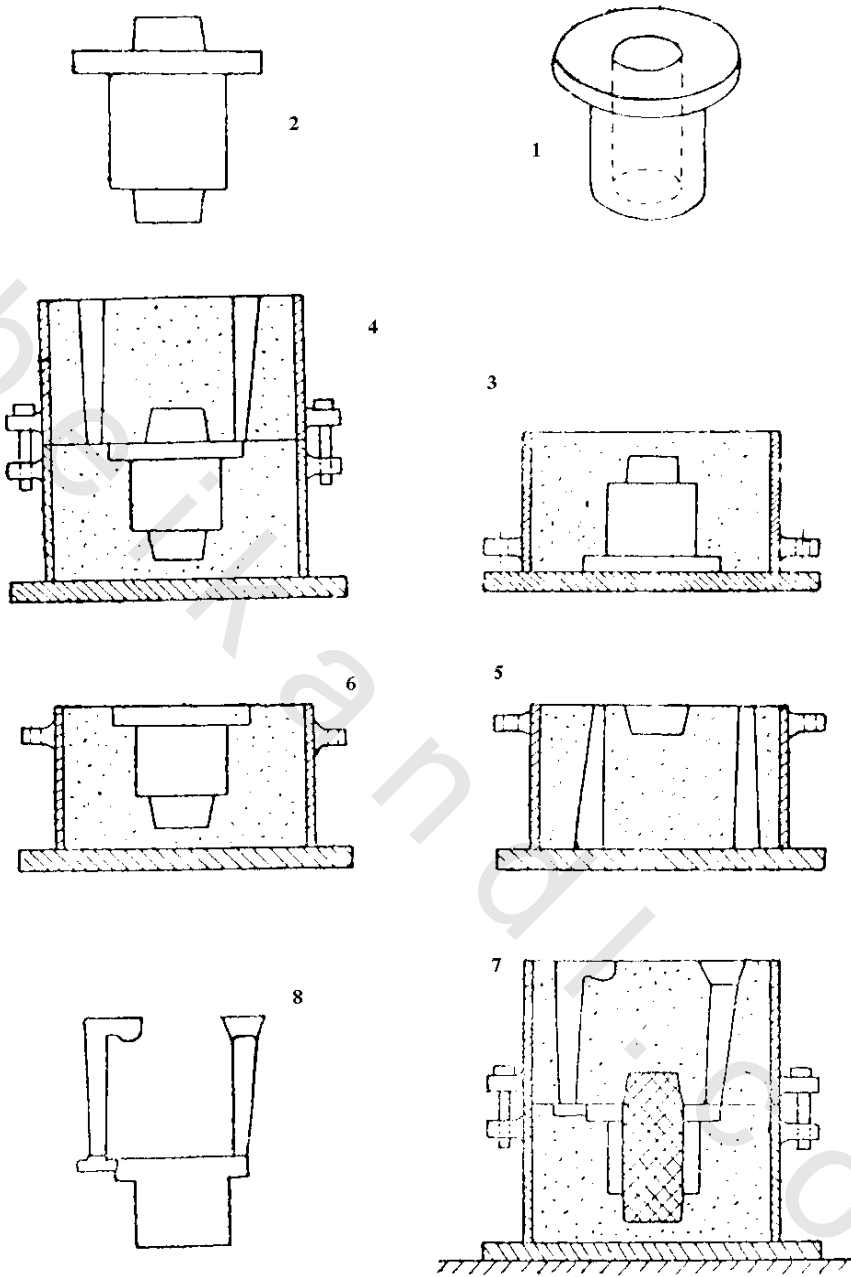
شكل ٢ - ٣٣ يوضح تسلسل خطوات عمل وصلة الأسطوانية وهي كالآتي :-

١. تجهيز النموذج من جزئين بحيث يطابق الشكل المطلوب سباكته مع الأخذ في الاعتبار إضافة الأبعاد المعادلة لحساب الانكماش المتوقع والزيادات الأخرى.
٢. تجهيز لوحة خشب مستوية.

- توضع علي اللوحة الخشبية الجزء الأسفل للريزق.
- يوضع الجزء الأسفل للنموذج على اللوحة بحيث يكون في وسط الريزق تماماً
- يوضع الرمل المستخدم في صناعة القوالب في الريزق مع الدك بعناية حول النموذج وباقي الريزق ، بحيث يبدأ بالرمل الجديد وينتهي برمل المسبك المستعمل حتى يمتلئ الريزق تماماً ، ويسوى السطح بمسطرة مستوية.

٣. يقلب الريزق بمحتوياته ليكون الجزء الأسفل للنموذج في قمة الريزق.
- يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال الخوابير الخاصة بذلك.
 - يوضع الجزء العلوي للنموذج .. (وهو عبارة عن قمة الدليك) فوق الجزء الأسفل.
 - يوضع كل من خشبتي الصب والمصعد في مكانهما ، ويثبتان بوضع كمية من الرمل حولهما ، ويرش مسحوق الفحم داخل الريزق.
 - يوضع الرمل داخل الجزء العلوي للريزق ، ويدك جيدا ، كما حدث في الجزء الأسفل للريزق ، حتى يصل تماسك الرمل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية.
 - يرفع الريزق العلوي ، وينزع جزئي النموذج من جزئي الريزق بحرص شديد حتى لا يتهدم الرمل ، ثم ينزع خشبتي الصب والمصعد.
 - ترمم الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح ، ويجفف القالب للتخلص من الرطوبة والإجهادات المختلفة.
٤. يجهز الدليك في صندوق الدليك ، بحيث يطابق شكل وأبعاد الفراغ الداخلي للوصلة المطلوب سباكتها ، مع الأخذ في الاعتبار تخفيض القطر بمقدار السماح المحدد حسب نوع المعدن المصبوب.
- يجفف الدليك في أفران التجفيف الخاصة للتخلص من الرطوبة الزائدة .
 - يوضع الدليك في مكانه في الجزء الأسفل للريزق.
 - يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان جيدا من خلال الخوابير الخاصة بذلك.
 - توضع أثقال لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.

- يصب المعدن المنصهر من خلال مجرى الصب ويراقب صعود المعدن من فتحة المصعد.
- ٥. يترك الريزق لمدة كافية حتى يبرد الجزء المسبوك.
- يهدم القالب الرملي ، ويتم التخلص من عمودي الصب والمصعد والدليك ، ليظهر الجزء المسبوك.
- ينظف الجزء المسبوك من الرمل الملتصق به ، ثم يفحص ، بذلك تكون القطعة التي تم تصنيعها بالسباكة ، منتج جيد يمكن استخدامها أو تداولها بالأسواق بعد إجراء عمليات التشطيب عن طريق آلات التشغيل بالقطع.



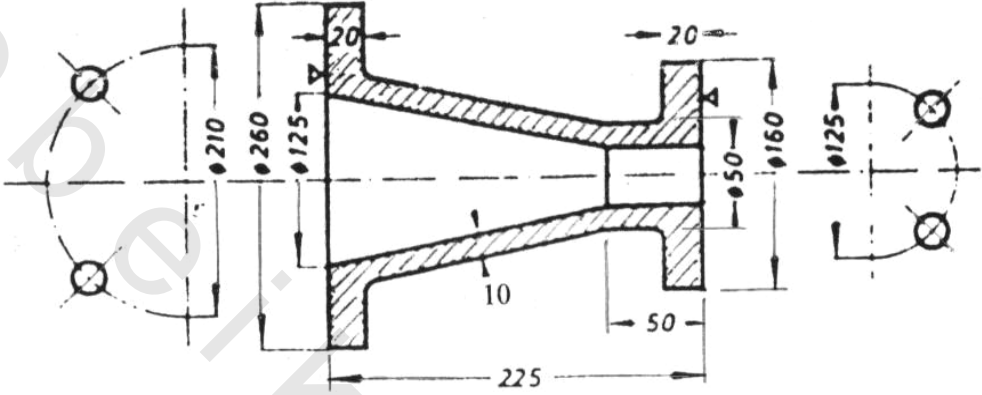
شكل ٢ - ٣٣

خطوات عمل وصلة أسطوانية بالسبابة الرملية

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

التمرين الثاني :

يراد إنتاج وصلة ماسورة مسلوبة عن طريق السباكة في القوالب الرملية وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل ٢ - ٣٤.



شكل ٢ - ٣٤

وصلة ماسورة مسلوبة

خطوات العمل :

شكل ٢ - ٣٥ يوضح تسلسل خطوات العمل النموذجية لإنتاج وصلة لماسورة مسلوبة عن طريق سباكة القوالب الرملية وهي كالآتي :-

١. تجهز النموذج من جزئين بحيث يطابق الشكل المطلوب سباكته مع الأخذ في الاعتبار إضافة الأبعاد المعادلة لحساب الانكماش المتوقع والزيادات الأخرى.

٢. تجهز الدليك a في صندوق الدليك بحيث يطابق شكل وأبعاد الفراغ الداخلي للماسورة ، مع الأخذ في الاعتبار تخفيض القطر بالسماح المحدد حسب نوع المعدن المصبوب ، ثم يجفف في أفران خاصة.

٣. تجهز لوحة خشب مستوية c ويوضع عليها الجزء الأسفل للريزق d.

• يوضع أحد نصفي النموذج e على اللوحة الخشب c ، بحيث يكون في وسط الريزق تماماً.

• يوضع الرمل f المستخدم في صناعة القالب في الريزق d مع الرك (الدك) بعناية حول النموذج وباقي الريزق ، بحيث يبدأ بالرمل الجيد وينتهي برمل المسبك المستعمل حتى يمتلئ الريزق تماماً ، ويسوى السطح بمسطرة مستوية.

٤. يقلب الريزق بمحتوياته ليكون نصف النموذج في قمة الريزق.

• يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال الخوابير الخاصة بذلك.

٥. يوضع النصف الثاني للنموذج g فوق النصف الأول ، ثم يوضع كل من خشبتي المصب i والمصعد h في مكانهما ، ويمكن تثبيتهما بوضع كمية من الرمل حولهما.

• يرش مسحوق الفحم داخل الريزق أو مسحوق الجرافيت .. في حالة سبابة الزهر.

• يوضع الرمل داخل الجزء العلوي للريزق ، ويدك جيداً ، كما حدث في الجزء الأسفل للريزق ، حتى يصل تماسك الرمل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية.

٦. يرفع الريزق العلوي.

• ينزع نصفي النموذج من الجزئي العلوي والسفلي للريزق بحرص شديد حتى لا يتهدم الرمل ، ثم ينزع خشبتي المصب والمصعد.

• ترمم الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح ، ويرش الجرافيت الجاف الذي يؤدي إلى نعومة الأسطح.

• التأكد من عدم انسداد فتحة الصب (i) واتصالها بفجوة القالب.

٧. يوضع الدليك (أ) في مكانه على ركائز القلب المشكلة n في النصف الأسفل للريزق.

٨. يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء الأسفل ، ويثبتان من خلال الخوابير الخاصة بذلك.

- يفضل وضع أثقال g لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.

- يجفف القلب في أفران التجفيف للتخلص من الرطوبة الزائدة ، وبذلك يزداد تماسكه وترتفع مقاومته للجهودات.

- ويكون الريزق في هذه الحالة جاهز لصب المعدن.

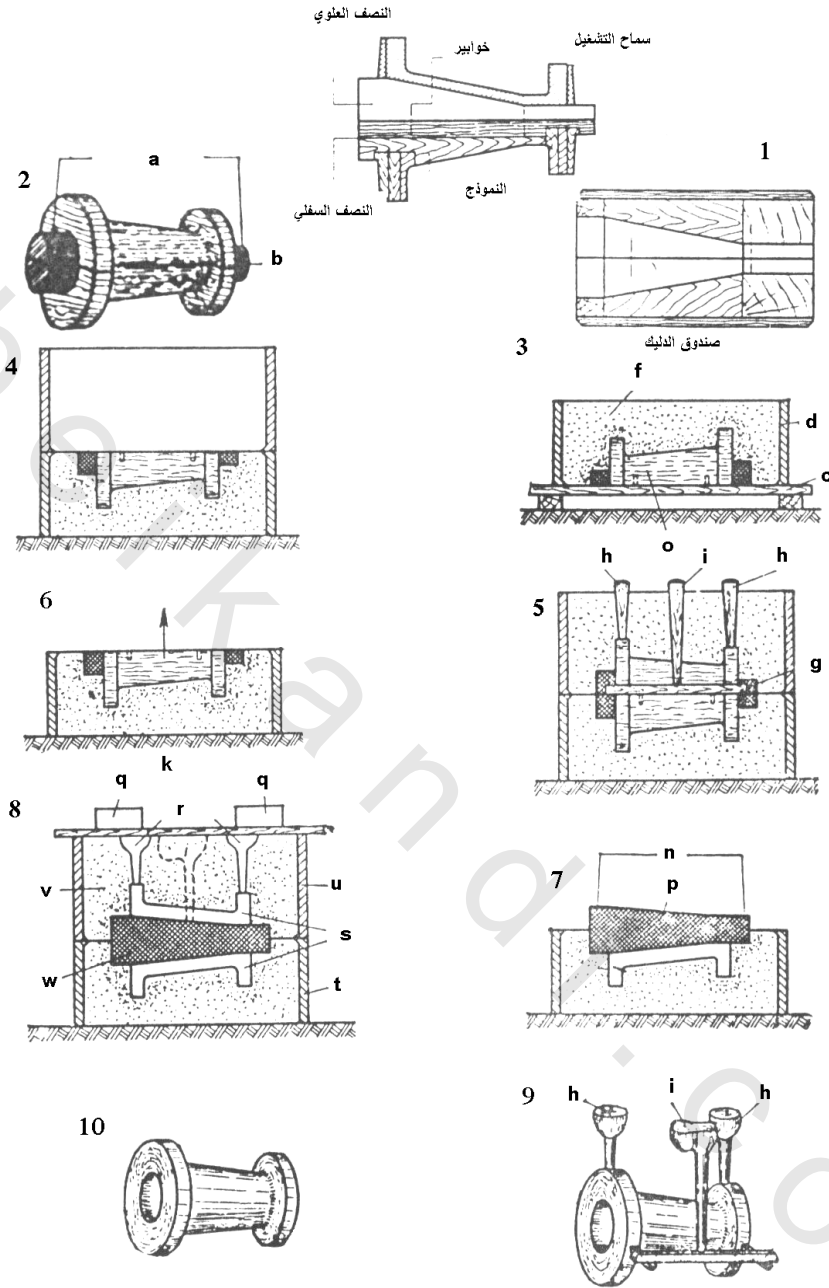
٩. يصب المعدن المنصهر من خلال مجرى الصب (i).

- يراقب صعود المعدن المنصهر أثناء عملية الصب من خلال فتحة المصعد h، وفي حالة تجمد المعدن داخل مجرى الصب ، يصب المعدن من فتحة المصعد h.

- يترك الريزق لمدة كافية حتى يبرد الجزء المسبوك.

١٠. يهدم القالب الرملي ، ويمكن تخيل الأجزاء الداخلية للريزق أثناء عملية الصب، من خلال فتحة الصب (i) وفتحة المصعد h.

١١. ينظف الجزء المسبوك من الرمل الملتصق به ، ثم يفحص ، وبذلك يكون الجزء المسبوك ، منتج جيد يمكن استخدامه أو تداوله بالأسواق بعد إجراء عمليات التشطيب عن طريق آلات التشغيل بالقطع.



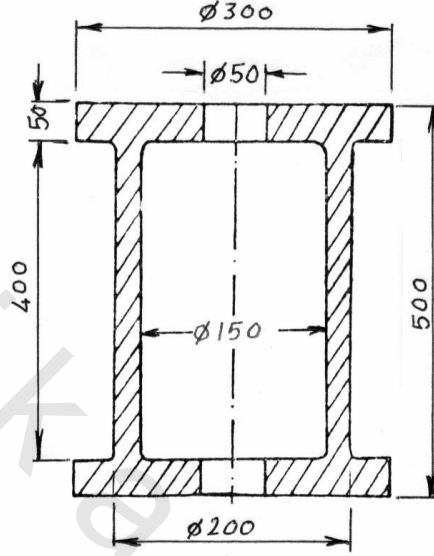
شكل ٢ - ٣٥

خطوات إنتاج جزء مسبوك في قالب رملي بريزق

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

التمرين الثالث :

يراد تصنيع نموذج عن طريق السباكة في القوالب الرملية وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل ٢ - ٣٦.



شكل ٢ - ٣٦

النموذج المراد سباكته

تجهيز النموذج والدليك :

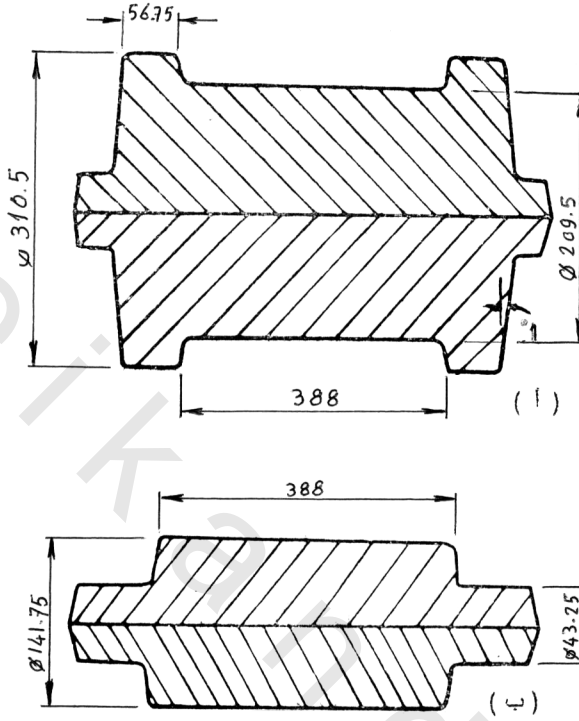
يجهز النموذج والدليك بحيث يكون كل منهما من جزئين كما هو موضح

بشكل ٢ - ٣٧ كالآتي :-

١. يجهز النموذج من جزئين بحيث يطابق الشكل المطلوب سباكته ، مع الأخذ في الاعتبار إضافة الأبعاد المعادلة لحساب الانكماش المتوقع والزيادات الأخرى.

٢. يجهز الدليك من جزئين بحيث يطابق شكل وأبعاد الفراغ الداخلي للمشغولة المطلوب سباكتها ، مع الأخذ في الاعتبار تخفيض القطر بمقدار السماح

المحدد حسب نوع المعدن المصبوب.



شكل ٢ - ٣٧

تجهيز النموذج والدليك

(أ) الشكل النهائي للنموذج الخشبي.

(ب) الشكل النهائي للدليك المطلوب.

خطوات العمل :

شكل ٢ - ٣٨ يوضح تسلسل لخطوات العمل وهي كالآتي :-

١. تجهيز النموذج .
٢. تجهيز لوحة خشب مستوية ويوضع عليها الجزء الأسفل للريزق.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

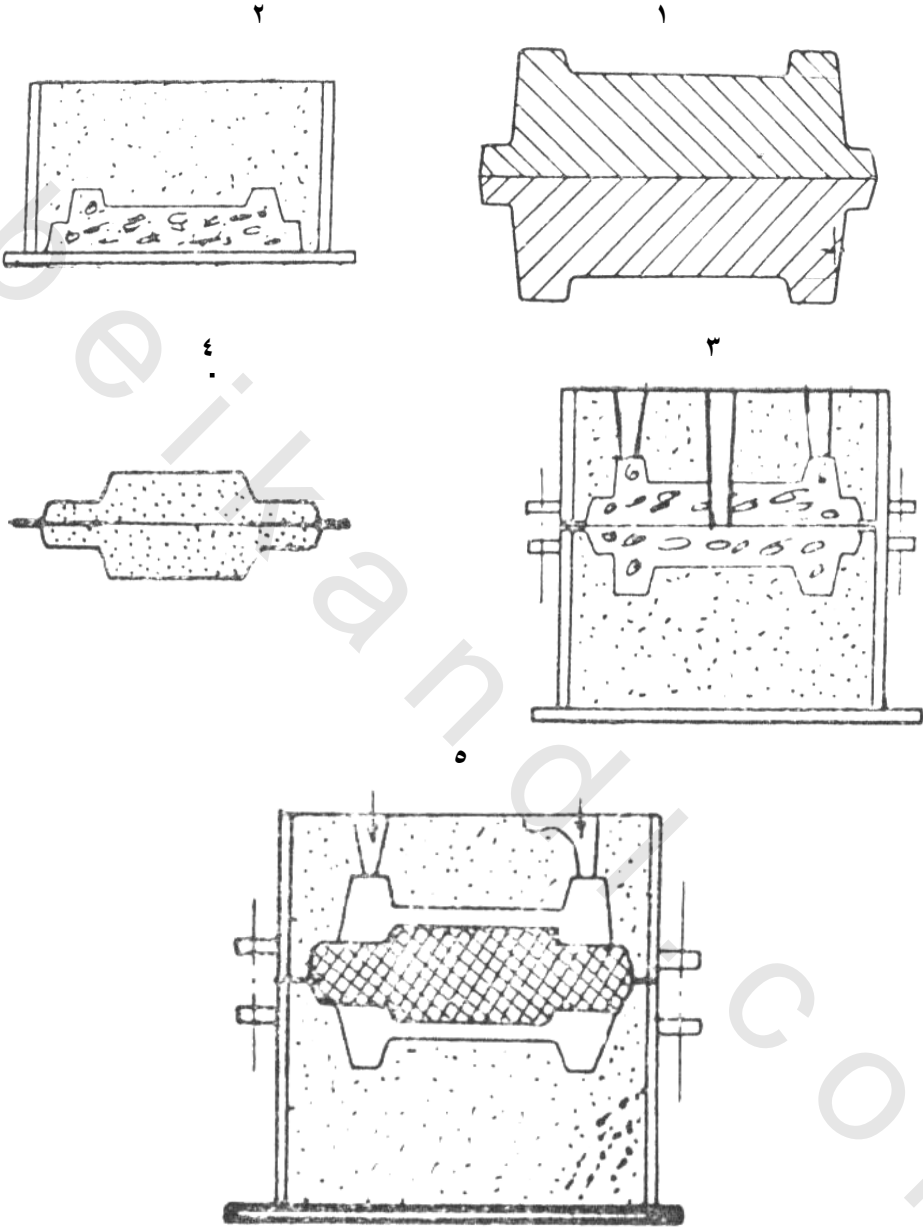
- يوضع أحد نصفي النموذج على اللوحة بحيث يكون في وسط الريزق تماماً.
- يوضع الرمل المستخدم في صناعة القوالب في الريزق مع الدك بعناية حول النموذج وباقي الريزق ، بحيث يبدأ بالرمل الجديد ، وينتهي برمل المسبك المستعمل حتى يمتلئ الريزق تماماً ، ويسوى السطح بمسطرة مستوية.
- ٣. يقلب الريزق بمحتوياته ليكون نصف النموذج في قمة الريزق.
- يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال الخوابير الخاصة بذلك.
- يوضع النصف الثاني من النموذج علي النصف الأول ، ويوضع كل من خشبتي المصب والمصعد في مكانهما ، ويثبتان بوضع كمية من الرمل حولهما ، ويرش مسحوق الفحم داخل الريزق.
- يوضع الرمل داخل الجزء العلوي للريزق ، ويدك جيداً ، كما حدث في الجزء الأسفل للريزق ، حتى يصل تماسك الرمل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية.
- يرفع الريزق العلوي ، وينزع نصفي النموذج من جزئي الريزق العلوي والسفلي بحرص شديد حتى لا يتهدم الرمل ، ثم ينزع خشبتي المصب والمصعد.
- ترمم الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح ، وتجفف للتخلص من الرطوبة والإجهادات المختلفة.
- ٤. يجهز الدليك في صندوق الدليك ، بحيث يطابق شكل وأبعاد الفراغ الداخلي للمشغولة المطلوب سباكته ، مع الأخذ في الاعتبار تخفيض القطر بمقدار السماح المحدد حسب نوع المعدن المصبوب.
- يجفف الدليك في أفران خاصة للتخلص من الرطوبة الزائدة.
- ٥. يوضع الدليك في مكانه في الجزء الأسفل للريزق.
- يوضع الجزء العلوي للريزق علي الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال الخوابير

الخاصة بذلك.

- توضع أثقال وذلك لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.

٦. يصب المعدن المنصهر من خلال مجرى الصب ويراقب صعود المعدن من خلال فتحة المصعد.

- يترك الريزق لمدة كافية حتى يبرد الجزء المسبوك.
- يهدم القالب الرملي ، ويتم التخلص من عمودي الصب والمصعد والدليك ، ليظهر الجزء المسبوك.



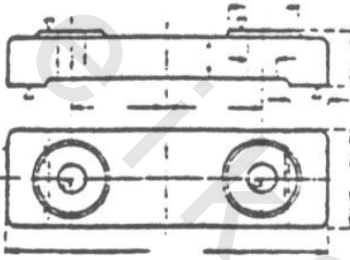
شكل ٢ - ٣٨

خطوات العمل لانتاج النموذج المطلوب بالسبابة الرملية

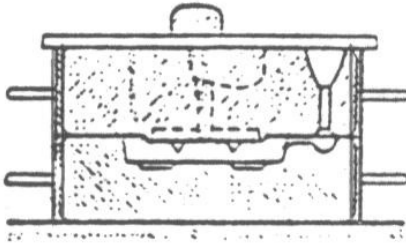
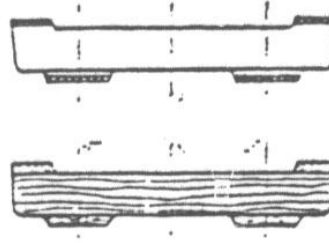
التمرين الرابع :

سبابة قاعدة بسيطة كما هو موضح بشكل ٢ - ٣٩ .

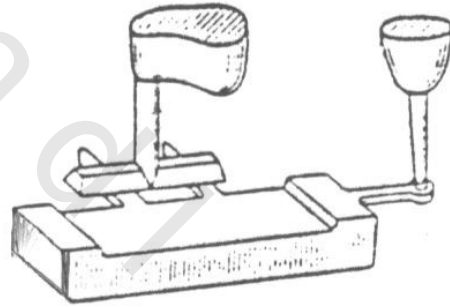
الجسم المراد سبابة



النموذج الخشبي



قالب السبابة بالرمل



الجسم المصبوب

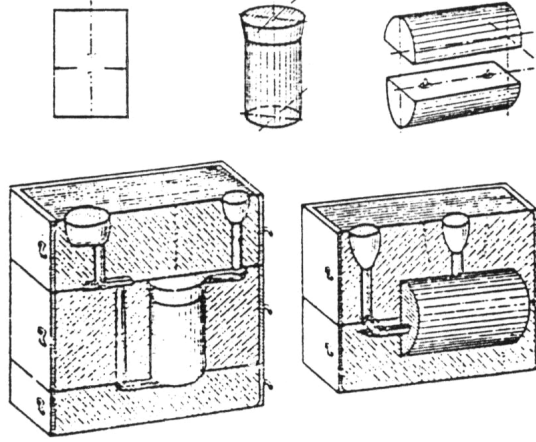
شكل ٢ - ٣٩

سبابة قاعدة بسيطة بدون الحاجة إلى استخدام دليق

التمرين الخامس :

سبابة جزء أسطواني بسيط كما هو موضح بشكل ٢ - ٤٠ .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع



شكل ٢ - ٤٠

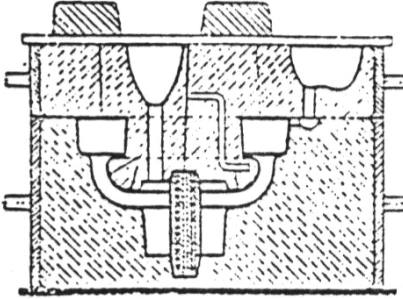
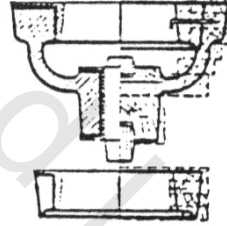
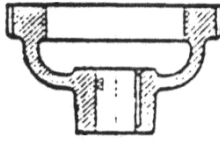
سبابة جزء أسطواني بسيط بدون الحاجة إلى استخدام دليك

التمرين السادس:

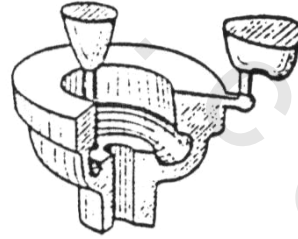
سبابة كرسي محور كما هو موضح بشكل ٢ - ٤١ .

الجسم المراد سباكته

تفاصيل النموذج الخشبي



قالب السبابة بالرمل



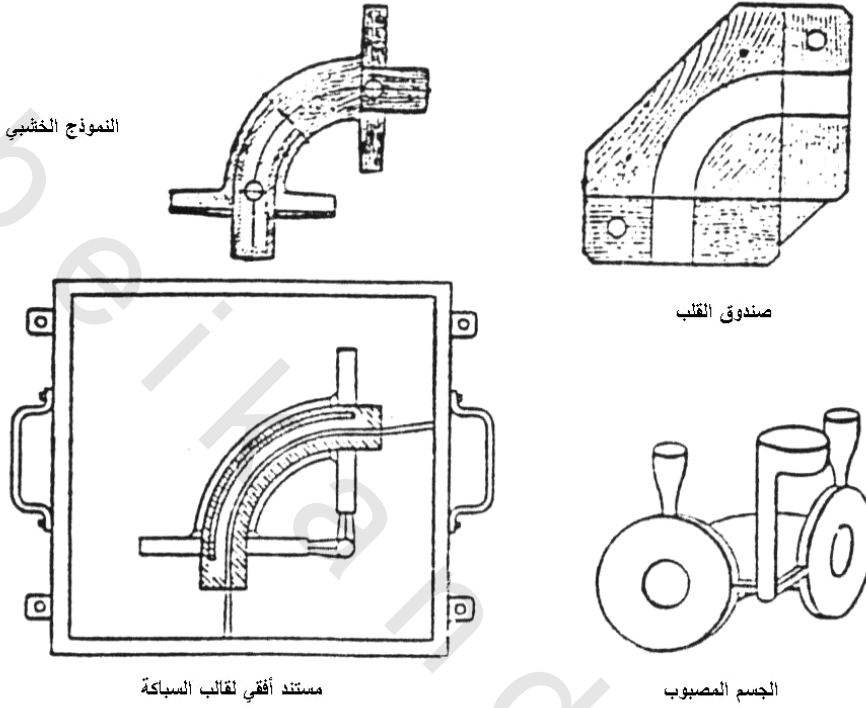
الجسم المصبوب

شكل ٢ - ٤١

سبابة كرسي محور

التمرين السابع :

وصلة منحنية للمواسير كما هو موضح بشكل ٢ - ٤٢ .



شكل ٢ - ٤٢

سبابة وصلة منحنية للمواسير

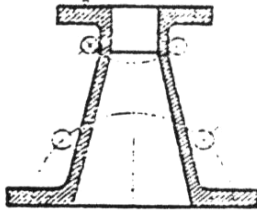
يلاحظ في الدليك الذي تم إعداده للوصلة المنحنية إنه مزود بأسياخ معدنية للتقوية لحمايته من الضغوط التي تحدث له من المعدن المنصهر والذي قد تؤدي إلى ثنيه أو كسره .

التمرين الثامن :

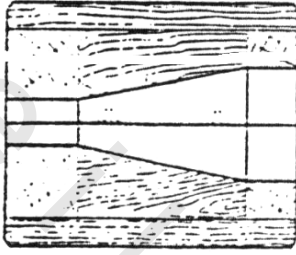
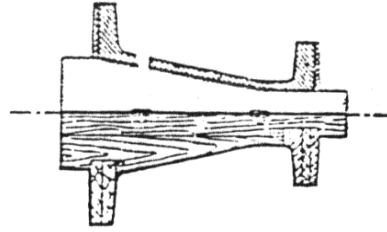
وصلة مخروطية للمواسير كما هو موضح بشكل ٢ - ٤٣ .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

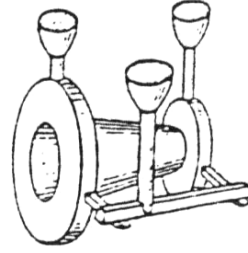
وصلة المواسير المراد سبكها



النموذج الخشبي



صندوق القلب

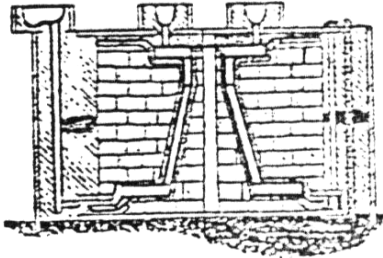
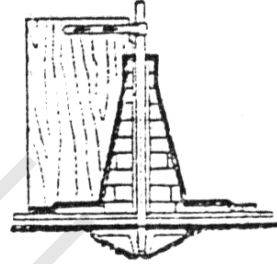
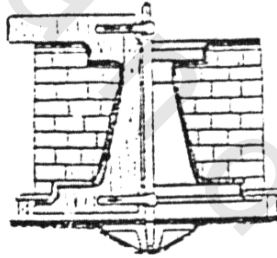


الجسم المصبوب

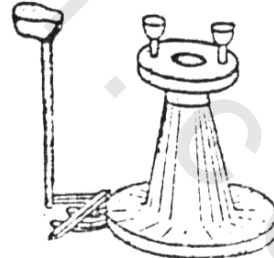
(أ)

إعداد القلب والقالب

الجسم المراد سبكه



قالب المسك بالطفل الرملي



الجسم المصبوب

(ب)

شكل ٢ - ٤٣

وصلة مخروطية للمواسير

التمرين عبارة عن وصلة مخروطية للمواسير ، يمكن إعداد الدليك والقالب بطريقتين . وعلى الطالب إمعان النظر في الشكل السابق (أ) ، (ب) ورسم خطوات إنتاج الجزء المطلوب ، عن طريق السباكة في القوالب الرملية بطريقتين ، ولو بشكل كروكي.

قواعد وإرشادات السلامة

في

عمليات سباكة المعادن

تتطلب عمليات سباكة المعادن القيام بعدة مراحل لإعداد الخام قبل شحنه إلى الأفران مثل اختيار نسب الخام - عملية التكسير - عملية الطحن ... وغيرها من العمليات الأخرى.

ولما كانت عملية التكسير من العمليات التي تتسبب في إصابات العمال والفنيين، من خلال تطاير القطع الناتجة عن رد فعل المطرقة.

وعملية صهر المعادن تطلب درجات حرارة مرتفعة عن طريق الفرن الذي يقوم بتحويل المعدن من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة ، كما أن المعدن المنصهر يتطلب نقله من البوتقة إلى القوالب المعدة والسابق تجهيزها لصبه مباشرة.

تتطلب هذه العمليات السابقة إلى اتخاذ تدابير السلامة والصحة المهنية ، من حيث استخدام أدوات وأجهزة وقائية لتجنب الفنيين والعاملين في هذا المجال من مخاطر التكسير ، واحتمال انسكاب المعدن المنصهر من البوتقة أثناء عملية نقل المعدن المنصهر إلى القوالب ، وتطاير الشرر أثناء صب المعدن.

الأدوات والأجهزة الوقائية :

يجب على جميع العاملين في مجال سباكة المعادن استخدام الأدوات والأجهزة الوقائية للحفاظ على سلامتهم وأمنهم ، بجانب استخدام أدوات الوقاية الشخصية

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

الموضحة بشكل ٢ - ٤٤ ، وهي وسيلة وقائية إضافية ومكملة لمجموعة الإجراءات الفنية التي تتخذ لتأمين وحماية العاملين من التعرض لمخاطر وحوادث العمل. وفيما يلي عرض لأهم الأدوات والأجهزة التي يجب استخدامها عند القيام بعمليات السباكة المختلفة :-



شكل ٢ - ٤٤

أدوات الوقاية الشخصية لفني سباكة المعادن

١. واقيات الصدر :
مرايل مصنوعة من مادة الإمينت المقاومة للحرارة والغير قابلة للاشتعال.
٢. واقيات اليدين :
أكمام مصنوعة من مادة الإمينت المقاومة للحرارة والغير قابلة للاشتعال.

٣. واققيات الساقين :

هي واققيات تربط على الساقين ، مصنوعة من مادة الإمينت المقاومة للحرارة والغير قابلة للاشتعال.

٤. واققيات القدمين:

تمثلة في أحذية مصنوعة من الجلد.

٥. واققيات الأذن :

تمثلة في سدادات وكاتمات للصوت.

٦. واققيات العينين والوجه :

تمثلة في الأوجه الشفافة المقاومة للحرارة والكسر.

٧. واققيات الرأس:

تمثلة في القبعات المصنوعة من المعدن أو اللدائن ، والمغلقة بأحزمة داخلية.

٨. واققيات الجهاز التنفسي :

تستخدم للوقاية من الأبخرة والغازات الضارة.

٩. أجهزة إطفاء الحرائق :

للوقاية من الحرائق ، وينبغي أن تكون بأماكن يسهل الوصول إليها.

القواعد العامة لإرشادات السلامة بورشة السبابة :

يمثل النظام والنظافة وإتباع إرشادات وقواعد السلامة والأمن الصناعي أساس

ممارسة العمل بدون حوادث ، لذلك يجب اتباع الإرشادات التالية :-

١. يجب إخلاء مكان العمل من جميع الأشياء الغير ضرورية ، وخاصة الموجودة

بالممرات المتصلة ما بين الفرن والقوالب والحفاظ عليها نظيفة.

٢. إزالة الزيوت والبقع الزيتية من حول الفرن وبأرضية الممرات ما بين الفرن

والقوالب.

٣. وضع القوالب بشكل يسهل القيام بعملية الصب.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٤. عدم القيام بعمليات تحضير وصهر ونقل وصب المعدن ، إلا بعد ارتداء الأدوات وأجهزة الأمان الوقائية المناسبة لكل عمل.
إضافة لما سبق ذكره ، فإنه يجب ضرورة الحيطه والحذر بجانب اليقظة وحسن التقدير.

الباب الثالث

3

الحدادة اليدوية

Manual Forging

مَهْيَدٌ

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

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

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

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

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

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

تشكيل المعادن بالحدادة

Metals Forming By Forging

تعتبر عملية الحدادة من أقدم عمليات تشكيل المعادن .. وهي أيضا من أقدم الفنون التي عرفها الإنسان ، فقد عرفت منذ أقدم العصور .. شأنها في ذلك شأن سباكة المعادن .

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

١. التشكيل بالطرق : Forming By Hammering

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 للسطحيين المتوازيين.

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

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

وتمثل الأجزاء المصنعة عن طريق عمليات الحدادة نسبة تتراوح ما بين ١٠% إلى ٢٠% 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.

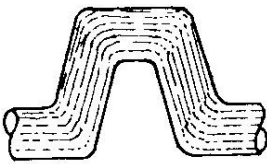
ومن أهم الأسباب التي تميز المنتجات المصنعة عن طريق عمليات الحدادة هي صلابتها وقوة تحملها ومقاومتها العالية لاجهادات التشغيل المختلفة.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

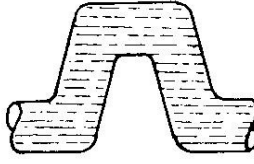
مميزات تشكيل المعادن بالحدادة :

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

١. شدة الكثافة.
٢. عدم حدوث تمزق في الألياف.
٣. ارتفاع مستوى المتانة.
٤. انخفاض مسام المعدن.
٥. تهذيب الحبيبات الخشنة.
٦. تحسين الخواص الفيزيائية بصورة عامة.
٧. قدرة عالية على تحمل الإجهادات.
٨. التوزيع المنتظم للشوائب الحبيبية في المعدن.
٩. إمكانية إنتاج مشغولات بأقل تفاوت .. الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض عمليات التشطيب النهائي .. (وذلك عند استخدام طريقة الحدادة بالقوالب المغلقة).
١٠. تعتبر من طرق التشكيل الاقتصادية .. حيث أنها أرخص كثيراً في التكلفة. شكل ٣- ١ يوضح رسم تخطيطي لانسياب حبيبات المعدن بطرق التشكيل والتشغيل المختلفة .. ويوضح الشكل أن أفضلها هي التشكيل بالحدادة.



(ج)



(ب)



(أ)

شكل ٣- ١

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 :-

١. الحدادة اليدوية.
 ٢. الحدادة بالمطارق الآلية.
 ٣. التشكيل بالضغط .. باستخدام المكابس.
 ٤. التشكيل باستخدام ماكينات الحدادة المختلفة.
- يتم اختيار أسلوب التشكيل المناسب للشكل المطلوب إنتاجه .. ويتوقف ذلك على الآتي :-

- (أ) الشكل المطلوب إنتاجه.
 (ب) الدقة المطلوبة.
 (ج) نوع الإنتاج .. (فردى أو كمى).

الحدادة اليدوية

Manual Forging

تعتبر الحدادة اليدوية من أقدم طرق الحدادة ، ويطلق عليها اسم الحدادة الحرة ، وسميت بهذا الاسم 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

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

اليدوي في المشغولات المطلوب تشكيلها ، والتي يتوقف دقتها على مهارة فني الحدادة. تستعمل الحدادة اليدوية على نطاق ضيق ، أو للإنتاج الفردي للأجزاء الصغيرة أو في أعمال الصيانة .. وذلك لانخفاض دقتها.

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

ويمكن تلخيص عمليات الحدادة اليدوية من خلال ارتفاع درجة حرارة المعدن في الفرن (الكور) إلى درجة الحرارة المناسبة للتشكيل ، ثم توضع الشغلة على السندان ويطرق عليها باستخدام المطارق ، كما تستخدم الملاقط والسنايك وقوالب التشكيل المختلفة وغيرها ، حتى يتم التشكيل حسب الشكل والمقاس المطلوب.

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 :-

١. وفرة مصادره الطبيعية.
٢. مواصفاته الفيزيائية المناسبة لعمليات الحدادة.
٣. يتمتع بمتانة أعلى من المشغولات المماثلة التي يتم تشكيلها بأسلوب التشغيل

بالقطع.

الشروط الواجب توافرها في المعادن القابلة للطرق :

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

١. مقاومة شد منخفضة : Low Pulling Resistance

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

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

٢. 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 ٠.٥ % يكون أكثر قابلية للتشكيل بالحدادة عن صلب العدة الذي يحتوي على نسبة كربون تتراوح ما بين ٠.٦ % إلى ١.٥ %.

٣. 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 ٠.١ %.

تجهيزات وإجراءات عمليات الحدادة

Preparations Of Casting Processes

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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

١. مسلك المعدن.

٢. حساب الطول التقريبي للخامة قبل تشكيلها.

٣. درجة حرارة تشكيل المعدن.

أولاً : مسلك المعدن

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

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

ومن ثم فإن اختبار مقاومة الشد على 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

ثانياً : 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:-

$$V = a \times L$$

$$V = a_1 \times L_1$$

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

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

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

$$L_3 = L \times L_2$$

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.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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 ١٠ % إلى ٢٠ % زيادة في طول الخامة لتعويض الفاقد في عملية التشكيل ، وتقدر حسب مقاسات الشغلة المطلوبة.

مثال ١:

يراد تشكيل قطعة من صلب الإنشاءات عن طريق عمليات الحدادة ، أبعادها

المطلوبة كالآتي :-

الطول 50 mm

العرض 10 mm

الارتفاع 5 mm

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

الحل :

حجم الشغلة بعد التشكيل (V)

$$V = a_1 * L_1$$

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

مساحة مقطع الخامة قبل التشكيل (a)

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

∴ الطول التقريبي للخامة

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

الطول الإضافي L_2 الناتج عن الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل وهو ١٠ %

النسبة الإضافية لتعويض الفقد في عملية التشكيل $L_2 = L * \frac{10}{100}$

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

∴ طول الخامة المطلوبة $L_3 = \text{الطول التقريبي للخامة } L + \text{الطول الإضافي}$

لتعويض الفقد في المعدن أثناء عملية التشكيل L_2

$$\begin{aligned} L_3 &= L + L_2 \\ &= 25 + 2.5 = 27.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

مثال ٢:

يراد تشكيل قرص مستدير من صلب الإنشاءات عن طريق عمليات الحدادة ،

أبعاده كالآتي :-

القطر 14 cm

السماك 2 cm

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

الحل :

حجم الشغلة بعد التشكيل

$$V = d^2 * \pi * L$$

$$= 7 * 7 * 3.14 * 2 = 308 \text{ cm}^3$$

مساحة مقطع القضيب الخام قبل عملية التشكيل بالحدادة

$$a = d^2 * \pi$$

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

الطول التقريبي للخامة

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

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

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

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

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

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

$$L_3 = L + L_2$$

$$= 10.8 + 1.6 = 12.4cm$$

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

ثالثاً : 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 تبعاً 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 :-

١ . 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).

٢. تجاوز في ارتفاع درجة حرارة شغلة من الصلب وظهور تطاير شرر من المعدن .. هذا يعني أن المعدن قد أحترق .. ويكون غير صالح نهائي للاستعمال.

٣. 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 ٣ - ١ الذي يوضح درجات حرارة تشكيل لبعض المعادن.

جدول ٣ - ١

درجات حرارة تشكيل بعض المعادن

درجة حرارة التشكيل بالحدادة	نوع المعدن
⁰ 400 - 500م	ألومنيوم
⁰ 700 - 800م	نحاس - قصدير
⁰ 800 - 1200م	صلب إنشاءات
⁰ 900 - 1000م	صلب التطبيق

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 ٣ - ٢ يوضح أنواع الصلب وألوان توهجها التي تناظر درجات الحرارة.

جدول ٣ - ٢

أنواع الصلب وألوان درجات حرارتها

نطاق درجات الحرارة		لون الحموة	نطاق درجات الحرارة		لون الحموة
من	إلى		من	إلى	

880	830	أحمر فاتح	580	520	بني غامق
1050	880	برتقالي	650	580	بني مائل للاحمرار
1150	1050	أصفر غامق	750	650	أحمر غامق
1250	1150	أصفر فاتح	780	750	أحمر قاني
1350	1250	أبيض	800	780	أحمر قرمزي
			830	800	قرمزي فاتح

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 :-

١. 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 بأحجامة 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.

٢ - 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 يحتوى 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.

٣. 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 :-

١. ينبغي أن يعطي الفحم درجات حرارة عالية عند احتراقه بحيث تكون كافية لاحمرار المشغولات ، حيث تتراوح درجة الحرارة المطلوبة ما بين 1200 إلى ١٣٠٠ °م.
٢. احتواء الفحم على أقل نسبة ممكنة من الكبريت .. لكي لا يمتصه الصلب أثناء عمليات التسخين.

٣. الرماد المتخلف من الفحم والنتاج 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.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

فرن الحداة (الكور) : Furnace

توجد أنواع مختلفة من أفران الحداة (الأكور) منها الثابت وهو المستخدم عادة في الورش ، ومنها المتحرك الذي يسهل نقله من مكان إلى آخر. يعتبر فرن الحداة (الكور) فرن مفتوح ، حيث يمكن تسخين الحديد والصلب وبعض المعادن الأخرى قبل طرقها وتشكيلها إلى الأشكال والمقاسات المطلوبة.

يعمل فرن الحدادة (الكور) عن طريق حرق الفحم الذي يوضع في موقد النار، حيث ترتفع درجة حرارته إلى درجة عالية تصل إلى أكثر من ١٠٠٠°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 ١١٠٠°م.

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

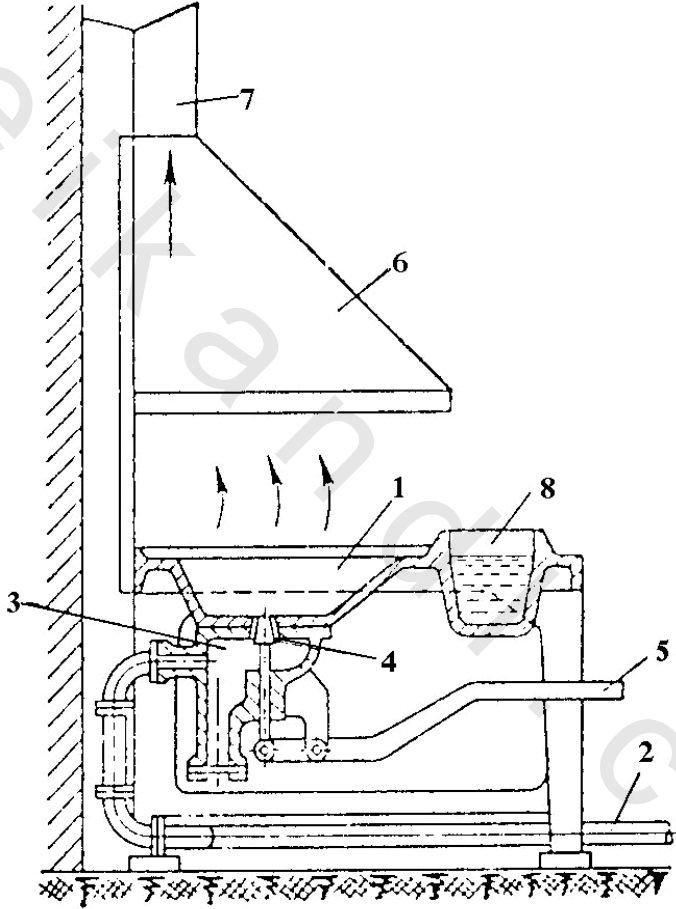
يضغط الهواء اللازم لغرض احتراق الفحم عن طريق المروحة المثبتة بالكور ، ويستمد تيار الهواء المضغوط في الأكوار القديمة عن طريق منفاخ يعمل باليد أو القدم، أما الأكوار الحديثة فأنها تستمد الهواء المضغوط عن طريق مراوح كهربائية أو مراوح دوارة التي تسمى بمضخات الهواء . وأكثر أنواع المراوح استخداما في الأكوار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

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

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

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

يتكون فرن الحدادة (الكور) الموضح بشكل ٣ - ٢ من الأجزاء الآتية :-



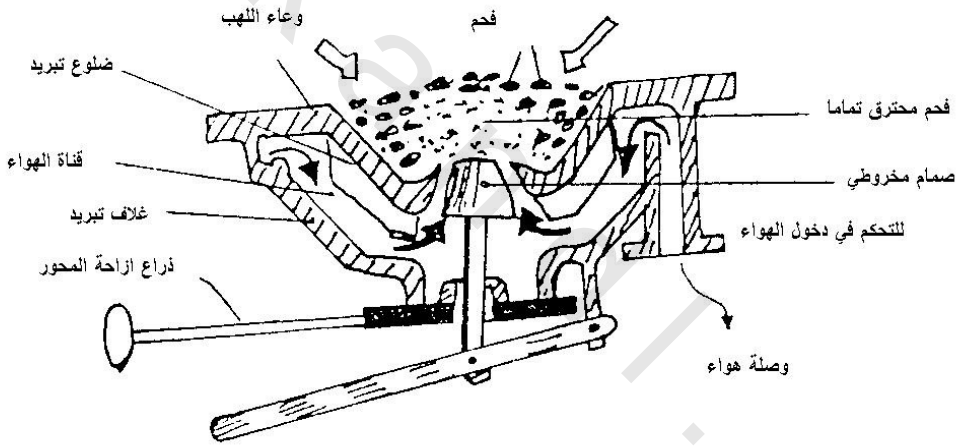
شكل ٣ - ٢

فرن الحدادة .. (الكور)

١. موقد النار.
٢. ماسورة الهواء.
٣. صندوق الهواء.
٤. صمام مخروطي.
٥. ذراع تحكم.
٦. غطاء المدخنة.
٧. المدخنة.
٨. حوض تبريد.

١. 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 ٣ - ٣ يوضح إحدى موقدي النار بالكور.



شكل ٣ - ٣
موقد النار

٢. ماسورة الهواء :

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

٣. صندوق الهواء :

يحتوي على الهواء المضغوط اللازم لعملية احتراق الفحم.

٤. 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.

٥. ذراع تحكم :

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

٦. 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.

٧. 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.

٨. حوض تبريد :

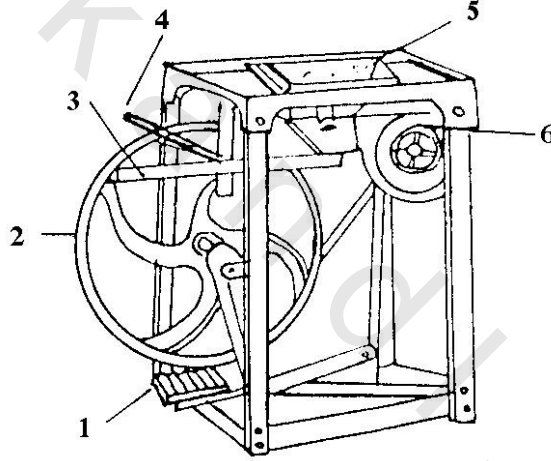
مثبت بالفرش من الجهة الأمامية للكور . يستعمل عندما يراد تقسية شغلة من الصلب بعد تسخينها وتبريدها تبريد مفاجئ ، كما يستعمل في تبريد عدد وأدوات الحدادة المختلفة.

فرن الحدادة المتحرك (الكور المتحرك) : Movable Furnace

يتماثل فرن الحدادة المتحرك (الكور المتحرك) مع فرن الحدادة الثابت (الكور الثابت) في أجزائه 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 ٣ - ٤ من الأجزاء الآتية :-



شكل ٣ - ٤

فرن الحدادة المتحرك (الكور المتحرك)

١. دواسة :

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

٢. عجلة :

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

٣. ذراع :

للتحكم في اتجاه تدفق الهواء المضغوط.

٤. مقبض :

للتحكم في تنظيم تدفق الهواء المضغوط إلى الموقد.

٥. موقد النار :

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

٦. المروحة :

لسحب الهواء من الجو وضغطه إلى الموقد لإشعال الفحم.

السندان : 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 ملمتر 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.

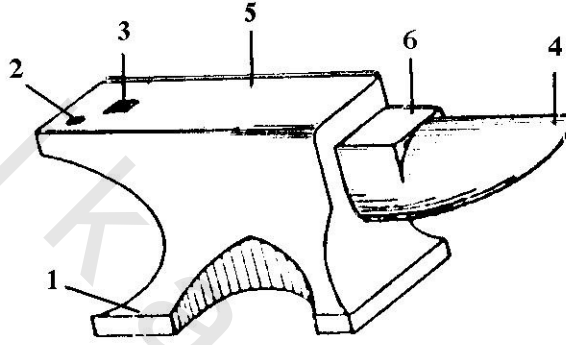
أنواع السندان : Types Of Anvil

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

يوجد نوعان أساسيان من السندان هما :-

١. سندان بقرن : One - Horn Anvil

سندان ذو القرن الموضح بشكل ٣ - ٥ ، 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 ٣ - ٥

سندان بقرن

١. قاعدة السندان .

٢. ثقب مستدير .

٣. ثقب مربع لتثبيت العدد المساعدة .

٤. قرن مستدير .

٥. وجه السندان .

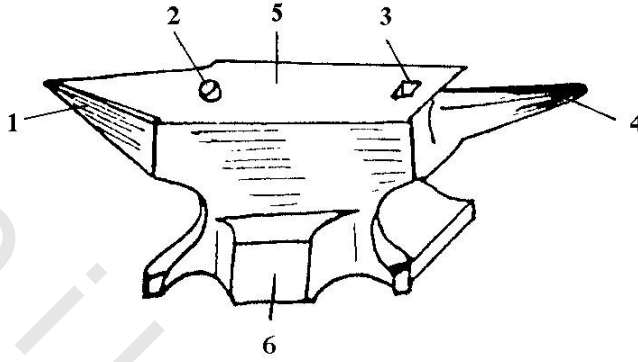
٦. سندان تسطيح .

٢. سندان بقرنين : Two - Horn Anvil

السندان ذي القرنين الموضح بشكل ٣ - ٦ هو عبارة عن كتلة من الصلب ، يحتوي عند جانبيه علي قرنين مخروطيين ، مقطع أحدهما بشكل مستدير ومقطع القرن

الآخر علي شكل مربع.

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



شكل ٣ - ٦

سندان بقرنين

١. قرن مربع.

٢. ثقب مستدير.

٣. ثقب مربع لتثبيت العدد المساعدة.

٤. قرن مستدير.

٥. وجه السندان.

٦. سندان تسطيح.

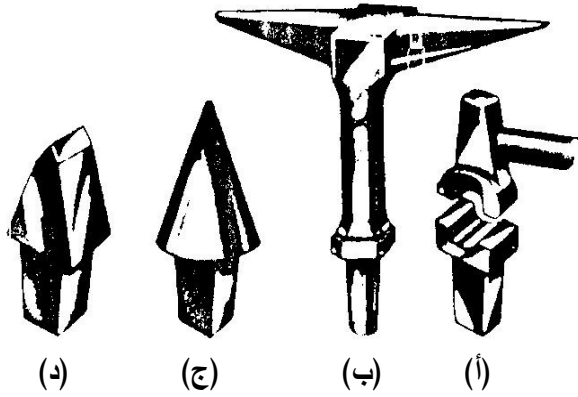
يوجد بالسندان ثقبان أحدهما على شكل مربع والآخر على شكل مستدير .

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

٣ - ٧.

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

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



شكل ٣ - ٧

العدد اليدوية المساعدة للسندان

(أ) ملف.

(ب) قرن.

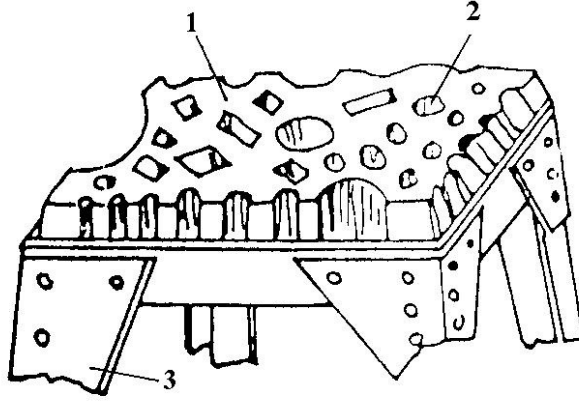
(ج) جذع مدبب.

(د) قاطع.

زهرة التشكيل : Swage Block

تسمى أيضا بزهرة الطرق أو زهرة الحداد ، وهي عبارة عن كتلة معدنية كبيرة .
تصنع عادة من حديد الزهر . يحتوي سطحها على مجموعة كبيرة من التجاويف ذات
أشكال وأبعاد مختلفة مثل ثقب دائرية . مستطيلة . مربعة . سدسة الخ.
ترتكز زهرة التشكيل الموضحة بشكل ٣ - ٨ على قاعدة متينة مصنوعة من
زوايا الصلب.

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



شكل ٣ - ٨

زهرة التشكيل

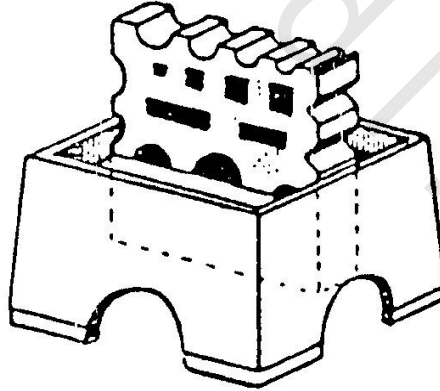
١. لوحة من الزهر المسبوك.

٢. فتحات بأشكال ومقاسات مختلفة ، تستخدم في عمليات التشكيل.

٣. قاعدة.

يمكن تثبيت زهرة التشكيل كما هو موضح بالشكل السابق ، كما يمكن تثبيتها

كما هو موضح بشكل ٩ - ٣. وذلك حسب الحاجة إلى التشكيل المطلوب.



شكل ٣ - ٩

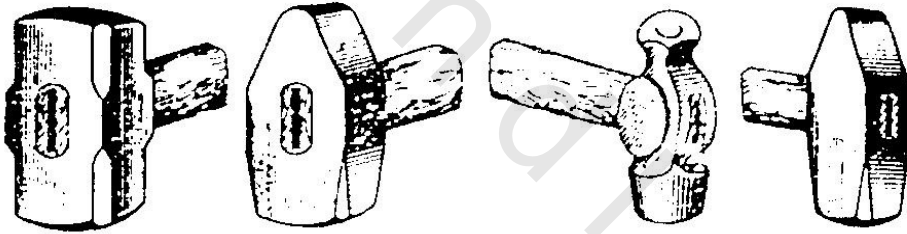
زهرة تشكيل بوضع آخر

المطارق : Hammers

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

مطارق الحدادة ذات أحجام وأوزان مختلفة ، حيث توجد المطارق اليدوية الصغيرة Hammers الموضحة بشكل ٣ - ١٠ (أ) والتي يتراوح وزنها ما بين ١ إلى ٢.٥ كيلو جرام ، كما توجد المطارق ذات الأحجام والأوزان الكبيرة والتي تسمى (مرزبات) Sledge Hammers شكل ٣ - ١٠ (ب) يتراوح وزنها ما بين ٣ إلى ١٠ كيلوجرام ، ولارتفاع وزن مطارق الحدادة عن المطارق العادية .. لذلك فإن فني الحدادة يستخدمها بكلتا يديه.

تستخدم المطارق المختلفة بالوزن والشكل المناسب للمشغولات المراد تشكيلها بالحدادة.



شكل ٣ - ١٠
المطارق

قوالب التشكيل والقطع

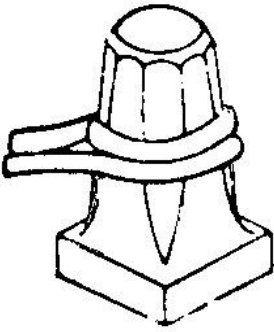
Cutting & Forming Moulds

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 – السنايك – القواطع ... وغيرها.

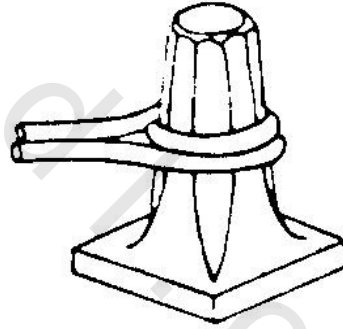
فيما يلي عرض لجميع المعدات الخاصة بعمليات التشكيل والقطع .

بلص التسوية : Flatter

بلص التسوية الموضح بشكل ٣ - ١١ 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 ٣ - ١١

بلص تسوية

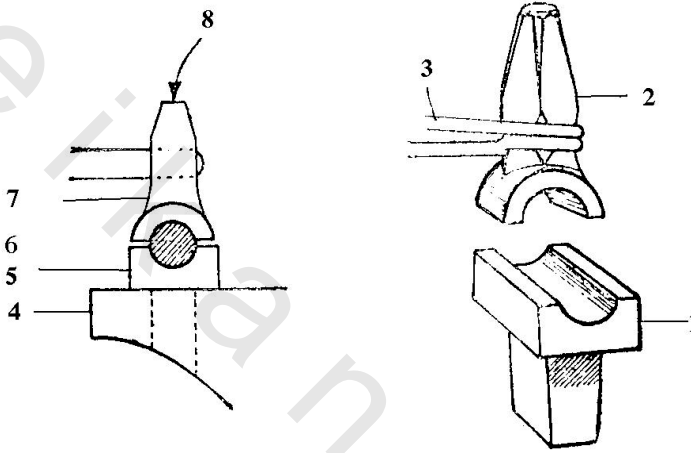
(أ) بلص ملفوف .

(ب) بلص تشطيب الأركان .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

بلص التشكيل الملفوف : Swage

بلص التشكيل الملفوف شكل ٣ - ١٢ يسمى أيضا بـ قالب 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 .

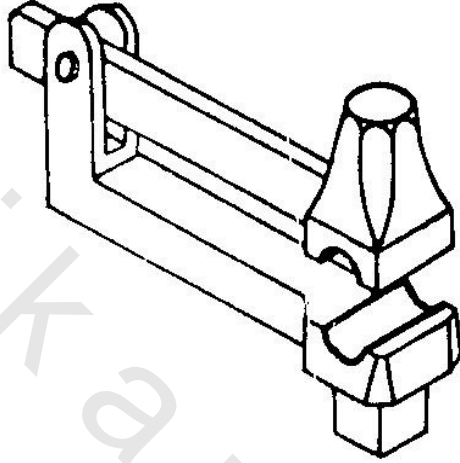


شكل ٣ - ١٢
بلص تشكيل ملفوف

١. قاعدة الملف .
٢. الملف .
٣. مقبض الملف .
٤. السندان .
٥. قاعدة الملف .
٦. المشغولة المطلوب تشكيلها .
٧. الملف .
٨. اتجاه الطرق .

يوضح شكل ٣ - ١٣ 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 ٣ - ١٣

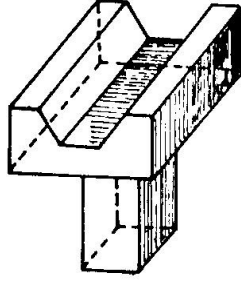
بلص تشكيل ملفوف مفصلي

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 ٣ - ١٤ يوضح قاعدة بلص تشكيل سداسي .. ومن الطبيعي وجود وجه البلص.



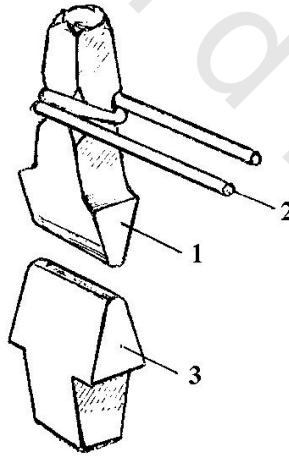
شكل ٣ - ١٤

بلص تشكيل مسدس

بلص خصر : Fuller

بلص الخصر الموضح بشكل ٣ - ١٥ يسمى أيضا بلص حفر . بلص محرز . بلص نواة ، وهو يحتوي على جزئين هما الوجه والقاعدة ، حد تشكيل الخصر على شكل قوس .

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



شكل ٣ - ١٥

بلص الخصر

١. وجه بلص الخصر.

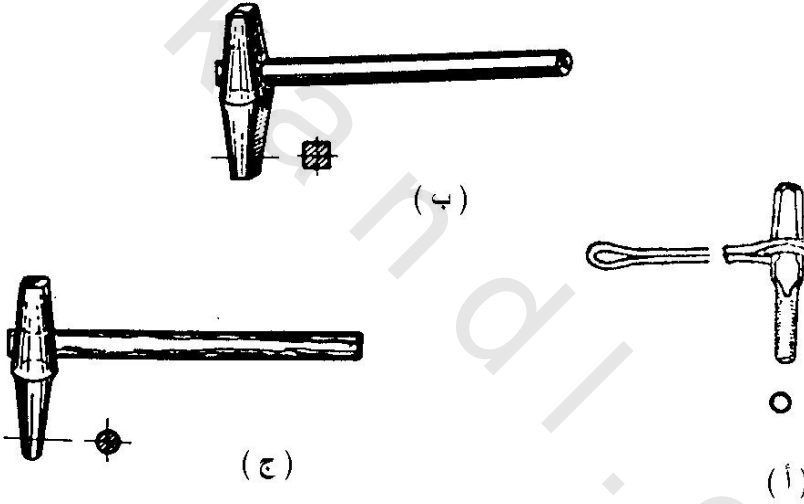
٢. مقبض بلص الخصر.

٣. قاعدة البلص.

السنبك : Punch

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

يثبت السنبك بمقبض خشبي أو يستعمل عن طريق ملقاط . يوجد للسنبك أشكال مختلفة تتناسب مع الثقوب المراد تشكيلها .. حيث يوجد سنبك ذو مقطع مستدير - بيضاوي - مربع - مستطيل . وشكل ٣ - ١٦ يوضح بعض أشكال السنايك.



شكل ٣ - ١٦

أشكال مختلفة للسنايك

(أ) سنبك مستدير.

(ب) سنبك مربع.

(ج) سنبك مستق (مسلوب).

المقاطع

Chisels

المقاطع الموضحة بشكل ٣ - ١٧ تتكون من جزئين هما القاعدة والوجه .
تصنع من الصلب الكربوني وتجلخ حسب درجة القطع المطلوبة . تقوم المقاطع بعمل
الأجنحة وتتشابه معها .

تستخدم لقطع (الفصل) الأجزاء الزائدة والغير مرغوبة . تنقسم المقاطع إلى نوعين
هما :-

١. مقطع على البارد : Cold Cutting

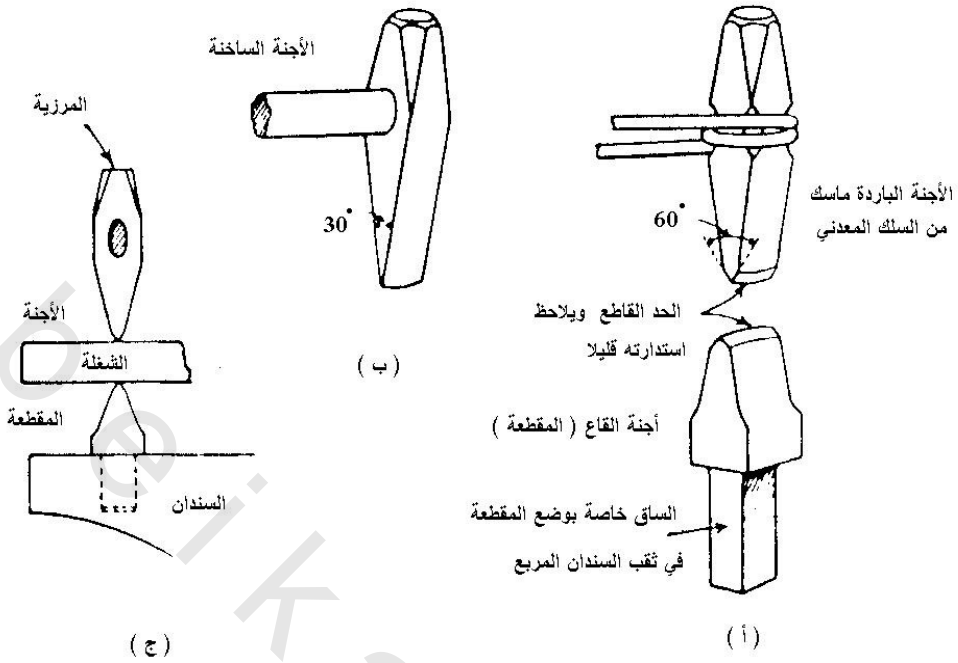
يستعمل هذا المقطع في عملية قطع المعادن (فصل المعادن عن بعضها) على
البارد ، ويعرف ببذنه السميك . زاوية الحد القاطع للجزئين العلوي والسفلي هي 60° .

٢. مقطع على الساخن : Hot Cutting

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

ملاحظات :

- يجلخ المقطع عند تلغثمه بالزاوية المحددة له .. ويراعى تجليخ الجزئين
العلوي والسفلي.
- عادة يحتوي المقطع الساخن على مقبض من الخشب.



شكل ٣ - ١٧

المقاطع

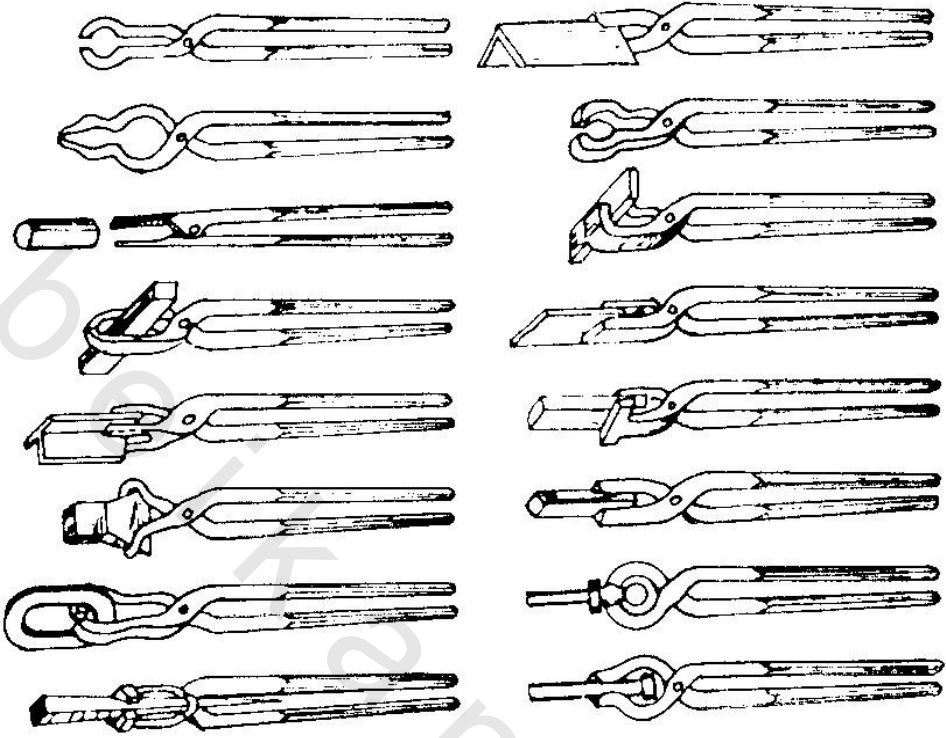
(أ) مقطع على البارد .. (الجزئين العلوي والسفلي).

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

(ج) مقطع أثناء عملية القطع (الفصل).

الملاقط : Tonges

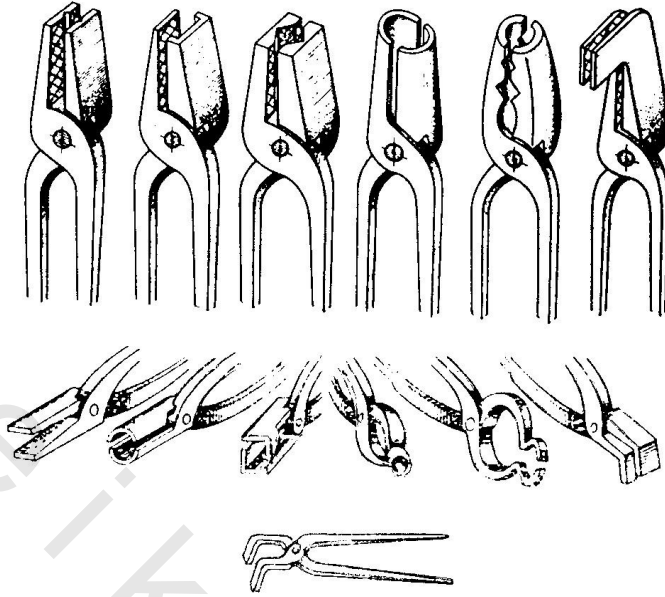
الغرض من الملاقط المختلفة الأشكال الموضحة بشكل ٣ - ١٨ هو التحكم في المشغولات (مسك المشغولات) المراد طرقها ، وخاصة المشغولات الساخنة ، أو مسك المشغولات عند وضعها بالكور ، وأيضا بعد تسخينها ، لذلك فقد صممت الملاقط بمقابض طويلة لوقاية الفنيين من حرارة الكور ومن حرارة المشغولات أيضا.



شكل ٣ - ١٨

الملاقط

كما صممت الملاقط بأشكال وأحجام مختلفة لتتناسب مع جميع عمليات الحدادة اليدوية . وشكل ٣ - ١٩ يوضح مجموعة من الملاقط ذات الأشكال الخاصة.



شكل ٣ - ١٩

الملاقط ذات الأشكال الخاصة

عند مسك شغلة بالمقاط 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 ٣ - ٢٠ للتحكم في قبضة مسك الشغلة جيدا.



شكل ٣ - ٢٠

إدخال حلقة على ذراعي الملقاط

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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.

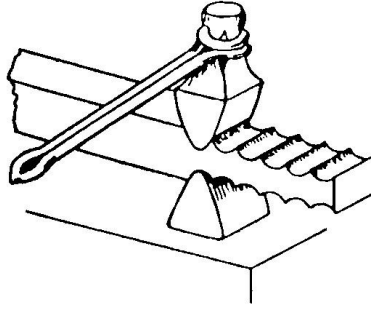
تجري عملية السحب عند تسخين المعدن على ثلاث مراحل وهي الخصر - السحب - التسوية.

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 ٣ - ٢١. وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التجهيز للسحب.

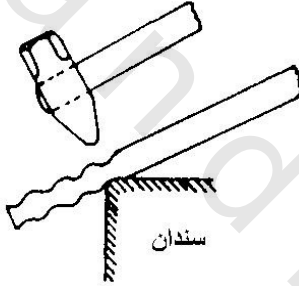


شكل ٣ - ٢١

الخصر باستخدام بلص

(ب) الخصر باستخدام حافة السندان :

في هذه الطريقة يستخدم السندان مباشرة بدون الحاجة إلى بلص ، حيث توضع الخامة المراد تشكيلها على حافة السندان ويطرق عليها كما هو موضح بشكل ٣ - ٢٢ .



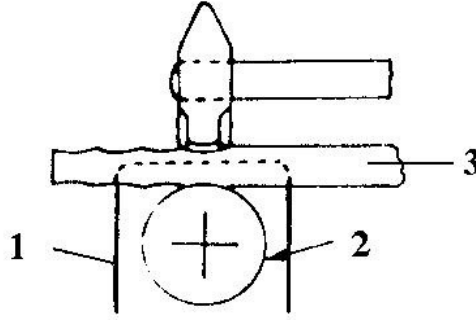
شكل ٣ - ٢٢

الخصر باستخدام حافة السندان

(ج) الخصر باستخدام قرن السندان :

في هذه الطريقة يستخدم القرن المخروطي للسندان (القرن ذو المقطع المستدير) ، حيث توضع الخامة المراد تشكيلها على القرن المستدير ويطرق عليها كما هو موضح بشكل ٣ - ٢٣ .

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



شكل ٣ - ٢٣

الخصر باستخدام قرن السندان

١. السندان.

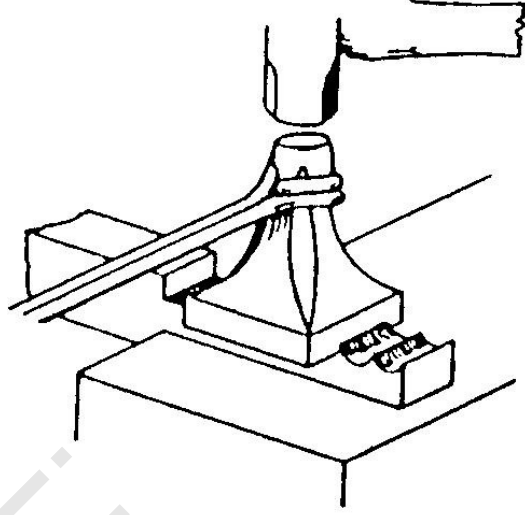
٢. قرن السندان المستدير.

٣. المشغولة المراد تشكيلها.

(د) السحب باستخدام بلص التسوية :

توضع الخامة السابق خصرها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص

التسوية كما هو موضح بشكل ٣ - ٢٤.

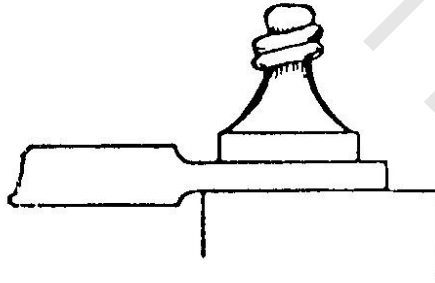


شكل ٣ - ٢٤

السحب باستخدام بلص التسوية

التسوية : Flattening

توضع الخامة السابق خصرها وسحبها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل ٣ - ٢٥ . وتعتبر هذه المرحلة هي المرحلة النهائية لعملية السحب.



شكل ٣ - ٢٥

التسوية

الكبس : Pressing

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

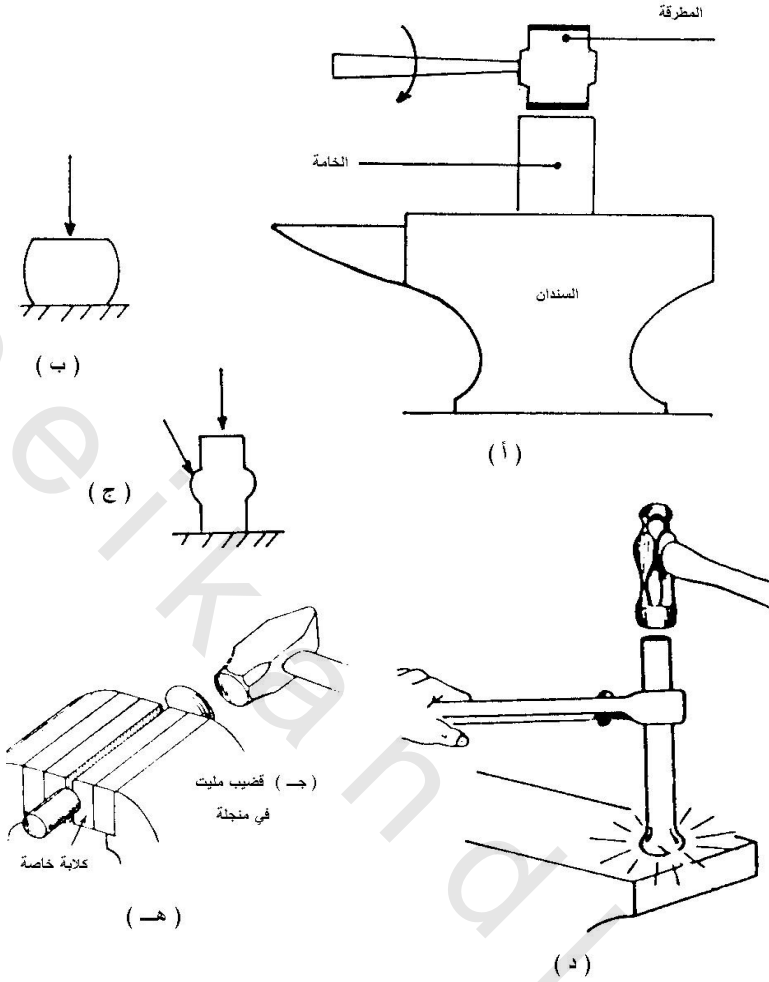
تجري عملية الكبس بتسخين الخامة كلها ، حيث تمسك من إحدى طرفيها بالملقاط ، وتوضع على سطح السندان بشكل عمودي ويطرق عليها حتى الوصول إلى القطر أو الشكل المطلوب .. وذلك في حالة كبس الخامة كلها.

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

شكل ٣ - ٢٦ يوضح نماذج مختلفة لعمليات الكبس .

ملاحظة :

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



شكل ٣ - ٢٦

نماذج لعمليات كبس مختلفة

- (أ) الخامة قبل عملية الكبس .
- (ب) كبس كلي.
- (ج) كبس جزئي .. (كبس في الوسط).
- (د) كبس جزئي .. (كبس في إحدى أطراف الشغلة).
- (هـ) كبس جزئي لمسمار.

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 :-

١. 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.

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

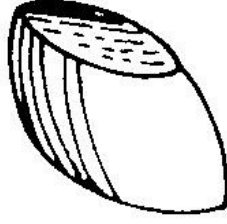
انحناء للشغلة إذا كانت طولها يزيد ثلاثة أضعاف قطرها شكل ٣ - ٢٧.



شكل ٣ - ٢٧

انحناء في الشغلة الناتج عن زيادة طولها

٤- تمدد غير منتظم للشغلة ، حيث يكون التمدد من جهة واحدة ، وذلك لعدم دوران الشغلة حول محورها أثناء عملية الكبس شكل ٣ - ٢٨.



شكل ٣ - ٢٨

تمدد غير منتظم للشغلة

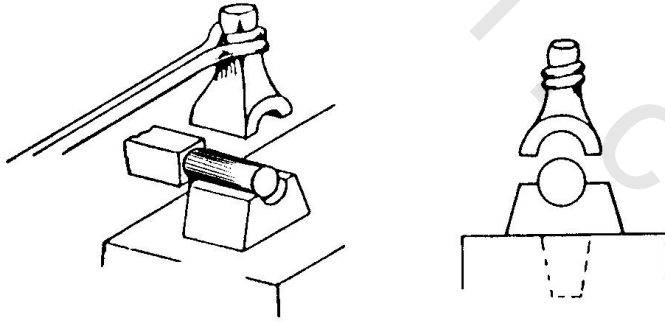
الاستدارة : Rounding

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 ٣ - ٢٩ .

ملاحظة :

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



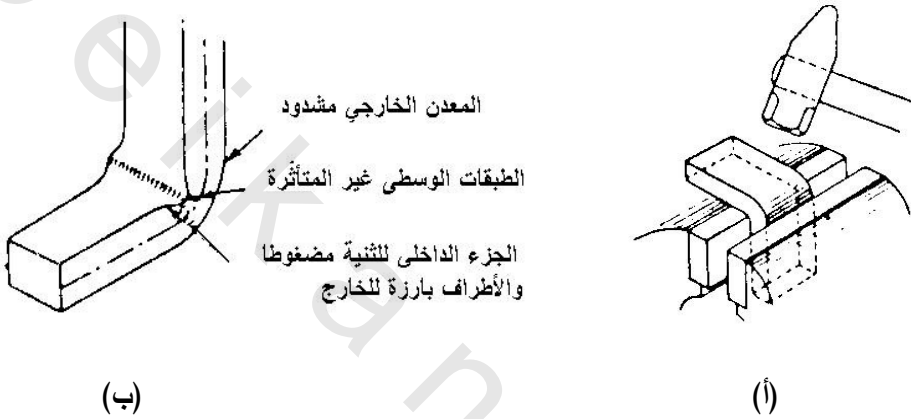
شكل ٣ - ٢٩

عملية استدارة

الثنى : Bending

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

حيث أنه إذا أجريت عملية الثنى على خامة ذات مقطع منتظم .. يؤدي ذلك إلى انخفاض ملحوظ في سمك الخامة عند منطقة الثنى ، الذي ينتج عنه انكماش طبقاته الداخلية ، بينما تتمدد طبقاته الخارجية كما هو موضح بشكل ٣ - ٣٠ .



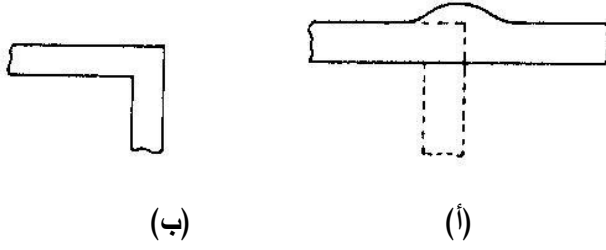
شكل ٣ - ٣٠

رداءة الشغلة لوجود تشوه في منطقة الثنى

(أ) تثبيت الشغلة في الملزمة أثناء عملية الثنى.

(ب) التأثير الخاطئ في عملية الثنى.

ولإجراء عملية الثنى الجيدة ، فانه يجب تجهيز الخامة لعملية الثنى ، بعمل كبس جزئي لزيادة مقطع الخامة عند منطقة الثنى ، ثم يجري عليها بعد ذلك عند المنطقة المجهزة عملية الثنى المطلوبة كما هو موضح بشكل ٣ - ٣١ ، حيث يعمل المعدن الإضافي السابق تجهيزه على استكمال نقص السمك بركن الزاوية المراد تشكيلها.



(ب)

(أ)

شكل ٣ - ٣١

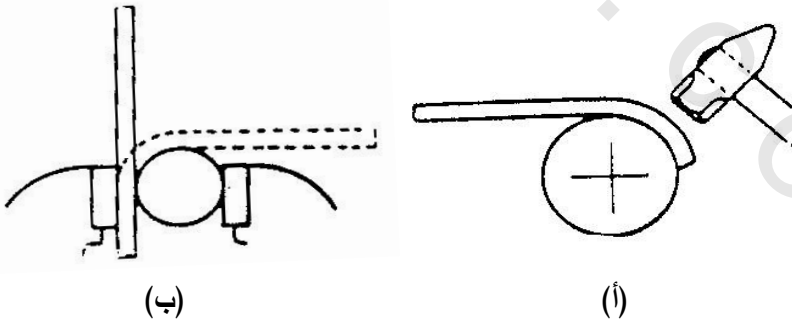
عملية جيدة لثني زاوية

(أ) الشغلة التي سبق إعدادها بمليء مواضع الثني.

(ب) عملية ثني جيدة.

أما عملية الثني المستدير ، فإنه يمكن تشكيله باستخدام قرن السندان المخروطي ذو المقطع المستدير ومطرقة مناسبة للتشكيل المطلوب كما هو موضح بشكل ٣ - ٣١ (أ) . كما يمكن الحصول على الثني المستدير بتثبيت طرف القضيب المراد تشكيله مع قرص مستدير ذو قطر مناسب بين فكي ملزمة وباستخدام مطرقة مناسبة شكل ٣ - ٣١ (ب) .

تتم هذه الطريقة بدون الحاجة إلى عمل كبس جزئي للشغلة.



(ب)

(أ)

شكل ٣ - ٣٢

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 ٣

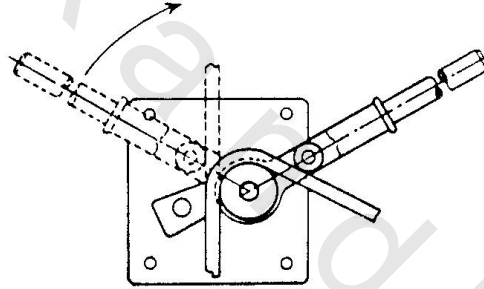
- ٣٣ وذلك في حالة التشكيل الجيد أو في الإنتاج الكمي.

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 ٣ - ٣٣

التجهيزة الخاصة لتشكيل المنحنيات الدائرية

الثقب : Punching

تجري عملية الثقب باستخدام السنك الموضح بشكل ٣ - ٣٤ ، بحيث تتم هذه

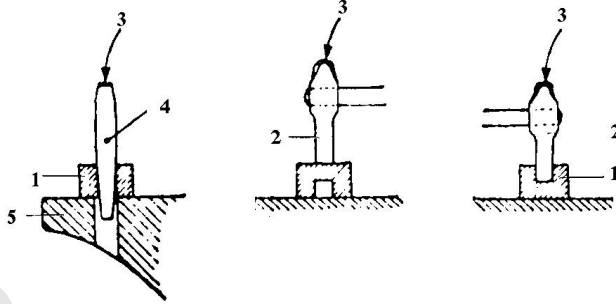
العملية على مرحلتين ، كل مرحلة من ناحية .. وذلك لعدم إصطدام السنك بالسندان ،

ثم يوسع الثقب باستخدام ضابط الثقب الموضح برقم ٤ بالشكل بالمقاس المطلوب .

بذلك يمكن عمل ثقب على شكل مستدير أو مربع أو مستدق (مسلوب) إلخ ،

حسب شكل ومقاس السنك النهائي المستخدم.

يستخدم السندان أو زهرة التشكيل كساند للشغلة.



شكل ٣ - ٣٤

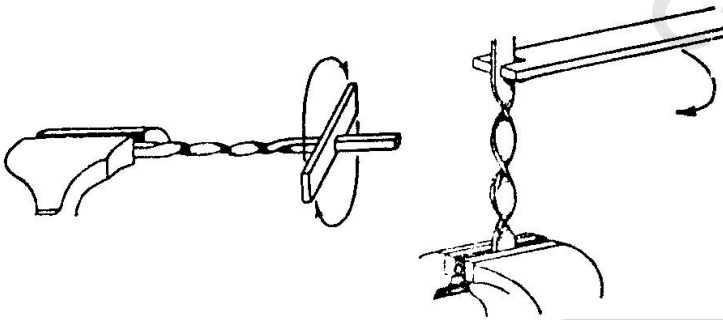
عملية الثقب باستخدام سنك

١. الشغلة المراد ثقبها.
٢. سنك الثقب.
٣. اتجاه الطرق.
٤. ضابط الثقب.
٥. سندان.

اللي : Torsion

هي عملية تشكيل قضيب معدني على البارد أو على الساخن وذلك بدوران الجزء المراد تشكيله حول محوره شكل ٣ - ٣٥.

تجري عملية اللي باستخدام وسيلة محكمة للدوران.



أساسيات تكنولوجيا التصنيع

شكل ٣ - ٣٥

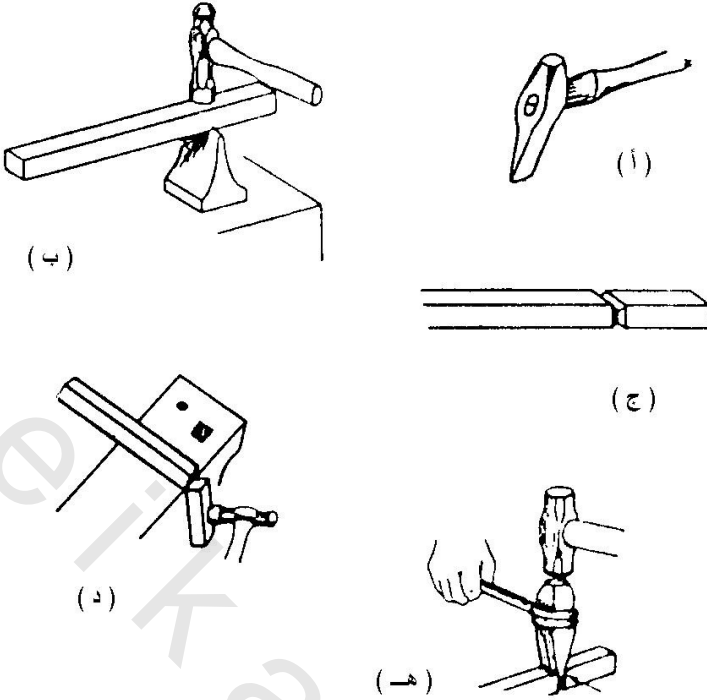
عملية اللي

القطع : Cutting

تجرى عملية القطع على الخامات في ورشة الحدادة ، وذلك لغرض تجزئة الخام إلى أجزاء بمقاسات معينة أو لفصل جزء زائد عن الحاجة.

يستخدم لذلك المقاطع ، حيث يثبت قاعدة المقطع في السندان ، وتوضع الشغلة في المكان المحدد بين قاعدة المقطع ووجه المقطع ، ثم يطرق على القاطع باستخدام مطرقة مناسبة حتى يتم القطع (الفصل) كما هو موضح بشكل ٣ - ٣٦.

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



شكل ٣ - ٣٦

عملية القطع في ورشة الحدادة

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

اللحام : Welding

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

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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

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

توجد عدة طرق للحام المعادن بالطرق وهي موضحة فيما بعد بشكل ٣ - ٣٧ كالآتي :-

(أ) لحام متقابل : Counter Welding

يسمى اللحام المتقابل بالوسط الفني بلحام قويرة على قويرة ، حيث تجهز الأجزاء المراد لحامها بتجهيز 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.

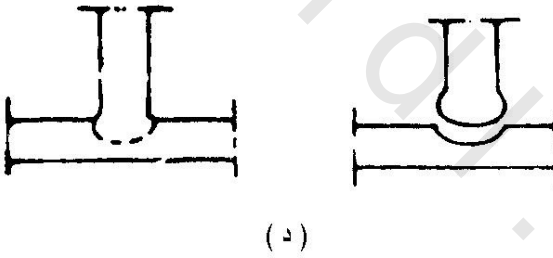
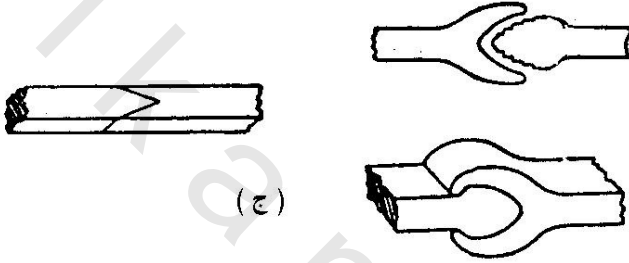
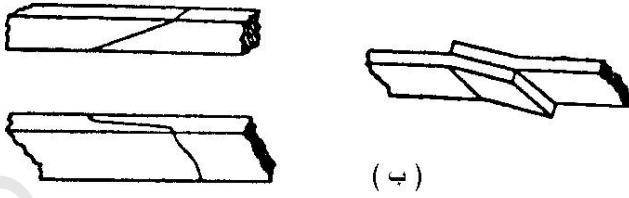
(ج) لحام تراكمي : Lap Welding

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

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

(د) لحام متعامد : Vertical Welding

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



شكل ٣ - ٣٧

الطرق المختلفة لعمليات اللحام بالطرق

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

تذكر أن :

يجب التأكد من درجة حرارة القطعة المراد تشكيلها عند إجراء عملية التشكيل المختلفة بالحدادة ، بحيث تكون درجة حرارتها ٩٠٠ درجة مئوية ، ويميز لون الحديد بمجرد النظر للخامة ، حيث يكون في هذه الدرجة لونه أحمر فاتح ، أما في حالة اللحام الحدادي فإنه يجري تجميع قطعتين أو أكثر من المعدن لتكون مطروقة واحدة ، وذلك من خلال تسخين المعادن المراد وصلها إلى درجة حرارة الحدادة ، ثم يطرق عليها بعد تجميعها . والشرط الأساسي لنجاح عملية اللحام ، هو تسخين المعادن المطلوب وصلها بدرجة الحرارة المناسبة ، ويجب أن يكون التسخين منتظماً بالتركيز على المواضع المراد وصلها ، علماً بأن الارتفاع الكبير في درجة الحرارة يؤدي إلى احتراق المعدن .. وبالتالي تلف القطعة المراد تشكيلها.

إرشادات :

يجب ملاحظة الإرشادات التالية أثناء عملية وصل المعادن باللحام الحدادي بالطرق .. وهي كالآتي :-

١. يجب استخدام الفحم الحجري أو فحم الكوك في عمليات لحام الصلب ، حيث أنهما يحتويان على نسبة منخفضة من الكبريت.
٢. تسخين الأجزاء المراد لحامها مع بعضها البعض إلى درجة الحرارة التي تجعل المعدن في حالة تعجن .
٣. انتظام الحرارة في منطقة اللحام.
٤. عدم تعرض المعدن إلى درجة حرارة عالية أكثر من اللازم ، حيث يؤدي ذلك إلى حرق المعدن وتلف الشغلة.
٥. عدم انخفاض درجة حرارة المعدن عن الدرجة المطلوبة ، حيث يسبب ذلك في عدم لحام الأجزاء مع بعضها البعض.

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

تمريبات

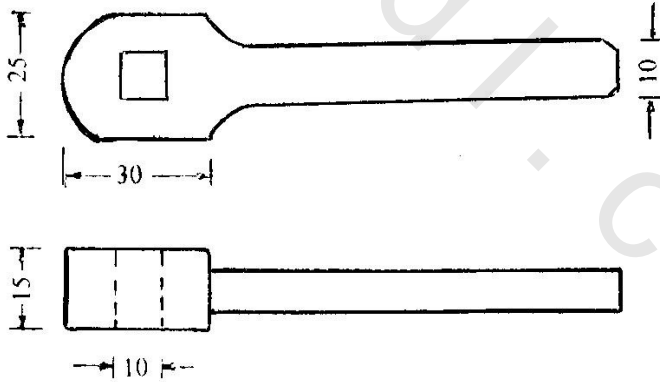
على عمليات تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية

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 ٣ - ٣٨ .



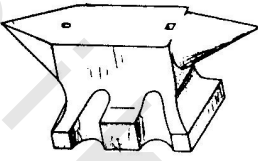
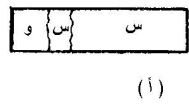
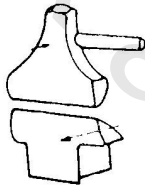
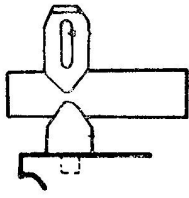
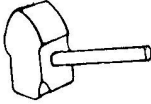
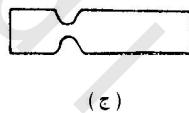
شكل ٣ - ٣٨

من الخامة المعطاة يشكل التمرين بالشكل والأبعاد الموضحة

خطوات العمل النموذجية لتشكيل التمرين الأول :

١- عملية الخصر :

يوضع التمرين بفرن الكور لتسخينه حتى يصل إلى درجة الاحمرار ، ويتم مسك التمرين ونقله عن طريق ملقاط مبسط كما هو موضح بشكل ٣ - ٣٩ ، وتجري عملية الخصر على الجزء (س) وذلك لتخفيضه قبل إجراء أي عملية من عمليات الحدادة.

الأدوات والمعدات المستخدمة	رسم العملية
	
	
	
	

شكل ٣ - ٣٩

الخطوة الأولى لتشكيل التمرين

- تخطيط المشغولة قبل تخطيطها.
- عملية الخصر للمشغولة باستخدام بلص خصر وسندان.
- الشفلة بعد عملية الخصر.

٢- عملية السحب :

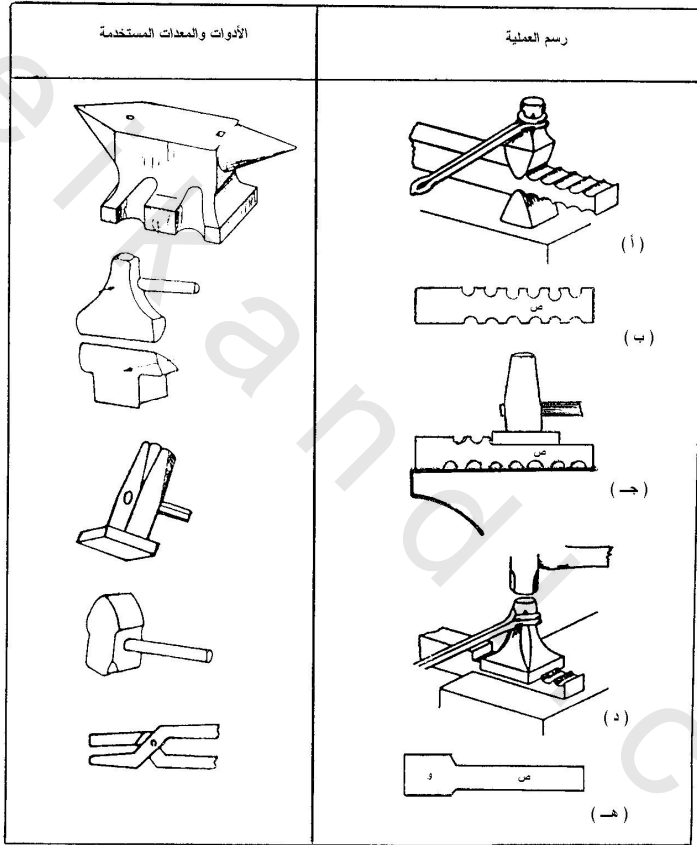
تتم عملية السحب على مرحلتين هما :-

(أ) استمرار عملية الخصر في الجزء (ص) كما هو موضح بشكل ٣ - ٤٠

وذلك لتخفيض سمك المعدن في هذا الجزء.

(ب) التسوية على الجزء (ص) كما هو موضح بشكل ٣ - ٤٠ (ب) وذلك

لتخفيض السمك وزيادة الطول.



شكل ٣ - ٤٠

الخطوة الثانية لتشكيل التمرين

(أ) استمرار عملية الخصر.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

(ب) المشغولة بعد عملية الخصر .

(ج) السحب والتسوية.

(د) استمرار عملية السحب والتسوية.

(هـ) المشغولة بعد عملية السحب والتسوية.

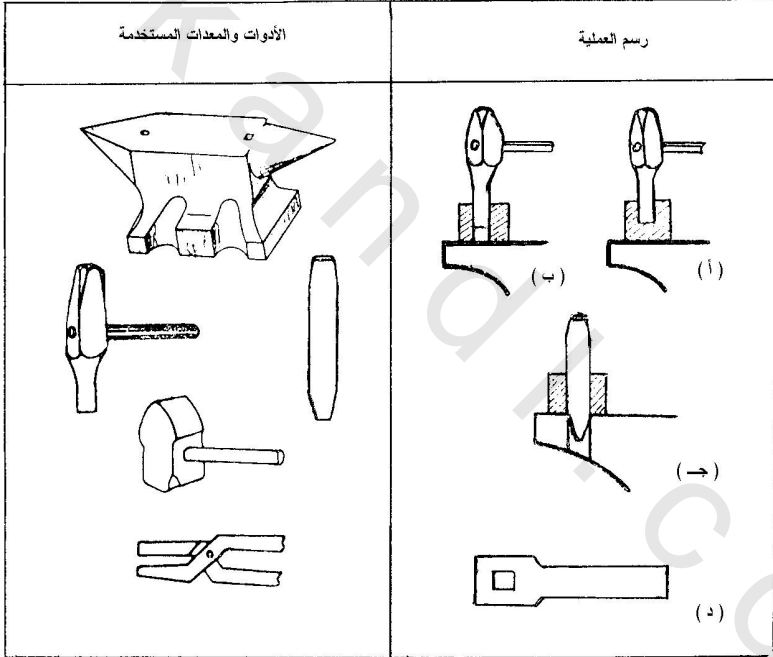
٣- عملية الثقب :

تجري عملية ثقب التمرين ثقباً مربعاً بالجزء (و) عن طريق استخدام سنبك مربع، ويتم عمل الثقب المربع على ثلاثة مراحل كما هو موضح بشكل ٣ - ٤١ .

(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 ٣ - ٤١

الخطوة الثالثة لتشكيل التمرين

(أ) عملية الثقب باستخدام سنبك مربع.

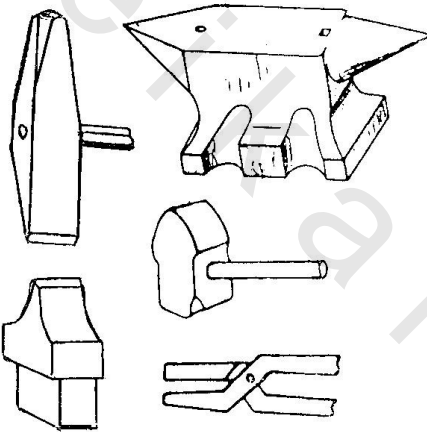
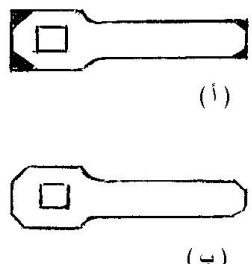
(ب) عكس وضع التمرين ، والثقب باستخدام السنك المربع.

(ج) تشطيب الثقب باستخدام ضابط ثقب.

(د) التمرين بعد إجراء عملية الثقب.

٤- عملية القطع :

في هذه الخطوة يتم قطع الأجزاء المظلمة ، وهي الأجزاء الزائدة والغير مرغوب فيها كما هو موضح بشكل ٣ - ٤٢ .

الأدوات والمعدات المستخدمة	رسم العملية
	 (أ) (ب)

شكل ٣ - ٤٢

الخطوة الرابعة لتشكيل التمرين

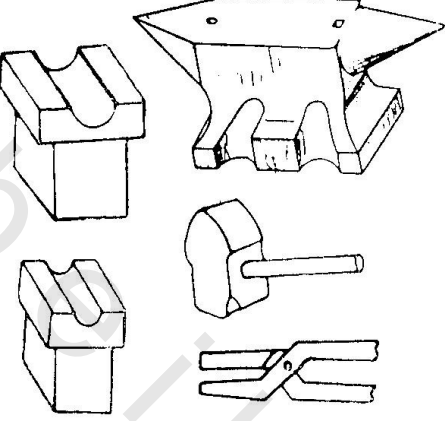
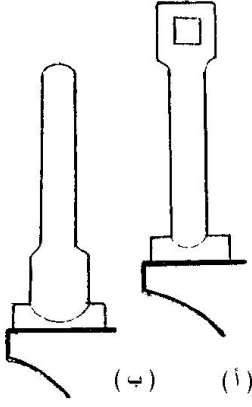
(أ) شنكرة التمرين باستدارة الجانبيين لإزالة الأجزاء المظلمة.

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

٥- 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 ٣ - ٤٣ .

الأدوات والمعدات المستخدمة	رسم العملية
	

شكل ٣ - ٤٣

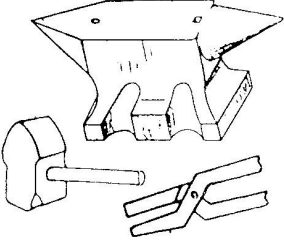
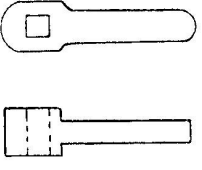
الخطوة الخامسة لتشكيل التمرين

(أ) استدارة التمرين باستخدام بلص ملفوف بمقاس صغير.

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

٦- التشطيب النهائي :

تجرى اللمسات الأخيرة على الأسطح لمعالجة بعض التشوهات الناتجة عن استخدام أدوات الحدادة المختلفة ، وذلك للوصول إلى الشكل بالأبعاد المطلوبة للتمرين
شكل ٣ - ٤٤.

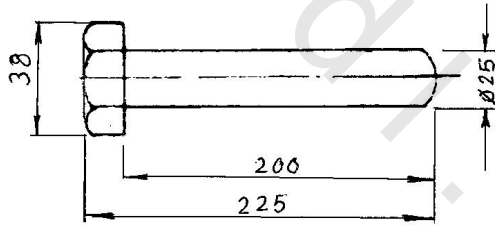
الأدوات والمعدات المستخدمة	رسم العملية
	

شكل ٣ - ٤٤

تشطيب نهائي للتمرين

التمرين الثاني :

من خلال قضيب أسطواني Ø 25 mm يراد تشكيل مسمار برأس مسدس وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل ٣ - ٤٥ .



شكل ٣ - ٤٥

مسمار برأس مسدس

خطوات العمل النموذجية لتشكيل التمرين الثاني :

يتم قطع وتشكيل المسمار المطلوب بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية الموضحة بشكل ٣ - ٤٦ .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

الخطوة الأولى :

١. تجهيز قضيب من الصلب بقطر $\varnothing 25 \text{ mm}$.
٢. عمل علامة على الطول المطلوب تشكيله وهو 280 mm .
٣. تسخين الجزء الموضح به علامة الطول المطلوب تشكيل.
٤. قطع الطول المطلوب باستخدام المقطع الساخن.

الخطوة الثانية :

١. تسخين أحد طرفي القضيب بطول حوالي 90 mm .
٢. كبس الجزء الساخن باستخدام مطرقة مناسبة .

الخطوة الثالثة :

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

٣. كبس (فلطحة) رأس المسمار باستخدام مطرقة مناسبة.

الخطوة الرابعة :

١. إخراج ساق المسمار من ثقب القالب والسندان.
٢. تهذيب شكل رأس المسمار بحيث يكون شكل الرأس مستدير ، وذلك عن طريق الطرق باستخدام مطرقة مناسبة.

الخطوة الخامسة :

١. تجهيز بلص بشكل مثلث.
٢. وضع رأس المسمار على النصف الأسفل للبلص المسدس ، ويطرق عليه باستخدام مطرقة مناسبة ، حتى الوصول إلى الشكل المسدس لرأس المسمار.

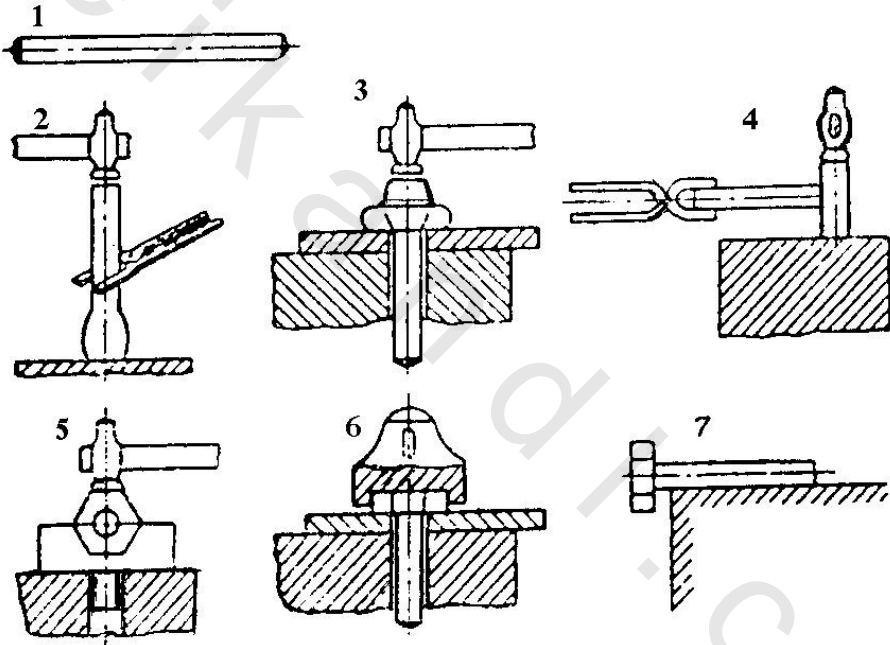
الخطوة السادسة :

١. تجهيز بلص مسدس علوي ، وقالب بنفس ثقب المسمار.
٢. تسخين رأس المسمار.

٣. يوضع القالب على السندان بحيث يمر ساق المسمار في ثقب القالب والسندان.
٤. يوضع وجه البلص المسدس العلوي على رأس المسمار ويترك عليه باستخدام مطرقة مناسبة.

الخطوة السابعة :

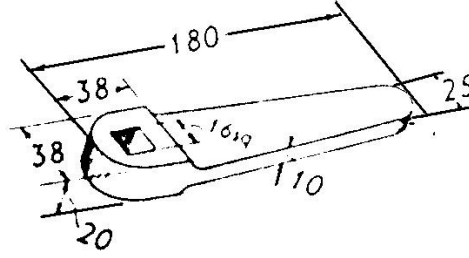
١. قياس ساق المسمار ، وفي حالة وجود زيادة في الطول ، يسخن طرف الساق ، ويقطع الطول الزائد الغير مرغوب فيه باستخدام مقطع ساخن.
٢. تشطيب نهائي بعمل اللمسات الأخيرة على المسمار من حيث إستعداد الساق وطرفي المسمار.



شكل ٣ - ٤٦

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل مسمار برأس مسدس

من الخامات المعطاة يراد تشكيل مفتاح مربع من الداخل وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل ٣ - ٤٧.



شكل ٣ - ٤٧

مفتاح مربع من الداخل

خطوات العمل النموذجية للتمرين الثالث :

يتم تشكيل المفتاح المطلوب بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية كما هو

موضح بشكل ٣ - ٤٨ .

الخطوة الأولى :

١. تسخين الخامة.

٢. عمل حز على الجانبين المسطحين للخامة باستخدام بلص خصر (بلص محرز).

الخطوة الثانية :

١. تجري عملية خصر وسحب للذراع وذلك باستخدام بلص خصر وبلص سحب.

الخطوة الثالثة :

١. تسوية الذراع باستخدام بلص تسوية.

الخطوة الرابعة :

١. تخطيط الذراع بالشكل التقريبي المطلوب.

٢. إزالة الأجزاء الزائدة والغير مرغوب فيها باستخدام مقطع ساخن.

الخطوة الخامسة :

١. تشكيل طرفي المفتاح بشكل مستدير باستخدام قالبين تشكيل ملفوفان بمقاسين

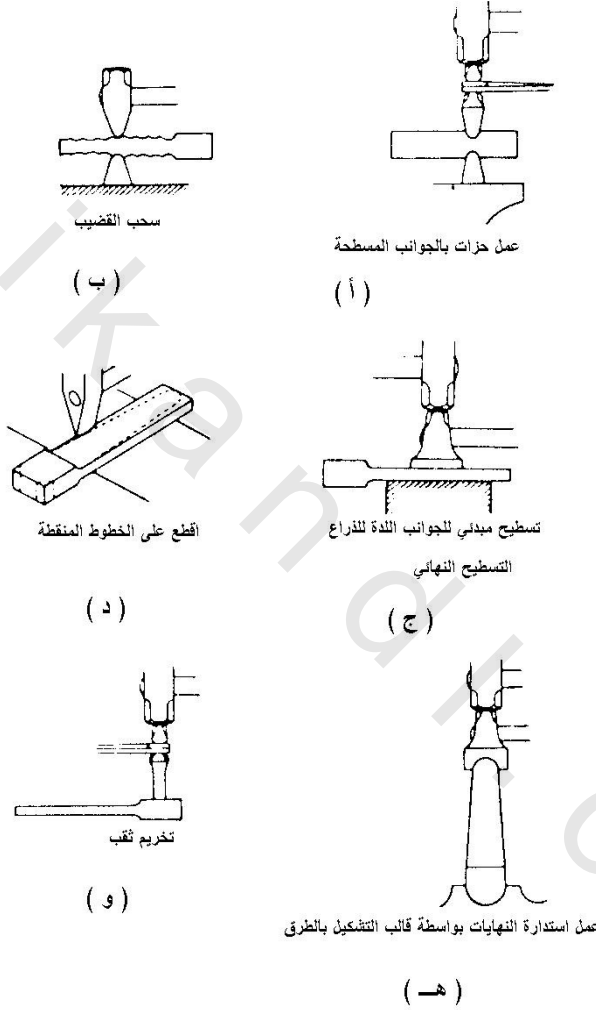
مختلفين.

الخطوة السادسة :

١. الثقب باستخدام سنبك مربع حتى الوصول بالقياس المطلوب.

الخطوة السابعة :

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



شكل ٣ - ٤٨

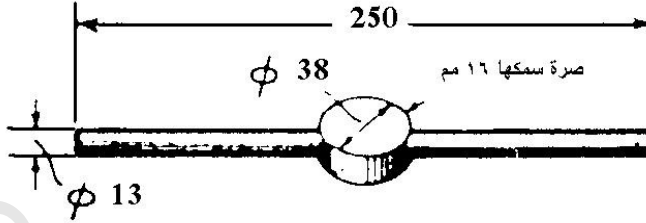
تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل مفتاح مربع من الداخل

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

التمرين الرابع :

من الخامات المعطاة يراد تشكيل كفة قلاووظ وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة

بشكل ٣ - ٤٩ .



شكل ٣ - ٤٩

كفة قلاووظ

خطوات العمل النموذجية للتمرين الرابع :

يتم تشكيل كفة القلاووظ المطلوب تشكيلها باتباع خطوات العمل النموذجية ،
بتسلسل خطوات العمل النموذجية التالية كما هو موضح بشكل ٣ - ٥٠ .

الخطوة الأولى :

١. تخطيط مكان صرة كفة القلاووظ بالخامة.
٢. تسخين الخامة .
٣. عمل حوزز على مكان التخطيط بسمك أكبر قليلا من قطر ذراعي الكفة.

الخطوة الثانية :

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

الخطوة الثالثة :

١. تخطيط على الشغلة بشكل تقريبي.
٢. إزالة الأجزاء الزائدة عن الحاجة والغير مرغوب فيها باستخدام مقطع ساخن .

الخطوة الرابعة :

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

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

الخطوة الخامسة :

إستدارة الصرة باستخدام بلص تشكيل ملفوف بقطر مناسب.

الخطوة السادسة :

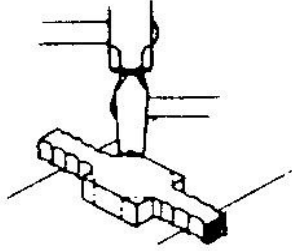
إستدارة ذراعي الكفة باستخدام قالب تشكيل ملفوف بقطر مناسب.

الخطوة السابعة :

تشطيب نهائي للتمرين.

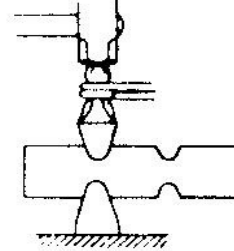
ملاحظة :

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



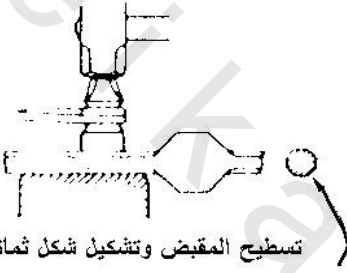
طرق الصرة لتكوين شكل معدني

(ب)



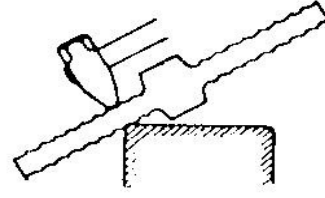
تخزين

(أ)



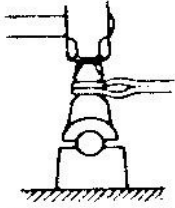
تسطيح المقبض وتشكيل شكل ثماني

(د)



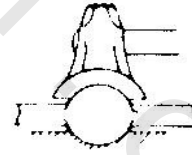
سحب معدني

(ج)



عمل استدارة الأذرع

(و)



عمل استدارة الصرة بواسطة
قالب التشكيل بالطرق

(هـ)

شكل ٣ - ٥٠

تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل كفة قلاووظ

الباب الرابع

4

الحدادة بالماكينات

Machines Forging

مهيّد

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

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

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

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

ويتناول القوالب المختلفة المستخدمة في عمليات التشكيل (الإسطمبات المفتوحة والمغلقة) ، ومميزات وعيوب كل منهم ، والأوضاع الصحيحة والخاطئة للخامات

الساخنة أثناء تشكيلها بالقوالب ، والطرق المختلفة لنزعتها 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.

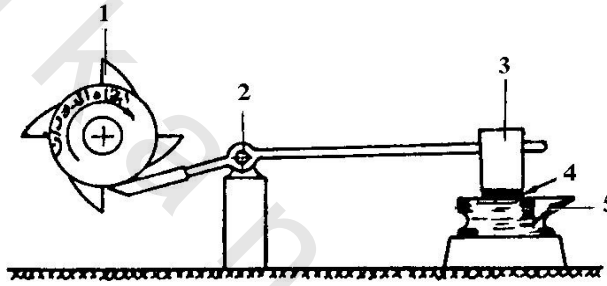
ومع التقدم المستمر والحاجة المتزايدة إلى الأحجام الكبيرة للأجزاء والمشغولات
المطلوب تشكيلها ، واستغلال المصادر الطبيعية مثل تساقط المياه ، ثم اكتشاف
مصادر توليد الطاقة الحرارية مثل الفحم والبتروول الخ ، أدى ذلك إلى التطور
التدريجي في الصناعة.

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 ٤ - ١ 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 لدورانها ، 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 ٤ - ١

المطرقة ذات العجلة المسننة

١. عجلة مسننة.

٢. محور إرتكاز.

٣. كتلة الطرق.

٤. الشغلة.

٥. السندان.

عيوب المطرقة ذات العجلة المسننة :

أدى استخدام المطرقة ذات العجلة المسننة إلى ظهور عدة عيوب أهمها الآتي :-

١. انخفاض سرعة وعدد الطرق.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٢. كسر اللوح الخشبي.

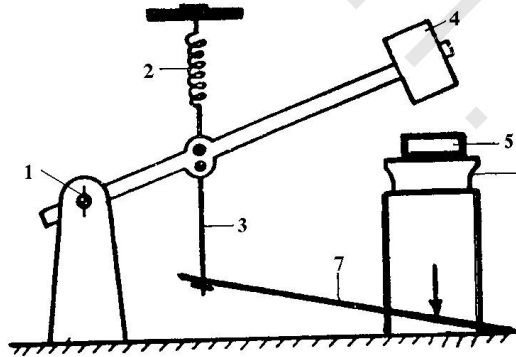
٣. التأثير السيئ للمشغولات وذلك لانخفاض درجة حرارتها الناتج عن تسرب المياه المتساقطة إليها أثناء عملية التشكيل.

تطور المطارق : Development Of Hammers

للعيوب التي ظهرت على المطرقة ذات العجلة المسننة ، فقد ظهرت مطرقة تدار عن طريق قدم الحداد شكل ٤ - ٢ وهي عبارة عن ذراع مركب في إحدى نهايته كتلة الطرق ، والنهية 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 ٤ - ٢

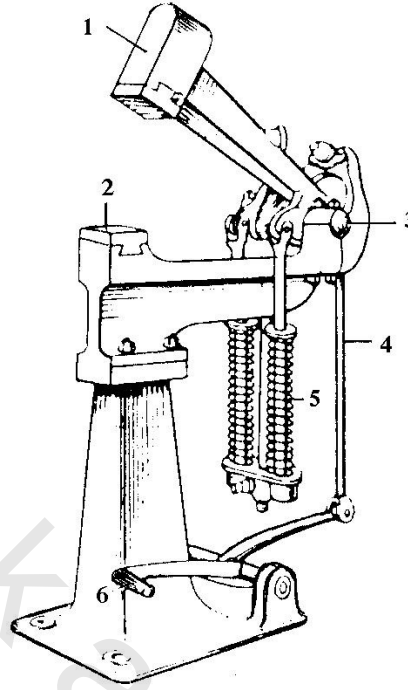
مطرقة تدار بالقدم

١. محور إرتكاز.
٢. نابض لولبي شد .. (ياي شد).
٣. وصلة.
٤. كتلة الطرق.
٥. الشغلة المراد تشكيلها بالطرق.
٦. السندان.
٧. دواسة .. للضغط عليها بقدم الفني بضغوطات متكررة 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 ٤ - ٣ 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 (المرزية). أدى ظهور مطرقة أوليفر إلى زيادة الإنتاج والاستغناء عن مساعد الحداد أو الطارق.



شكل ٤ - ٣

مطرقة أوليفر

١. كتلة الطرق.

٢. قاعة الطرق .. (السندان).

٣. محور إرتكاز.

٤. وصلة.

٥. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط).

٦. دواصة .. 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 أدى إلى تشكيل المعادن المختلفة بإنتاج كمي وعرضها بأسعار منخفضة مع الاحتفاظ بكفاءة وجودة هذه المنتجات.

تطور صناعة الحدادة : Development Of Forging Manufacturing

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

ولقد كانت لصناعة الحدادة نصيب من هذا التطور عند ظهور المكابس والمطارق الآلية المختلفة ، والتي كان لها عظيم الأثر في تحويل الأسلوب المتبع بالحدادة اليدوية إلى حدادة آلية ذات إنتاج آلي .. مع استخدام قوالب التشكيل التي ينتج من خلالها مشغولات ذات إنتاج متماثل وذات جودة عالية .. الأمر الذي أدى إلى استبدال الأكوار ذات السعة المحدودة إلى أفران كبيرة ذات سعة ودرجة حرارة عالية .

وعلى 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 أتمتاتي 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 ٣٥٠ طن.

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

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

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

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

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

المطارق الآلية

Power Hammers

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

النوع الأول :

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

النوع الثاني :

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

النوع الثالث :

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

مواصفات المطارق : Hammers Specifications

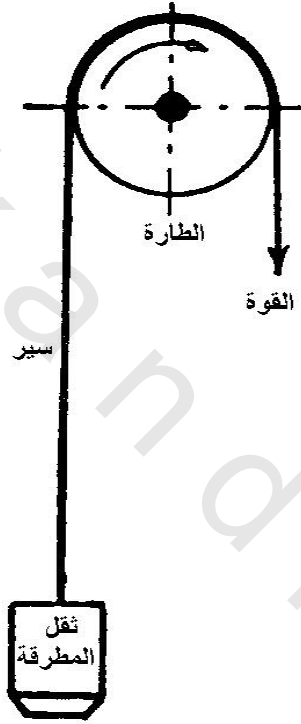
يوصف النوع الأول (المطارق الميكانيكية والمطارق ذات النوابض) بوزن الأجزاء الساقطة .. أي وزن كتلة الطرق.

ويوصف النوع الثاني والثالث (مطارق الهواء المضغوط والمطارق البخارية) بوزن المكبس وعموده ، حيث يقال مطرقة ١٠ طن .. هذا يعني أن وزن كتلة الطرق في النوع الأول أو وزن المكبس وعموده في النوع الثاني والثالث يساوي ١٠ طن.

أساس عمل المطرقة الساقطة :

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

يمكن التعرف على نظرية عمل المطرقة الساقطة من خلال التجربة البسيطة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ٤ 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 فإن الثقل يسقط بسرعة إلى أسفل وينتج عنه طرقة قوية أقوى من قوة الشد المبذولة ، وذلك لإضافة الجاذبية الأرضية على وزن الثقل.



شكل ٤ - ٤

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 لارتفاع الكبير في التكاليف وزمن التشكيل ، هذا بالإضافة إلى عدم تجانس وتطابق المشغولات المنتجة مع بعضها البعض.

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

وللحدادة بالطرق إمكانيات وقدرات مختلفة ، فمثلا المشغولات التي تبلغ وزنها خمسة أطنان ، تحتاج إلى رؤوس مطارق ما بين ١٠ إلى ١٥ طن .. وبالرغم من وجود المطارق الضخمة ، إلا أنه في بعض الحالات يفضل طريقة ضغط المشغولات بالمكابس.

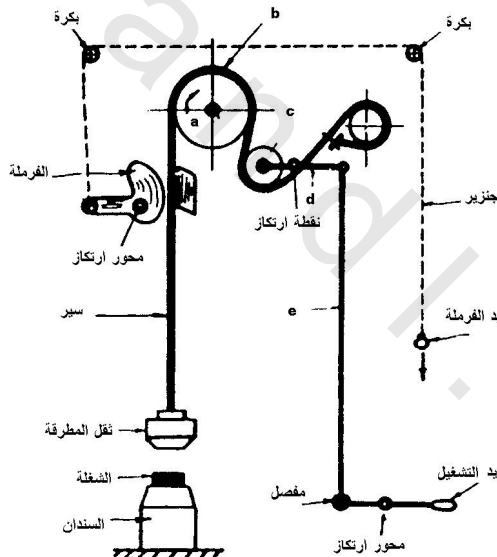
تتميز المعادن المشكلة على الساخن باستخدام المطارق الساقطة بالجودة العالية وترتيب البنية البلورية للمنتج ، لذلك فإن المشغولات المشكلة بهذه الطريقة تستخدم بوفرة في جميع الحالات التي تطلب قوة ومقاومة عالية . وعلى سبيل المثال لا الحصر فإنه ينتج بالتشكيل باستخدام المطارق المتساقطة العديد من الأجزاء المستخدمة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

المطرقة الساقطة : Drop Hammer

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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 الطريقة وهكذا.

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



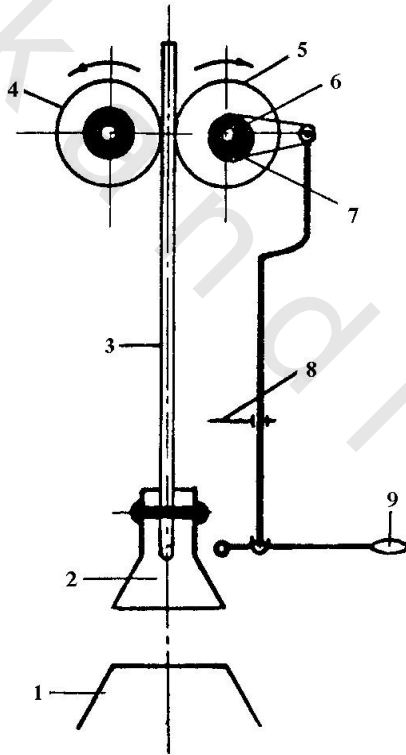
شكل ٤ - ٥

رسم تخطيطي للمطرقة الساقطة

المطرقة الساقطة ذات اللوح : Board Drop Hammer

المطرقة الساقطة ذات اللوح الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ٦ ، سميت بهذا الاسم نظراً لاحتوائها على لوح خشبي ، وضع اللوح في هذه المطرقة بشكل رأسي ، مثبت بطرفه الأسفل رأس المطرقة ، أما الجزء العلوي من اللوح فإنه يركب بين بكرتين يتحركان حركة دائرية في اتجاهين متضادين .

عند تناقص المسافة بين البكرتين الدائرتين .. ينتج عن ذلك احتكاكهما وانضغاطهما على اللوح الخشبي لاندفاعه إلى أعلى رافعا معه رأس المطرقة ، وعند زيادة المسافة بين البكرتين .. ينعدم احتكاكهما مع اللوح ، فيسقط اللوح والثقل وتحدث المطرقة . تتوقف قوة المطرقة على وزن رأس الطرق والارتفاع الذي سقطت منه .



شكل ٤ - ٦

رسم تخطيطي للمطرقة الساقطة ذات اللوح

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

١. سندان.
٢. ثقل المطرقة.
٣. لوح خشبي.
٤. بكرة.
٥. بكرة.
٦. عمود مرفق.
٧. كرسي محور لا مركزي.
٨. دليل ضبط المشوار.
٩. مقبض تشغيل.

مميزات منتجات المطارق الساقطة

تتميز المنتجات المشكلة على المطارق الساقطة المختلفة بالآتي :-

١. الحصول على أكبر مقاومة للاجهادات.
٢. تخفيض الزيادات في الخامات المخصصة لعمليات التشطيب النهائي إلى أدنى حد.
٣. تخفيض عمليات التشطيب النهائي إلى أدنى حد.
٤. الاقتصاد في المعدن.
٥. التخفيض الكبير في الأيدي العاملة.
٦. أقل تكلفة.

المطرقة ذات النابض : Spring Hammer

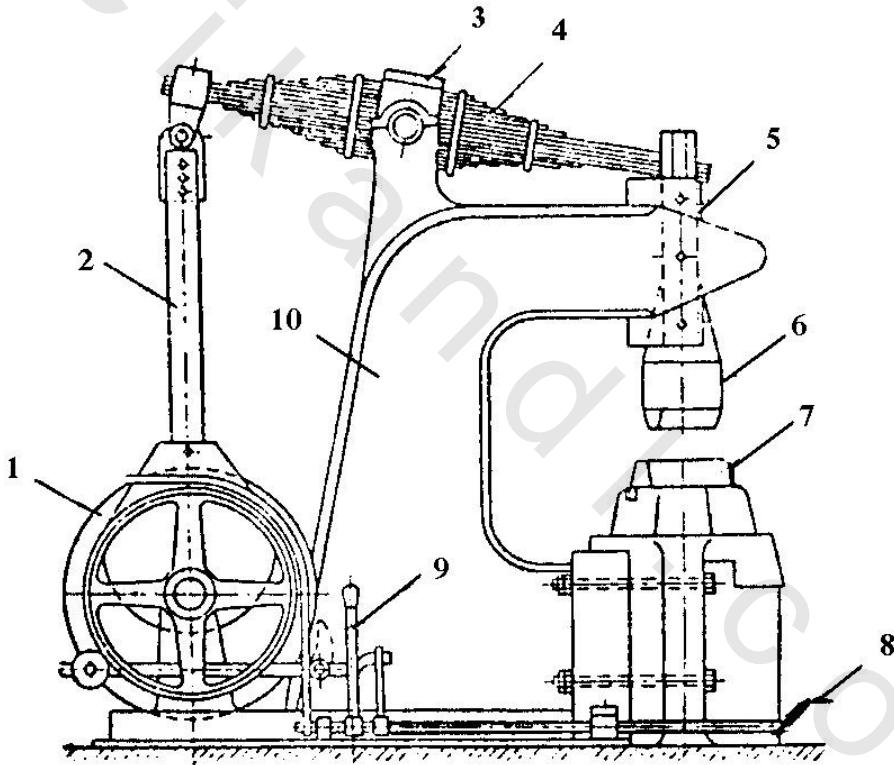
المطرقة ذات النابض الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ٧ هي التي تعمل من خلال الحركة المتأرجحة للنوابض الورقية (اليات أو السوست الورقية) .. لذلك سميت بالمطارق ذات النوابض.

عند دوران عمود المرفق ١ بالحركة الدائرية ، يؤثر على عمود المطرقة الذي يحمل كتلة الطرق ٦ ليحركه إلى أعلى وإلى أسفل ، وذلك نتيجة لحركة أوراق الصلب

النابضة ٤ الحركة المتأرجحة .. الذي يؤدي إلى الطرقات المتتالية على المشغولات المراد تشكيلها.

يتراوح وزن كتلة الطرق (الأجزاء الساقطة) من ٣٠ إلى ٢٥٠ كيلو جرام ، ووزن كتلة النوع الشائع الاستعمال ١٠٠ كيلوجرام . وتتراوح سرعة طرقاتها من ٣٠ إلى ٤٠٠ طرقة في الدقيقة ، والنوع الذي وزن كتلة الطرق فيه ٥٠ كيلو جرام يصل سرعة طرقاته إلى ٣٠٠ طرقة في الدقيقة.

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



شكل ٤ - ٧

رسم تخطيطي للمطرقة ذات النابض

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

١. عمود المرفق.
٢. ذراع توصيل.
٣. محور ارتكاز.
٤. نوابض ورقية .. (يايات ورقية).
٥. دليل عمود الطرق.
٦. كتلة الطرق.
٧. السندان.
٨. دواصة للتحكم في تشغيل المطرقة.
٩. فرملة.
١٠. الهيكل .. (جسم المطرقة).

مميزات المطرقة ذات النابض :

تتميز المطرقة النابضة بالميزات التالية :-

١. بساطة التصميم الذي يسمح بتنظيم سرعة وقوة الطرقات.
٢. ذات كفاءة أكبر في الإنتاج.
٣. أكثر تحمل.
٤. سهولة التشغيل والصيانة.
٥. انخفاض القوة المحركة التي يحتاج إليها لإدارتها.
٦. رخيصة الثمن.

عيوب المطرقة ذات النابض :

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

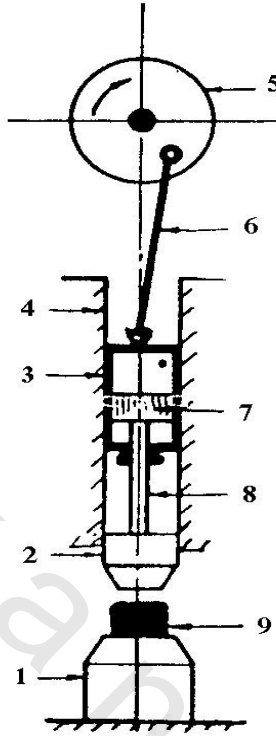
المطرقة الهوائية : Pneumatic Hammer

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

النوع الأول :

موضح بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ٨ . يعتمد على رفع ثقل المطرقة عن

طريق خلخلة وتفريغ الهواء من الجزء العلوي للأسطوانة.



شكل ٤ - ٨

رسم تخطيطي لمطرقة تعمل من خلال تخلخل وتفريغ الهواء

١. السندان.
٢. ثقل المطرقة.
٣. أسطوانة متحركة حركة رأسية بين دليلين.
٤. دليل الأسطوانة مثبت بشكل رأسي.
٥. مرفق يأخذ حركته من عمود إدارة.
٦. ذراع توصيل ما بين المرفق والأسطوانة.
٧. مكبس.
٨. عمود المكبس يحمل ثقل المطرقة.
٩. الشغلة المطلوب تشكيلها.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

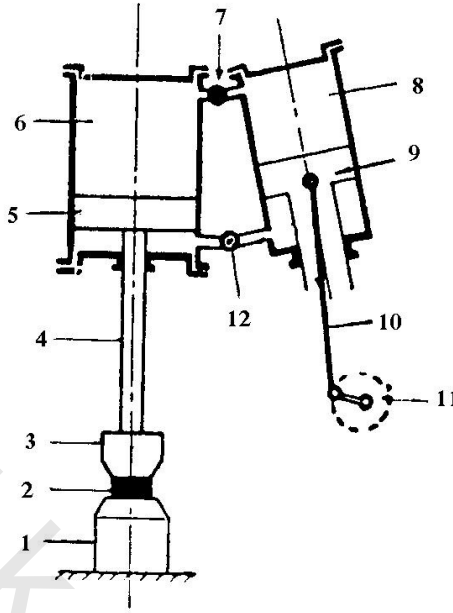
تركب الأسطوانة ٣ في هذه المطرقة بشكل رأسي ، وتتحرك بين دليلين رأسيين ، يتصل بأعلى الأسطوانة ٣ ذراع توصيل ٦ متصل بالمرفق ٥ ، يأخذ حركته من عمود إدارة ، يتحرك داخل الأسطوانة مكبس ٧ يتصل وعموده بثقل المطرقة ٢ . عند تحرك المرفق ٥ يرفع ذراع التوصيل ٦ الأسطوانة ٣ ، وحيث أن المكبس ٧ لم يتحرك ، فإن حجم الحيز الموجود بالجزء العلوي للأسطوانة يزداد تدريجيا .. وبالتالي ينخفض ضغطه .

وحيث أن الضغط أسفل الأسطوانة يساوي الضغط الجوي ، فإن فرق الضغطين يدفع المكبس ٧ إلى أعلى رافعا معه ثقل المطرقة ٢ . وقبل أن يصل المكبس ٧ إلى نهاية مشواره ، تكون الأسطوانة ٣ قد بدأت في الهبوط عن طريق حركة دوران المرفق ٥ ، حيث يقل حجم الحيز بأعلى المكبس .. وبالتالي يزداد 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 ٣ في الصعود مرة أخرى ، حيث ينخفض الضغط بأعلى المكبس ٧ ويرتفع وهكذا تتم عملية رفع عمود المكبس وانخفاضه لتحدث الطرقات المتتالية .

النوع الثاني :

يحتوي النوع الثاني للمطارق الهوائية الموضح بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ٩ على أسطوانتين ، أحدهما تسمى بأسطوانة الطرق ، حيث يتحرك بداخلها المكبس الذي يحمل ثقل المطرقة ، أما الأسطوانة الأخرى فإنها تعمل كمضاغط هواء لتجهيز الهواء المضغوط وهي مركبة خلف أسطوانة المطرقة . يتصلا الأسطوانتين ببعضهما عن طريق صمامين تحكم . ويتحرك كباس المضاغط عن طريق عمود التوصيل الذي يأخذ حركته من المرفق .



شكل ٩ - ٤

رسم تخطيطي لمطرقة هوائية تعمل بالهواء المضغوط

١. السندان.
٢. الشغلة المراد طرقها.
٣. ثقل المطرقة.
٤. عود المكبس يحمل ثقل المطرقة.
٥. المكبس.
٦. أسطوانة المطرقة.
٧. صمام اتجاهي .. (للتحكم في حركة دخول وخروج الهواء المضغوط).
٨. ضاغط الهواء.
٩. مكبس أسطوانة الضاغط.
١٠. عمود توصيل الضاغط.
١١. مرفق.
١٢. صمام اتجاهي .. (للتحكم في حركة دخول وخروج الهواء المضغوط).

عند تحرك المرفق ١١ الحركة الدائرية .. من الطبيعي أن يتحرك معه عمود التوصيل ١٠ ليتحرك كباس الضاغط ٩ إلى أسفل الأسطوانة ٨ ، لينتقل الهواء المضغوط من الضاغط ٨ إلى الجزء الأسفل للأسطوانة المطرقة ٦ عن طريق صمام اتجahi ١٢ ، حيث يندفع المكبس ٥ إلى أعلى بتأثير ضغط الهواء المضغوط أسفل المكبس رافعا معه ثقل المطرقة إلى أعلى.

مع الارتفاع التدريجي للمكبس ٥ يفتح الصمام الاتجahi ٧ لينتقل الهواء من الجزء العلوي للأسطوانة ٦ إلى الجزء العلوي للأسطوانة ٨ ثم يغلق الصمام عند ارتفاع معين للمكبس ٥.

وعند تحرك الكباس ٩ إلى أعلى يدفع الهواء المضغوط في الجزء العلوي من الأسطوانة ٦ عن طريق الصمام الاتجahi ٧ ليتحرك مكبس المطرقة إلى أسفل وذلك بتأثير الهواء المضغوط بالجزء العلوي للأسطوانة ٦ بالإضافة إلى ثقل المطرقة ٣.

تعمل الصمامات الاتجاهية بالمطارق الهوائية على التحكم في الآتي :-

١. التحكم في قوة المطرقة عن طريق ضبطها لدخول وخروج الهواء بالقدر المناسب.
 ٢. إمكانية التحكم في تشغيل المطرقة بطرق منفصلة أو بطرق متتالية آلياً.
 ٣. التحكم في تثبيت ثقل المطرقة في الوضع العلوي.
- الصمام الإتجahi ٧ ، ١٢ مصممان بتعدد مساراتهما ، وذلك للتحكم في دخول وتوجيه الهواء المضغوط إلى أكثر من اتجاه.

المطرقة البخارية : Steam Hammer

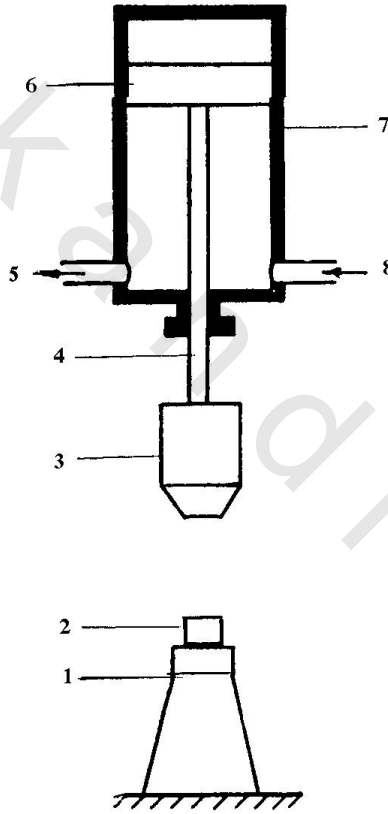
تتشابه المطرقة البخارية مع الآلة البخارية .. أي أنها لها أسطوانة يتحرك داخلها مكبس لضغط البخار ، ولها فتحتان جانبيتان لدخول وخروج البخار . يعتمد هذا النوع من المطارق على توجيه البخار من أسفل المكبس لرفع المكبس وثقل المطرقة ، وعند تصريف البخار من أسفل .. يسقط ثقل المطرقة والمكبس بتأثير

نُقلهما.

توجد المطارق البخارية بنوعين أساسيين هما :-

١. النوع الأول :

المطرقة البخارية مفردة التأثير الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ١٠ .
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.



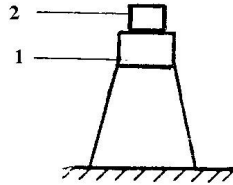
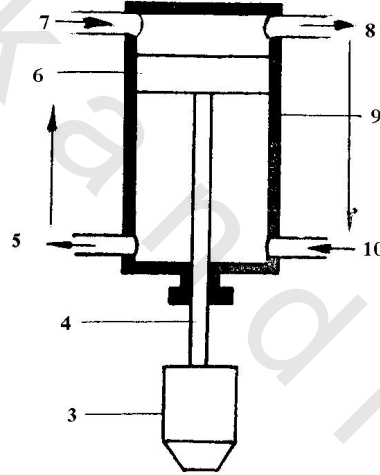
شكل ٤ - ١٠

رسم تخطيطي للمطرقة البخارية مفردة التأثير

١. السندان.
٢. الشغلة المطلوب تشكيلها.
٣. المطرقة.
٤. عمود المكبس ويحمل ثقل المطرقة.
٥. فتحة خروج البخار.
٦. المكبس.
٧. الأسطوانة.
٨. فتحة دخول البخار.

النوع الثاني :

المطرقة البخارية المزدوجة التأثير الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ١١ .
يؤثر البخار على المكبس من الناحية السفلي لرفع المكبس الذي يحمل ثقل المطرقة إلى أعلى ، كما يؤثر البخار بدفعه من أعلى سطح المكبس أثناء مشوار السقوط ، ليحدث بذلك طريقة سريعة وقوية وجدا.



شكل ٤ - ١١

رسم تخطيطي للمطرقة البخارية المزدوجة التأثير

١. السندان.
٢. المشغولة المطلوب تشكيلها.
٣. المطرقة.
٤. عمود المكبس ويحمل ثقل المطرقة.
٥. صمام تحكم في خروج البخار.
٦. المكبس.
٧. صمام تحكم في دخول البخار.
٨. صمام تحكم في خروج البخار.
٩. الأسطوانة.
١٠. 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 ٤٥٠ طريقة 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 ١ : ١٥ حتى تتوافر طاقة تكفي لتشكيل المعدن الصلد.

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

مميزات المطارق البخارية :

١. سهولة التشغيل.
٢. رخيصة الثمن.
٣. يمكن تشغيلها للطرق بطرق مختلفة.

٤. يمكن تثبيت ثقل المطرقة في الوضع العلوي.

٥. أكبر قوة طرق ، حيث يصل قوة الطريقة الواحدة إلى ٠.٧٥ إلى ٧ طن وذلك حسب حجم المطرقة.

حساب طاقة الطرق لمطرقة بخارية :

يمكن حساب طاقة الطرق لمطرقة بخارية ، بفرض أن الضغط المتوسط الفعال للبخار على سطح المكبس هو ٨٠ % من ضغط البخار في المواسير .. وذلك من 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 ٣٥٠ كيلو جرام ، وزن الثقل الساقط ٤٢٠ كيلو جرام ، قطر أسطوانة المطرقة ٢٠٠ ملليمتر ، طول مشوار عمود الطرق ٦٠٠ ملليمتر ، والضغط المتوسط للبخار ٦ كجم / سم^٢ ، علما بأن كتلة الطرق تستمر في التحرك لمسافة ٣ ملليمتر بعد تلقي الطريقة بسبب التغلغل في المعدن المراد تشكيله . أوجد متوسط قوة الطريقة ؟

الحل :

قوة ضغط البخار = مساحة أسطوانة المطرقة × الضغط المتوسط للبخار

$$= \frac{\pi D^2}{4} \times p \text{ أو } \times \frac{p \times \frac{\pi D^2}{4}}{4}$$

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

$$\begin{aligned} \text{مجموع القوة الساقطة} &= \text{قوة ضغط البخار} + \text{وزن الثقل الساقط} \\ &= 1884 + 420 = 2304 \text{ كجم} \\ \text{طاقة الطرق} &= \text{مجموع القوة الساقطة} \times \text{طول مشوار عمود الطرق} \\ &= 2304 \times 60 = 138240 \text{ كجم / سم}^2 \end{aligned}$$

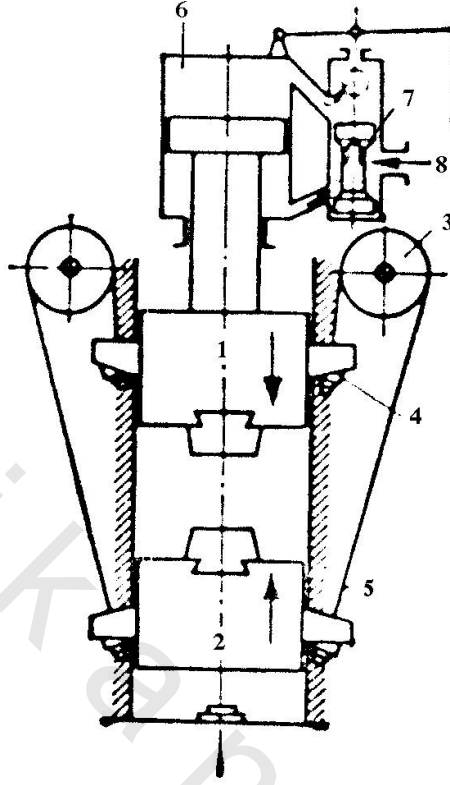
$$\text{متوسط قوة الطريقة} = \frac{138240}{0.3 \times 1000} = 460.8 \text{ طن}$$

مطارق الضربة المضادة

Counterblow Hammer

مطارق الضربة المضادة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ١٢ ، سميت بهذا الاسم لانحصار القطعة المراد تشكيلها بين رأس الطرق العليا ورأس الطرق السفلي ، وحصولها على طرقات من كلا الجانبين الرأسيين (من أسفل ومن أعلى) .. لذلك تعتبر طريقة كل منهما طريقة مضادة لطريقة الجهة الأخرى ، لذلك فإن هذه المطارق لا تؤثر طاقة الطرق المتولدة منها على الأساسات أو على ما يحيط بها من منشآت.

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



شكل ٤ - ١٢

رسم تخطيطي لمطرقة الضربة المضادة

١. رأس الطرق العليا.
٢. رأس الطرق السفلي.
٣. بكرة.
٤. دليل رفع رأس المطرقة.
٥. جنزير قوي من الصلب.
٦. أسطوانة المطرقة الرئيسية وتعمل بالبخار أو الهواء المضغوط.
٧. صمام اتجاهي للتحكم في اتجاه البخار أو الهواء المضغوط في كلا الاتجاهين الأعلى والأسفل.
٨. 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 ٨٠ طن في الطريقة 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 ثابتاً ومستمراً لأوقات طويلة ، وبذلك يكون الضغط واقعاً داخل الخامة المراد تشكيلها ، مما يجعل انسيابها مستمراً.

كما أنه يفضل استخدام المكابس في عمليات تشكيل المعادن المتعجنة لاعتمادها على حركة المعدن الكبيرة في قوالب التشكيل ، حيث أن الضغط الواقع على المكبس

يكون بشكل منتظم لفترة طويلة الأمر الذي يؤدي إلى إنسياب المعدن في فراغ القالب (الاسطمية) بصورة متجانسة.

ومن البديهي أن الجهد المبذول في عملية الكبس أقل من الجهد الناتج عن عملية الطرق ، ومن جهة أخرى فإن تكاليف عمل الأساسات الأرضية 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 :-
- ١. تعجن الخامات المطلوب تشكيلها تماماً ، كما تكثف بنيتها بصورة متجانسة.
- ٢. عدم وجود ضوضاء أثناء تشغيلها.
- ٣. لا تحدث أي اهتزازات.

أنواع 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 :-

١. مكابس ميكانيكية : mechanics Presses

يتحرك صادم المكبس بها عن طريق الوسائل التالية :-

(أ) أعمدة مقلوطة تدور داخل صواميل ثابتة.

(ب) أعمدة مرفقيه.

(ج) روافع مفصلية.

٢. مكابس هيدروليكية : Hydraulic Presses

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

عرض لأكثر أنواع المكابس انتشاراً.

مكابس الأعمدة المقلوطة : Screw Presses

المكابس ذات الأعمدة المقلوطة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل ١٣ - ٤ ، تسمى أيضاً بالمكابس الاحتكاكية نظراً 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) ٢ عن طريق مجموعة سيور إسفينية (سيور على شكل حرف V) لدوران الأقراص الاحتكاكية القائدة ٣ المثبتة على العمود القائد ١ ، لنقل الحركة إلى عمود القلاووظ ٥ عن طريق القرص الاحتكاكي المنقاد ٨ ليتحرك الصادم ٧ إلى أسفل ، كما تنعكس الحركة بارتفاع الصادم إلى أعلى عن طريق حركة روافع التعشيق ليتحرك العمود القائد ١ نحو اليسار لدوران القرص المنقاد ٨ باتجاه عكسي.

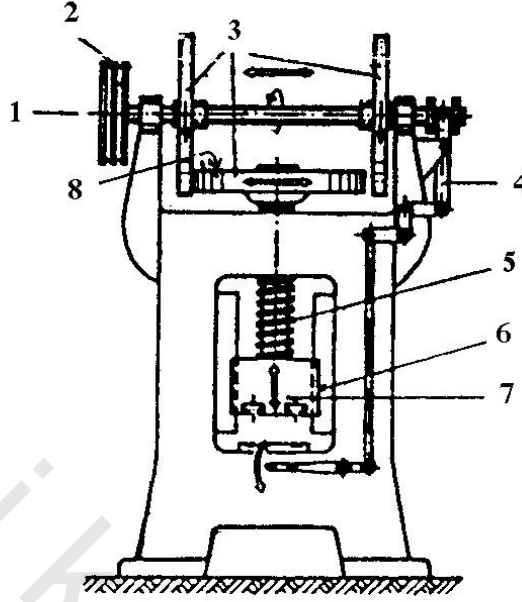
يثبت بالنهاية السفلية للعمود الصادم أربعة قوائم دليلية ٦ لتوجيه عمود الصادم توجيهاً دقيقاً.

تتميز الأجزاء الرئيسية لهذا المكبس بالمثانة 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 ٨٠ إلى ٤٠٠ طن .. علماً بأن بعض مكابس هذا النوع يصل قوتها إلى ٢٠٠٠ طن.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع



شكل ٤ - ١٣

رسم تخطيطي لمكبس العمود المقلوب

١. العمود القائد.
٢. بكرة (طارة) إسفينية.
٣. الأقراص الاحتكاكية القادة.
٤. روافع عكس الحركة.
٥. عمود قلاووظ.
٦. دليل الصادم.
٧. صادم المكبس.
٨. القرص الاحتكاكي المنقاد.

مميزات مكابس الأعمدة المقلوبة :

١. تصميم بسيط.
٢. دوران الأقراص الاحتكاكية دورانا هادئا .. (بدون ضجيج تقريبا).
٣. لا تحتاج إلى وسيط شد كما هو الحال بمجموعات نقل الحركة بالسيور أو

الجنازير.

٤. إمكانية نقل القدرة الاحتكاكية للأحمال المختلفة.

٥. إمكانية تغيير سرعة الآلة إثناء التحميل بحمل كامل .. (تغيير السرعة تغييرا لا تدريجيا).

٦. عدم وجود صدمات.

٧. صيانة قليلة.

٨. كفاءة وجودة عالية.

عيوب مكابس الأعمدة المقلوطة :

١. انخفاض القدرة المنقولة بسبب الانزلاق الطفيف بين الأقراص الاحتكاكية.

٢. نقل القدرة المحدودة.

٣. استخدام محامل ثقيلة بسبب قوى الضغط الكبيرة.

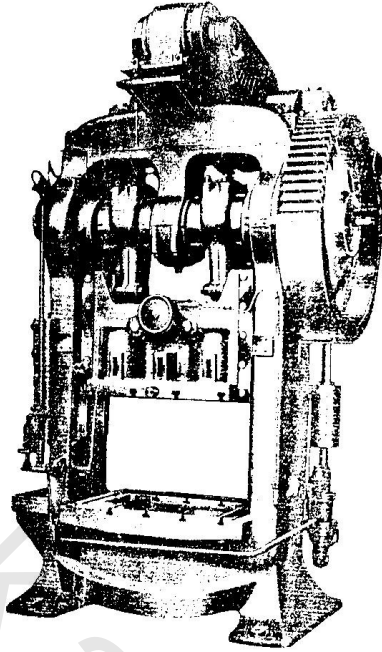
المكابس المرفقية

Crank Presses

المكبس المرفقي الموضح بشكل ٤ - ١٤ يحتوي على عمود مرفق بركبتين

يحركان ذراعين متصلين بالمكبس الذي يتحرك بين دليلين . يستخدم هذا النوع من المكابس لقوالب (اسطوانات) ذات مجاري ، حيث يثبت النصف الأعلى للقالب في المكابس ويثبت النصف الأسفل في القاعدة ، كما يحكم تثبيت القالب بمسامير قلاووظ.

صممت قوالب هذا المكبس بحيث يمكن تركيبها ونزعها بطريقة سريعة.



شكل ٤ - ١٤

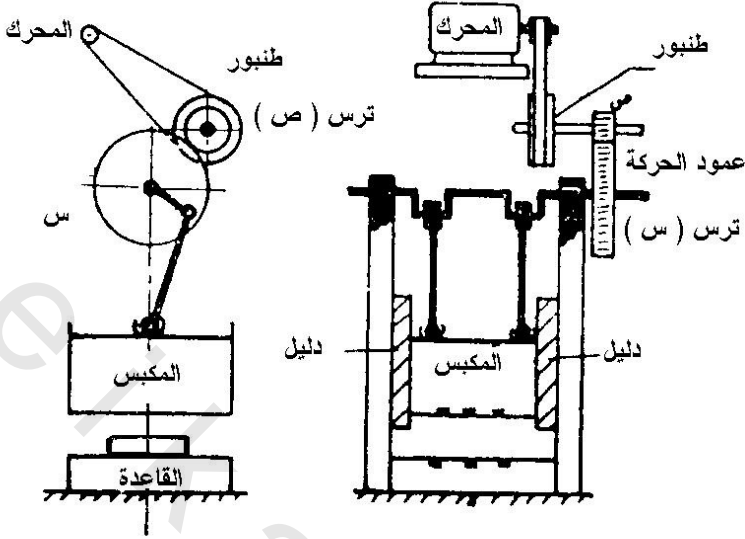
المكبس المرفقي

تنتقل الحركة بالمكبس المرفقي الموضح بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ١٥ من المحرك الكهربائي المثبت على قاعدة بأعلى المكبس إلى البكرة الكبيرة (الطنبور) إلى الترس الصغير ص ، إلى الترس الكبير س المثبت على عمود المرفق ، حيث تتحول الحركة الدائرية من الترس س إلى حركة مستقيمة مترددة إلى أعلى وإلى أسفل لذراعي المرفق اللذان يحملان المكبس.

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

تستخدم المكابس المرفقية للمكبس على الساخن على نطاق واسع في عملية الإنتاج بالحدادة ، وتعتبر هذه الأنواع أكثر تطوراً من المطارق.

تجهز المكابس المرفقية للكبس على الساخن بإنتاجية عالية ، وتصل قوتها إلى ما بين ٢٠٠ إلى ١٠٠٠٠ طن.



شكل ٤ - ١٥

رسم تخطيطي للمكبس المرفقي

مميزات المكابس المرفقية :

١. تصميم بسيط.
٢. قوة كبس عالية.
٣. الاقتصاد في المعادن المشكلة .. وبالتالي انخفاض تكاليف منتجاتها.
٤. إنتاجية عالية.
٥. صيانة قليلة.
٦. 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 هيدروليكا.

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 :

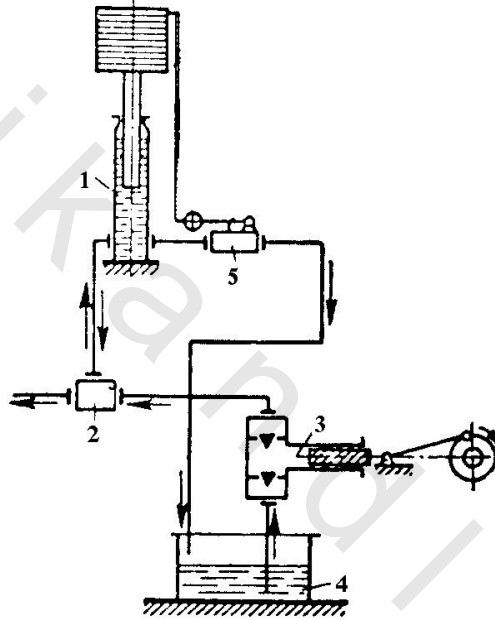
يشكل المعدن بهذه المكابس عن طريق الضغط ، ويستخدم الزيت أو الماء تحت ضغط يساوي ٣٠٠ كجم / سم^٢ لتحريك مكبس أسطوانة لإحداث الضغط المطلوب على الخامة المراد تشكيلها .

يمكن أن يصل الضغط على الخامة من ٣٠٠ إلى ١٥٠٠٠ 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 ٤ - ١٦ تبين كيفية توليد الضغط اللازم بالماء وحفظه جاهز للاستخدام.



شكل ٤ - ١٦

رسم تخطيطي لمضخة هيدروليكية (جهاز تغذية هيدروليكي)

١. خزان الماء المضغوط.

٢. موزع.

٣. مضخة هيدروليكية ترددية.

٤. وعاء ماء مكشوف.

٥. صمام أمان.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

المضخة الهيدروليكية* الترددية ٣ هي مضخة ذات ضغط عالي ، تضخ الماء باستمرار من الوعاء المكشوف ٤ إلى الموزع ٢ بضغط يتراوح ما بين ٢٠٠ إلى ٣٥٠ كجم / سم ٢ ، ويوصل خط الأنابيب الموضح بالرسم التخطيطي بشكل ٤ - ١٧ الماء إلى المكبس الهيدروليكي . وفي أثناء فترة عدم التشغيل ، يتجمع الماء المضغوط في الخزان ١ 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 ٥ ، حيث يعود الماء المضغوط إلى الوعاء المفتوح ٤ . وعند فتح ماسورة تغذية المكبس شكل ٤ - ١٧ يندفع ماء الضغط ليتجمع في الأسطوانة الرئيسية ١ ، حيث يضغط على كل سنتيمتر مربع من الجزء العلوي من الكباس الكبير بضغط يساوي الضغط المتولد في المضخة والمسلط في المجمع الهيدروليكي.

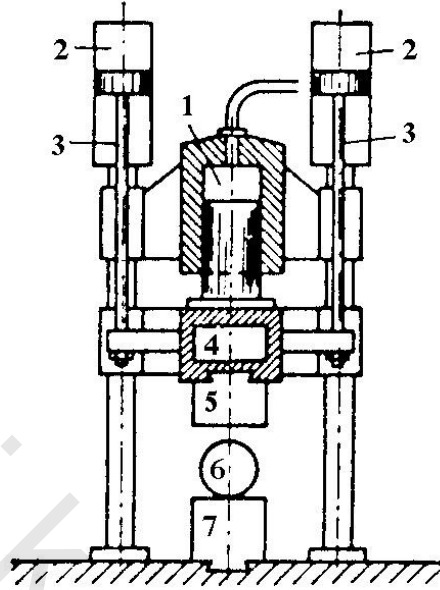
ولما كانت مساحة المقطع المستعرض لهذا الكباس كبيرة ، لذلك فإن رأس الكباس يندفع إلى أسفل بقوة ضغط عالية على الخامة المراد تشكيلها ٦ المثبتة على السندان المثبت عليه الجزء الأسفل للقالب ٧.

يعود رأس الكباس ٤ بعد كل مشوار ضغط إلى وضعه الأصلي عن طريق الأسطوانتين ٢ وذراعي الكباس ٣ ، 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 ٤ - ١٧

رسم تخطيطي لمكبس هيدروليكي

١. الأسطوانة الرئيسية.
٢. اسطوانات رفع المكبس.
٣. ذراعي اسطوانات رفع المكبس.
٤. رأس المكبس .. يثبت به الجزء العلوي لل قالب.
٥. الجزء العلوي لل قالب .. الاسطوانة.
٦. الخامة المطلوب تشكيلها.
٧. الجزء الأسفل لل قالب .. يثبت بالسندان.

تستخدم المكابس الهيدروليكية في إنتاج مطروقات قوالب التشكيل (الاسطوانات) الكبيرة ، ولاستكمال تشكيل المطروقات الضخمة ، كما تستخدم في كبس وتشكيل المشغولات ذات الأحجام والأوزان الكبيرة والتي يصل وزن الواحدة منها إلى ٢٤٠ طن ، ويصل ضغط المكابس الهيدروليكية الحديثة المستعملة للطرق الحر من ٥٠٠ إلى

مميزات المكابس الهيدروليكية :

تتميز المكابس الهيدروليكية بالصفات التالية :-

- ١ . إنتاج قوة كبيرة.
- ٢ . استخدام وسائل وتجهيزات بسيطة نسبياً.
- ٣ . عدم حدوث أي اهتزازات أو ذبذبات أثناء عملية الكبس.
- ٤ . سهولة التحكم في نقل القوة المطلوبة في عملية الكبس.
- ٥ . يعمل من خلال مقبض واحد.
- ٦ . 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 كالاتي :-

- ١ . ارتفاع درجة حرارة الزيت مع تغير لزوجته أثناء مروره في القنوات الضيقة ، الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف أدائه نتيجة لذلك.
- ٢ . تغير خواص الزيت مع طول الاستعمال.
- ٣ . ضرورة وجود تفاوتات صغيرة جداً 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 :-

- ١ . الاحتفاظ بلزوجة مناسبة وثابتة زمناً طويلاً.
- ٢ . الاحتفاظ بسيولته عند درجات الحرارة المنخفضة.
- ٣ . لا يكون رواسب صمغية.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٤. لا يحتوي على أحماض.
٥. يقاوم درجات الحرارة العالية.
٦. صامد للضغط ، كما يقوم بتزليق الأسطح المنزلقة.
٧. مقاوم للصدأ.
٨. لا يتجزأ.
٩. لا يشتعل بسهولة.

إرشادات عند العمل على ماكينات الحدادة :

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

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

قوالب التشكيل (الإسطمبات)

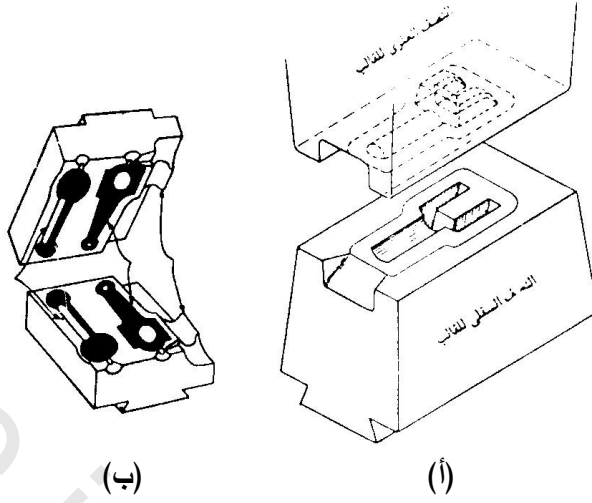
Moulds Forming

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 عملية التشكيل إلى أدنى حد ممكن .. بالمقارنة بالمنتجات المنتجة بالسباكة ، وكذلك الحصول على منتجات معقدة لا يمكن الحصول عليها بالحدادة اليدوية عن طريق الطرق الحر .

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

تصنع قوالب التشكيل (الإسطمبات) من كتل من الصلب المتوسط الكربوني أو الصلب السبائكي ، يمكن تصنيع القالب بفجوة واحدة كما هو موضح بشكل ٤ - ١٩ (أ) وذلك لتشكيل قطعة واحدة فقط ، أو بفجوتين لتشكيل قطعتين في آن واحد شكل ٤ - ١٩ (ب) .



شكل ١٩ - ٤

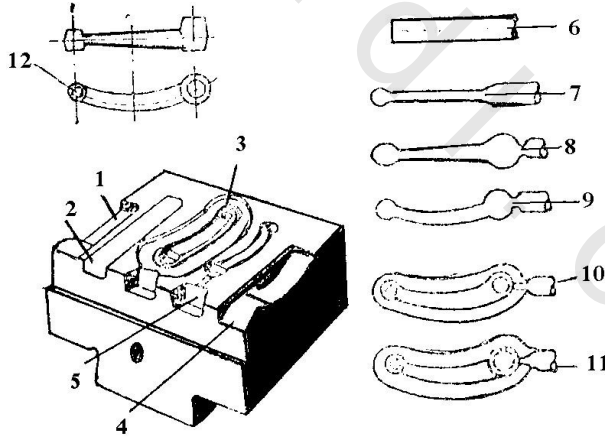
قوالب التشكيل .. (بفجوة واحدة وبفجوتين)

(أ) قالب تشكيل فجوة واحدة.

(ب) قالب تشكيل بفجوتين لتشكيل ذراع توصيل.

كما يمكن تصنيع القالب بفجوات متعددة شكل ٢٠ - ٤ وذلك لتشكيل مجموعة

قطع في آن واحد ، أو حسب مراحل إنتاج المشغولة.



شكل ٢٠ - ٤

قالب تشكيل متعدد الفجوات

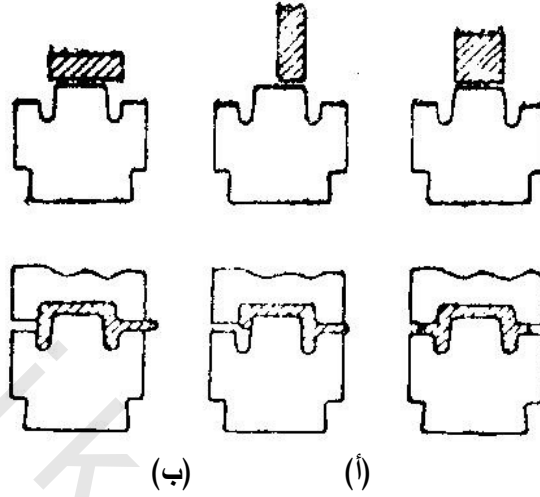
١. فجوة الخصر.
٢. فجوة تكوين الحواف.
٣. فجوة الثني.
٤. فجوة التجهيز الأولي.
٥. فجوة التشطيب.
٦. كتلة التشكيل.
٧. عملية اختصار.
٨. عملية تكوين الحواف.
٩. عملية الثني.
١٠. تشطيب أمني.
١١. تشطيب نهائي.
١٢. المنتج النهائي.

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 ١.٢٥ % من المقاسات الأصلية.

الوضع الصحيح للخامة الساخنة في قالب التشكيل :

يتحدد مدى نجاح عملية تشكيل كتلة المعدن الساخنة أثناء وضعها على الجزء الأسفل بالقالب ، علي وضعها الصحيح ، حيث أنه في حالة وضع الكتلة المراد تشكيلها بوضع خاطئ ، يؤدي ذلك إلى عيوب في شكل ومقاسات المنتج المشكل ، وشكل ٤ - ٢١ 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 ٤ - ٢١

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 :-

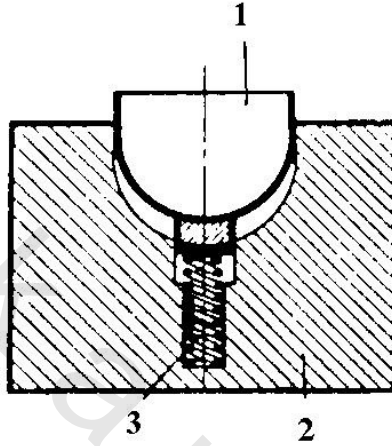
١. تشكيل الجدران الداخلية لجزئي القالب بإستدقاق (سلبة) تتراوح ما بين ٣ إلى

١٥°.

٢. عمل ثقب مغلق باستخدام جزء يشبه رأس المسمار ، وعن طريقه يمكن دفع

الشغلة إلى الخارج.

٣. 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 ٤ - ٢٢ وذلك لدفع القطعة بعد تشكيلها مباشرة إلى الخارج بمجرد رفع نصف القالب العلوي . وبهذه الطريقة يمكن استخدام مجموعة من النوابض اللولبية (اليات) أسفل المشغولات الكبيرة لسهولة نزعها.



شكل ٤ - ٢٢

طريقة نزع قطعة مشكلة على البارد

١. القطعة المشكلة.

٢. قالب تشكيل.

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

تتميز طريقة التشكيل بالقوالب بالدقة والجودة في الإنتاج ، عن دقة وجودة المنتجات المماثلة المشكلة بالطرق الحر عن طريق الحدادة اليدوية.

كما أنه يمكن تصميم المنتجات المشكلة بالقوالب بأحجام أقل ، مما يؤدي إلى تخفيض وزن الجزء المنتج إلى أدنى حد بالمقارنة بالأجزاء المنتجة بالطرق اليدوي ، وتساعد هذه الطريقة في الحصول على أفضل وضع للألياف بالمطروقات ، مما يؤدي إلى زيادة متانتها ومقاومتها العالية للاجهادات المختلفة ، بالإضافة إلى خلوها من العيوب والتشوهات الداخلية مثل البخبة الناتجة عن بعض عمليات السباكة .

يوجد نوعان أساسيان من قوالب التشكيل هما :-

١ . قوالب التشكيل المغلقة.

٢ . قوالب التشكيل المفتوحة.

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

حده.

التشكيل في قوالب مغلقة

Forming In Closed Moulds

تسمى هذه العملية بالحدادة المقيدة .. وسميت بالمقيدة وذلك لاختلاف انسياب المعدن بهذه الطريقة عن الحدادة الحرة ، حيث انسياب المعدن يكون مقيد بشكل

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

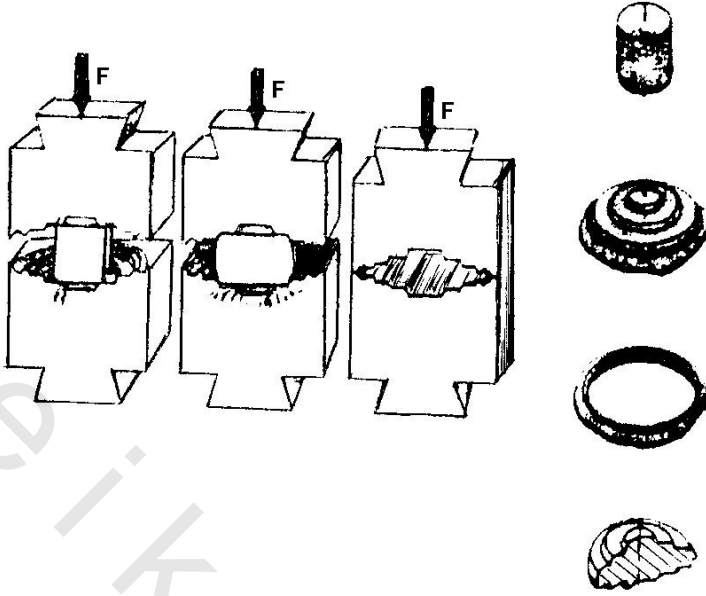
تشكل المعادن الساخنة بالقوالب المغلقة باستخدام المطارق الآلية أو المكابس المختلفة ، وعادة تستخدم طريقة الحدادة المقيدة (القوالب المغلقة) للمشغولات ذات الإنتاج الكمي .. (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة).

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

وشكل ٤ - ٢٣ 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 المعدن الساخن الذي يوضع بالقالب يكون أكبر قليلاً من حجم المطروق المطلوب تشكيلها ، والزيادة في حجم المعدن عن الجزء المشكل بالقالب ، يجبر إلى الخروج في تجويف مخصص في القالب ، ثم يتم تهذيب القطعة المنتجة لاستخدامها ، أو لتداولها بالأسواق.



شكل ٤ - ٢٣

نماذج لتشكيل مطروقات داخل قوالب مغلقة

مميزات التشكيل في قوالب مغلقة :

تتميز المنتجات المشكلة بالقوالب المغلقة بالضغط عن طريق المكابس المختلفة

بالمميزات التالية :-

١. دقة المقاسات مع نعومة الأسطح وجودة التشكيل.
٢. عدم الحاجة للعديد من المنتجات للتشطيب على آلات التشغيل المختلفة.
٣. تطابق وتجانس المنتجات المشكلة .. فعلى سبيل المثال القطعة رقم ١ تماثل وتطابق القطعة رقم ٤٥٧٠.
٤. 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 سدس الخ.

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

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

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

تستخدم المنتجات المنتجة عن طريق القوالب المفتوحة في صنع المنتجات التي

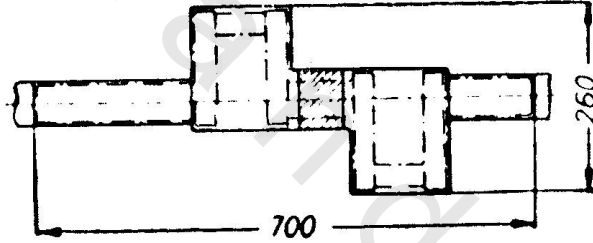
تتحمل الاجهادات العالية مثل قوالب التشكيل - أسطوانات المحركات - أعمدة المرافق - أعمدة دوران جميع الماكينات ذات الأحجام الكبيرة - أعمد الكباسات الخاصة بماكنات التشكيل المختلفة وغيرها.

يتراوح وزن الجزء الواحد من هذه المطروقات من بضعة كيلو جرامات وتصل الأحجام الكبيرة إلى ٥٠ 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 ٤

- ٢٤ .



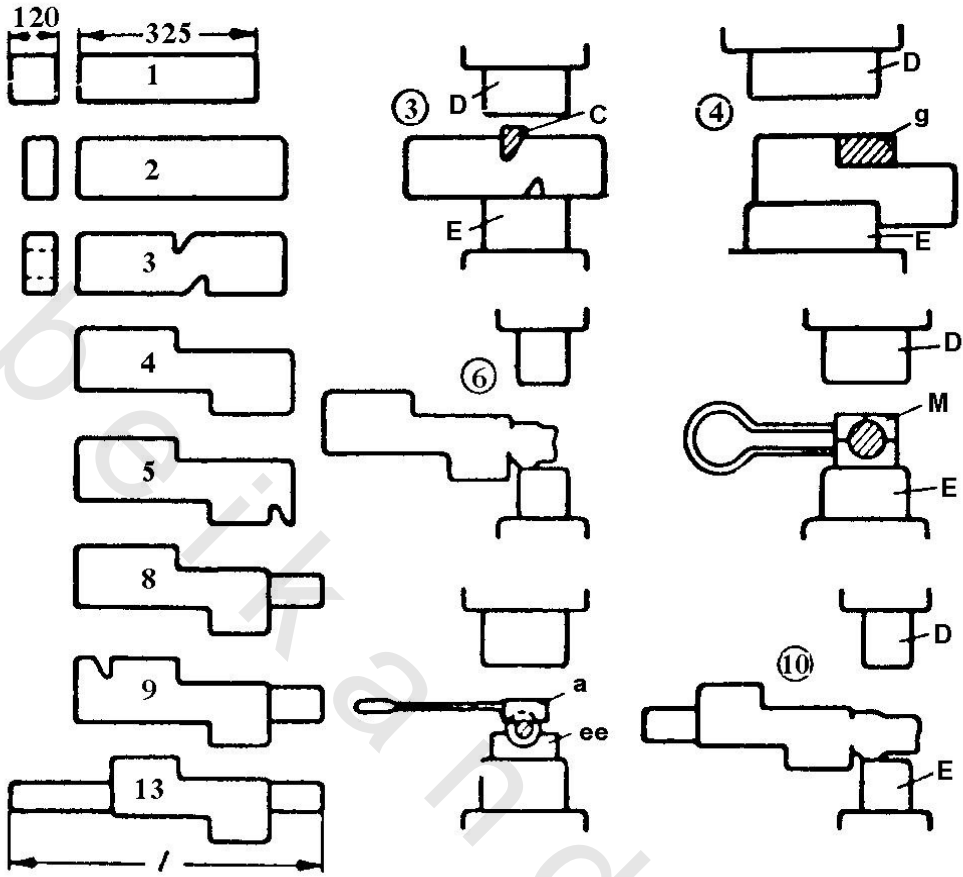
شكل ٤ - ٢٤

عمود مرفقي بحدفتين

خطوات العمل النموذجية لتشكيل عمود مرفق :

المطروقة المطلوبة بعض أجزائها مبطن ، والبعض الآخر مستدير . وزنها يصل إلى حوالي 37 كيلو جرام ، وهي مشكلة من الصلب بمطرقة بخارية قوتها 500 كيلو جرام ، أو بالضغط عن طريق مكبس حدادة قوته 300 طن.

يوضح شكل ٤ - ٢٥ ، وجدول ٤ - ١ تسلسل خطوات العمل النموذجية لتشكيل عمود مرفق.



شكل ٤ - ٢٥

تسلسل خطوات تشكيل عمود مرفق باستخدام قوالب مفتوحة

جدول ٤ - ١

تسلسل خطوات تشكيل عمود مرفق في القوالب المفتوحة

رقم	العملية	العدد والأدوات المستعملة	ملاحظات
1	التسخين	فرن	المقاس الأصلي للشغلة $120 \times 120 \times 325$ مم
2	تشكيل الشغلة إلى قضيب مبسط	بلص تسوية	تشكيل تشكيلا حراً
3	التحزيز (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) c..	يعاد تسخين الشغلة بعد تحزيزها .. (خصرها) .
4	تشكيل الشغلة على شكل مرفق	قالب وسيط .. g	يعاد تسخين الشغلة بعد تشكيلها للمرة الثانية
5	التحزيز (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) c..	
6	بلص السحب	بلص سحب	تشكيل الشغلة تشكيلا حرا
7	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف m..	
8	تشكيل ملفوف	قالب تشكيل ملفوف .. m	يعاد تسخين الشغلة للمرة الثالثة
9	التحزيز .. (الخصر)	بلص خصر (تحزيز) c ..	
10	السحب	بلص سحب	تشكيل الشغلة 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 قسم 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 ٢٠٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ قطعة ، التي يتراوح وزن القطعة الواحدة منها والمشكلة بالقوالب المغلقة ما بين ٦ إلى ١٢٠٠ كيلو جرام . بينما يصل حياة القالب المستخدم في الإنتاج المتقطع إلى ربع الكمية

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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 (الاسطوانات) ، وذلك لتمييزها عن المنتجات الأخرى المماثلة عن طريق الحدادة اليدوية بالمميزات التالية :-

١. إمكانية الحصول على إنتاج كمي .. (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة) وفي زمن قياسي.

٢. انخفاض كبير في زمن التشكيل.

٣. الوفرة في الخامات .. حيث يترك أقل سماح ممكن للتشغيل والتشطيب النهائي على آلات القطع ، بحيث يمكن إهماله.

٤. اقتصادي أقل في التكلفة.

٥. الحصول على منتجات متشابهة ذات مقاسات متساوية.

٦. أقل معدن يزال أثناء التشطيب النهائي للمنتجات ، كما أن بعض المنتجات المشكلة لا تحتاج إلى عمليات تشطيب نهائي على آلات التشغيل كالمخارط والفرايز الخ.

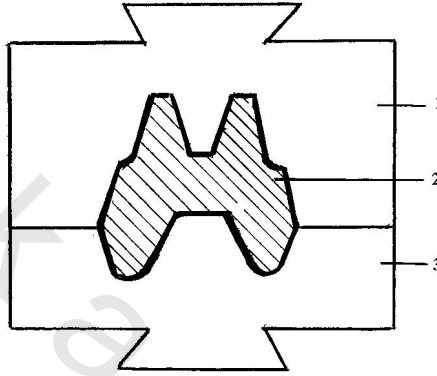
٧. خلوها من العيوب والاجهادات الداخلية.

القواعد الأساسية لتصميم قوالب التشكيل :

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

وهي كالآتي :-

١. 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 ٤ - ٢٦.



شكل ٤ - ٢٦

حفر الجزء الأعمق من الفجوة في النصف العلوي لقالب التشكيل

١. الجزء العلوي لقالب التشكيل.

٢. المشغولة المشكلة.

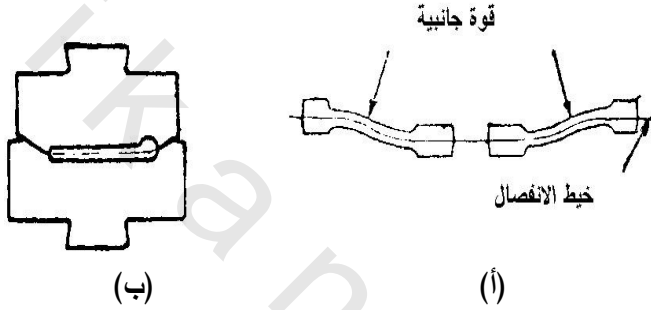
٣. الجزء الأسفل لقالب التشكيل.

٢. 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.

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

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

٥. 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 جزئين منهما في آن واحد كما هو موضح بشكل ٤ - ٢٧ (أ) ، أو تشكيل فراغات القالب بطريقة بحيث تتلافى القوى الجانبية كما هو موضح بشكل ٤ - ٢٧ (ب).



شكل ٤ - ٢٧

تشكيل القوالب بحيث تتلافى القوى الجانبية

- (أ) تشكيل كل جزئين من المطروقات التي ينتج عنها قوى جانبية في آن واحد.
(ب) تصميم الاسطمية بطريقة بحيث تتلافى القوى الجانبية.

٦. يجب الأخذ في الاعتبار طريقة التخلص من كمية المعدن الزائدة أثناء عملية الكبس (المعدن الذي ينساب داخل فجوة نصفي القالب) لتحقيق المنتج الأمثل.
٧. 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.

٨. يجب تجهيز نصفي القالب بدلائل لضمان دقة ضبط محاورهما ، وحتى لا يحدث أي انحراف في المشغولات أثناء كبسها .. وبالتالي دقة المنتجات المشكلة.
٩. يراعي طريقة نزع المشغولات ذات الجدران العميقة من القوالب ، وذلك بتشكيل جزئي جدران القالب بزواوية تتراوح ما بين ٣ إلى ١٠ درجة للصلب ، و ١٥ درجة للألومنيوم.
١٠. يجب صلادة وجه جزئي القالب عن طريق المعاملة الحرارية ، بحيث لا يقل صلاדתها عن ٤ روكيل.
- .. الروكيل .. هو وحدة قياس الصلادة.

التشكيل بحدادة الضغط

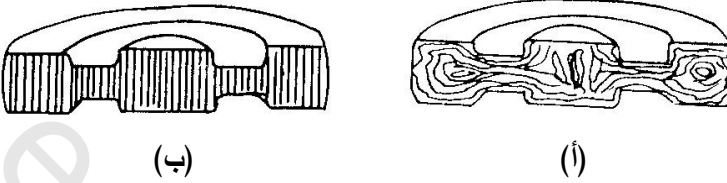
SHAPING BY PRESS FORGING

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 ٤ - ٢٨ (أ ، ب) رسم تخطيطي لحركة الألياف المعدنية لترس تم إنتاج الأول عن طريق التشغيل بآلات القطع ، بينما تم تشكيل الثاني عن طريق حدادة الضغط باستخدام القوالب المغلقة.

يبين الرسم التخطيطي لمقطع الترس (أ) ظهور الألياف المعدنية في اتجاه غير منتظم ، حيث لا يصل المعدن إلى أقصى تحمل له ، أما الرسم التخطيطي لمقطع الترس (ب) المشكل بحدادة الضغط فإنه يوضح تجميع انسياب خطوط التليف بشكل

منتظم ، الذي يؤدي إلى اكتساب أسنان هذا الترس مقاومة عالية للاجهادات المختلفة ، مع تساوي ذلك في كل سنه من أسنان الترس .



شكل ٤ - ٢٨

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 :-

١. وجود خبث أو شوائب لعدم فصلها من الحديد أثناء عملية الصهر.
٢. وجود بخبة ناتجة عن انطلاق غازات أثناء عملية تجمد الصلب الخام.
٣. عيوب في تكوين الخامة الأصلية التي تظهر على شكل تشققات أو تشوه بالأسطح.
٤. 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 :-

١. 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.

٢. التسخين إلى درجة اللون الأحمر :

يحدث ذلك في الصلب الذي يحتوي على كميات زائدة من الكبريت أو الأكسوجين ، مما يؤدي إلى حدوث تقصف .

٣. التسخين إلى درجة اللون الأزرق :

يحدث ذلك إذا أجريت الحدادة في درجة حرارة تتراوح ما بين 300°C - 500°C ، حيث يؤدي إلى حدوث تقصف ، ويرجع ذلك إلى مقاومة الصلب التي تزداد عند تسخينه بالتدريج من درجة حرارة الجو المحيط إلى 300°C درجة مئوية ، أو في بعض الحالات إلى 900°C .

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 :-

١. 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 الأهمية .. والذي ينعكس على كفاءة وجودة المعدة.

٢. فحص أسطح المطروقات :

تفحص أسطح المطروقات بالعين المجردة للتعرف على العيوب المحتمل وجودها بالأسطح المعدنية ، مثل الشقوق أو النقاط 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 الأخرى في المعدن من خلال لكسر مقطع بها وبذلك يمكن كشف العيوب تحت السطح.

٣. 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 ١٥ دقيقة ، حيث يزيل الحامض القشور الموجودة بالأسطح والتي تتكون نتيجة لأكسوجين الجو ، ثم تلمع وتغطس مرة أخرى لمدة ٣٠ دقيقة في محلول ٥٠ % حامض هيدرو كلوري و ٥٠ % ماء ساخن عند درجة حرارة قدرها ٩٠ °م .. حيث تظهر حجم الحبيبات وشكل البنية.

٤. 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 شعيرية 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.

٥. الاختبارات غير الإنهيارية :

الاختبارات الغير إنهيارية أو الإختبارات غير التدميرية تعني اختبارات المعادن بدون حدوث أي تلفيات بها ، حيث تكتشف هذه الاختبارات الكسور والتفقات ، 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 ٣٠٠٠٠٠ 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 المنشآت الصناعية الهامة لما تنتجه من مشغولات في غاية الأهمية ، كأعمدة الدوران لجميع الماكينات الثقيلة ، وأعمدة أعضاء التأثير في الآلات الكهربائية ، وأعمدة المرافق والمكابس ، وكذلك كافة

المطروقات التي تشكل الهيكل الأساسي في كافة المنتجات الصناعية والهندسية بصفة عامة.

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

وعلى سبيل المثال فقد كانت صناعة الحدادة تعتمد في الماضي على بعض العدد اليدوية البسيطة مثل استعمال الأفران البدائية كالكور ، ثم تطورت حيث تستخدم الآن الأفران المتنوعة المزودة بأحدث الوسائل العلمية ، والمكابس المختلفة ذات الضغوط العالية جدا ، والمطارق الآلية الضخمة .. مما أدى إلى زيادة الإنتاج ، وانخفاض الأيدي العاملة ، الأمر الذي يؤكد استغلال هذه الآلات والمعدات بأفضل الطرق ، وبالتالي الحصول على طاقة إنتاجية كبيرة ذات جودة عالية ، حتى يمكن إحداث التوازن بين عناصر التكلفة المختلفة والحصول على منتجات بأسعار مناسبة.

فيما يلي عرض لبعض العناصر الهامة التي لها تأثير مباشر على اقتصاديات صناعة المطروقات.

١. 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°C ، ثم يتجه الهواء الساخن إلى أسطوانة المطرقة الآلية.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

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.

٢. خفض استهلاك الوقود الغازي :

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

٣. 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.

٤. 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.

٥. 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 ١١٠ % تقريبا.

المعاملات الحرارية

Thermal Treatment

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

المعاملة الحرارية للصلب : Thermal Treatment Of Steel

يجب أن تتصف العدة وأجزاء الآلات بخواص ملائمة لاستعمالاتها مثل الصلادة - المتانة - قابلية التشغيل - مقاومة التآكل الخ ، فمثلا يجب أن يكون الحد القاطع للأجنة صلدا ، بينما يجب أن تكون أسنان التروس صلدة مقاومة 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 (يحتوي على نسبة كربون عالية) يصعب تشغيله ، مما يؤدي إلى الاحتياج إلى المعالجة الحرارية.

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

١. 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 ٧٠٠ إلى ٧٥٠ 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 بنيته الداخلية ، حيث تكون ذات حبيبات منتظمة.
- (ج) إزالة الاجهادات الداخلية.
- (د) تحسين الخواص الميكانيكية من حيث قابلية المعدن للتشغيل.

٢. تصليد مطروقات الصلب : Hardening Of Steel Forging

تهدف عملية التصليد إلى زيادة نشوافة 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°C للصلب الكربوني ، وإلى 1150°C 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.

٣.مراجعة مطروقات الصلب :

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

وبإجراء عملية المراجعة ، يتحول الصلب الصلب القصف إلى معدن لين له

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

لتحويل الصلب الصلب إلى معدن أقل صلادة ، يكون بذلك أقل مقاومة من الحالة الأولى . كما تؤدي عملية المراجعة إلى إزالة الاجتهادات الداخلية ، حيث تستقر 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 مدى أهمية هذه القطعة . وبصفة عامة فان الصلب الكربوني يراجع عند درجة حرارة منخفضة ما بين ١٥٠ إلى ٢٠٠ °م ، ويراجع الصلب السبائكي العالي الجودة عند درجة حرارة ما بين ٤٨٠ إلى ٦٥٠ °م ، كما يجب مراجعة المطروقات التي تتعرض إلى درجات حرارة مرتفعة أثناء استخدامها.

الباب الخامس

5

تشكيل المعادن بالوصل

Metals Forming By Joining

مَهْيَدٌ

الهدف من وصل المعادن هو التوصل إلى منتجات مجمعة عن طريق وصل الأجزاء الصغيرة أو البسيطة ، للحصول على منتجات كبيرة. توصل الأجزاء المعدنية مع بعضها البعض بطرق مختلفة ، ويتم اختيار الطريقة المناسبة حسب وظيفة المنتج والغرض من استخدامه. يناقش هذا الباب الطرق المختلفة لوصل المعادن ، من خلال الوصل المؤقت الذي يتمثل في الوصل باستخدام المسامير الملولبة والصواميل ، الوصل بالتيل ، الوصل بالخوابير ، الوصل بالأعمدة المخددة. ويتناول الوصل شبه المؤقت الذي يتمثل في مسامير البرشام ، والوصلات الانضغاطية .. أي الوصلات ذات الأجزاء المتداخلة. ويتعرض للوصل الدائم الذي يتمثل في اللحام ، واللحام يحتوي على موضوعات عديدة ومتشعبة ، لذلك فإن هذا الباب يتعرض لموضوع اللحام بالسبائك الغير حديدية الذي يحتوي على اللحام الرخو .. أي اللحام بسبائك القصدير ، واللحام الصلب .. أي اللحام بالمونة ، مع عرض لمميزات وعيوب كل منهم على حدة.

التشكيل بالوصل

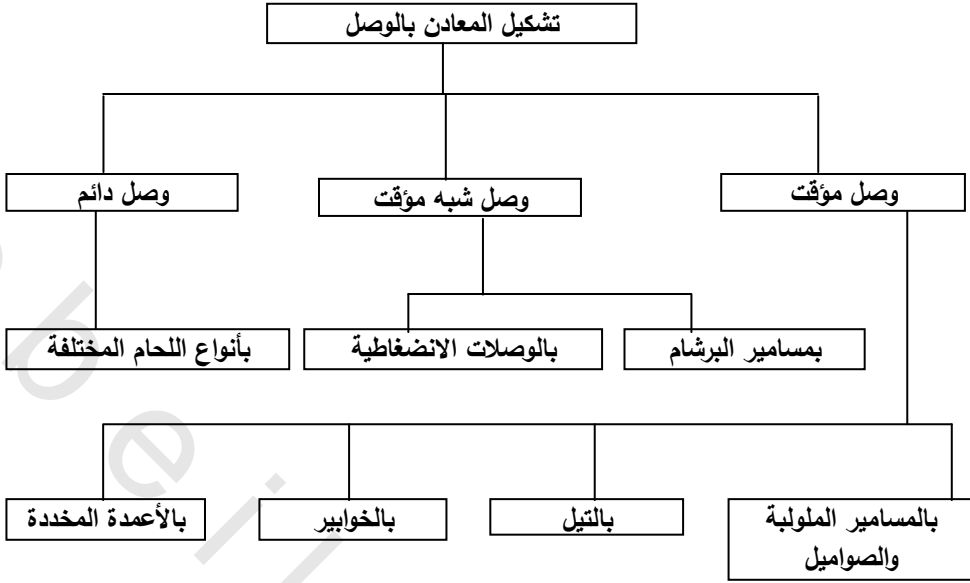
Forming By Joining

تتلخص عمليات تشكيل المعادن بالوصل من خلال تجميع جزأين أو أكثر مع بعضهما البعض ، وبذلك يمكن تشكيل العديد من المنتجات ذات الأشكال الخاصة أو المعقدة التي لا يمكن تصنيعها بالطرق الميكانيكية المعتادة.

فعلى سبيل المثال لا الحصر يتم تجميع الأجزاء المعدنية المختلفة الأشكال والأحجام للحصول على منتجات مختلفة مثل أسقف الورش - الكباري الحديدية - خطوط أنابيب البترول والمياه - خطوط السكك الحديدية - السيارات - الروافع - الآليات الميكانيكية المختلفة - المراجل البخارية وأوعية الضغط ... وغيرها من المنتجات التي يصعب تصنيعها بالطرق الميكانيكية المعتادة ، وذلك من خلال تقسيمها إلى عدة أجزاء صغيرة وبسيطة ، وتصنيع كل جزء منها على حدة ، ثم توصل هذه الأجزاء مع بعضها البعض للحصول على المنتج بالشكل والأبعاد المحددة المطلوبة.

طرق الوصل : Ways Of Joining

يمكن وصل الأجزاء المعدنية المختلفة بعضها ببعض للحصول على منتج بالشكل المطلوب بإحدى الطرق الموضحة بالرسم التخطيطي التالي :-



الوصل المؤقت

Temporary Joining

تعتبر طريقة الوصل المؤقت من أحد أهم طرق الوصل الميكانيكية . تستخدم هذه الطريقة في إنشاء الكباري الحديدية - خطوط السكك الحديدية - خطوط أنابيب المياه البترول - المركبات - الآليات الميكانيكية المختلفة وغيرها . وتتم هذه الطريقة من خلال عناصر الوصل المختلفة التالية :-

الوصل بالمسامير الملولة والصواميل

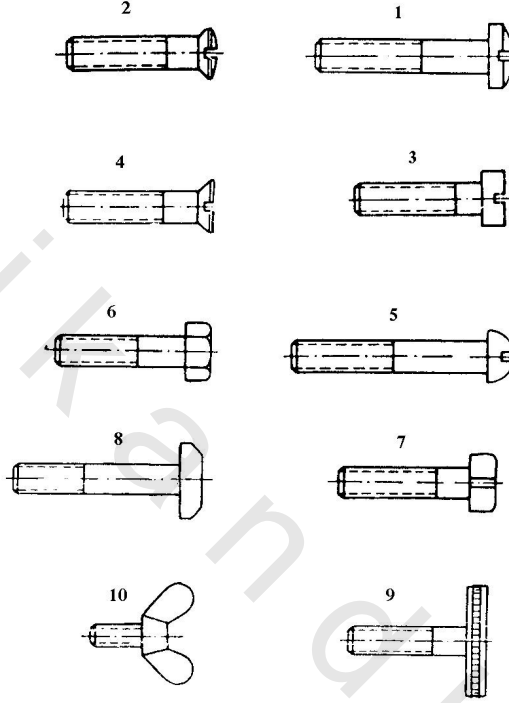
تتميز هذه الطريقة بإمكانية فك الوصلة في أي وقت ، كما يمكن إعادة ربطها عند الحاجة إلى ذلك .

تجهز الأطراف المراد وصلها وذلك بعمل ثقب أو عدد من الثقوب ، ويتحدد عدد الثقوب اللازمة لعمليات الوصل وأقطارها حسب قوة الوصل المطلوبة وكذلك أقطار المسامير الملولة المستخدمة ، ثم تستعمل المسامير الملولة والصواميل في عملية التثبيت من خلال ربطهم جيدا .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

المسامير : Screws

توجد المسامير الملولبة (المقلوطة) بأنواع وأشكال مختلفة كما هو موضح
بشكل ٥ - ١ ، يختلف كل منها عن الآخر من حيث القطر - الخطوة - طول الجزء
الملولب بالمسمار - شكل رأس المسمار.



شكل ٥ - ١

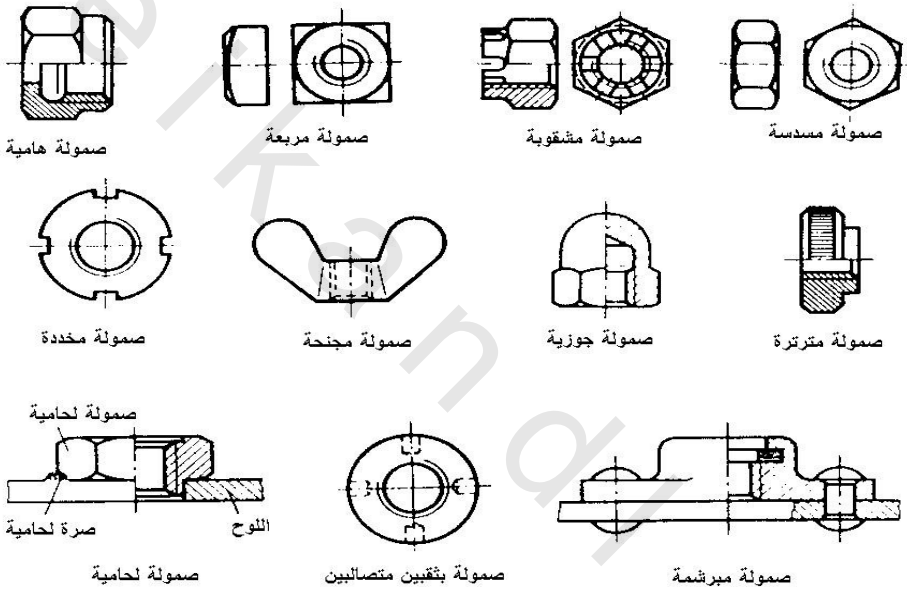
أنواع وأشكال المسامير الملولبة

١. مسمار ملولب مخ طاسة.
٢. مسمار ملولب رأس غاطس.
٣. مسمار ملولب برأس أسطواني (مخ مفك).
٤. مسمار ملولب برأس مخوش (مخ طاسة).
٥. مسمار ملولب برأس نصف دائري .
٦. مسمار ملولب برأس مسدس.
٧. مسمار ملولب برأس مربع.
٨. مسمار ملولب برأس مبسط.
٩. مسمار ملولب برأس مخشن (مترتر).
١٠. مسمار ملولب مجنح الرأس .. (للربط باليد).

تستخدم المسامير الملولبة في توصيل الأجزاء المعدنية التي تقتضي طبيعتها أن تكون قابلة للربط والفك ، دون أن يحدث بالأجزاء الموصلة أو عناصر التوصيل أي تلف.

الصواميل : Nuts

توجد أنواع وأشكال مختلفة للصواميل شكل ٥ - ٢ التي تتناسب مع المسامير الملولبة في وصل الأجزاء المعدنية التي يتطلب ربطها وفكها عند الحاجة إلى ذلك . وفيما يلي عرض لأكثر أنواع وأشكال الصواميل استخداماً.



شكل ٥ - ٢

أنواع وأشكال الصواميل

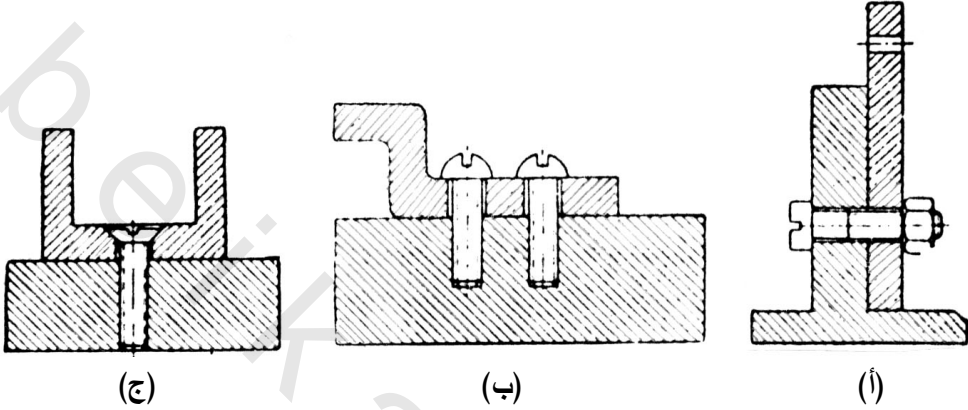
الوصلات الملولبة : Screws

ويمكن تقسيم الوصلات الملولبة من حيث استعمال وسائل الزنق إلى نوعين أساسيين كما هو موضح بشكل ٥ - ٣ كآلاتي :-

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

(أ) الوصلات الخالية من وسائل الزنق :

هي الوصلات التي تتصل بها المسامير الملولة اتصالاً مباشراً ، وخالية من وسائل الزنق كما هو موضح بشكل ٥ - ٣ وهي المسامير الملولة فقط ، أو المسامير الملولة والصواميل.



شكل ٥ - ٣

الوصلات الخالية من وسائل الزنق

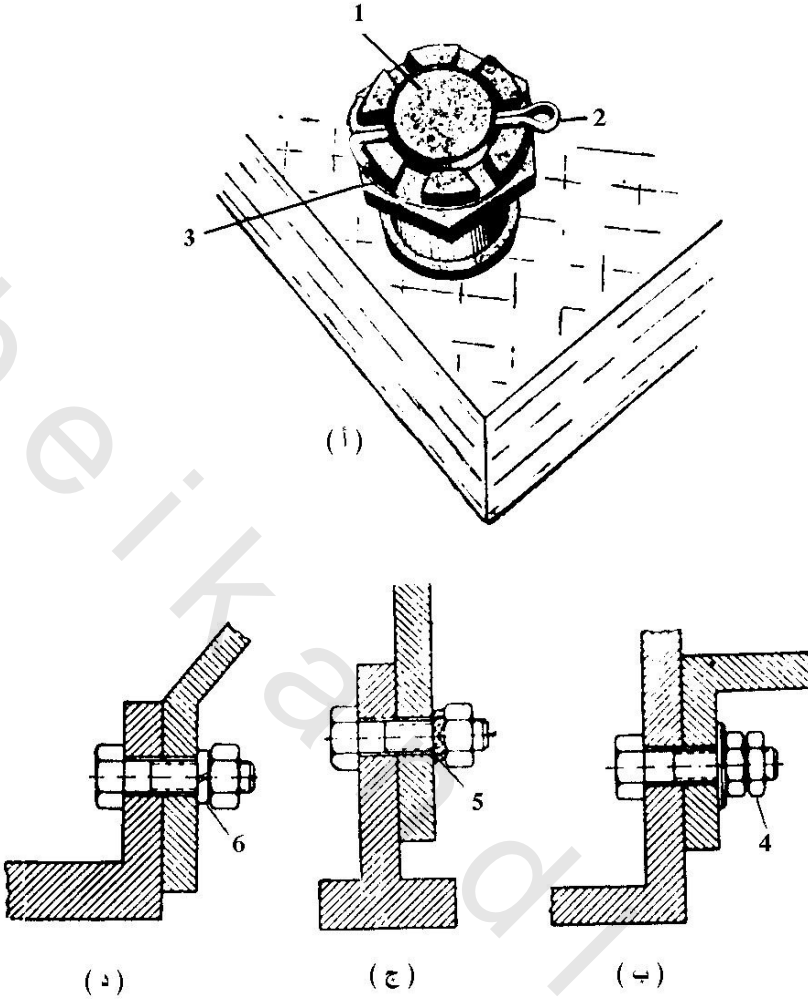
(أ) التوصيل بمسمار ملول براً أسطوانياً وصامولة.

(ب) التوصيل بمسمار ملول برأس نصف دائري.

(ج) التوصيل بمسمار ملول برأس غاطس.

(ب) الوصلات المزودة بوسائل زنق :

هي الوصلات التي تتصل بها مسامير ملولة وصواميل شكل ٥ - ٤ باستخدام صواميل إضافية - ورد مسننة - ورد نابضة (ورد سوسته) التي يطلق عليها ورد الزنق ، ومن وسائل الزنق المعروفة هي الصواميل ذات التيل.



شكل ٥ - ٤

الوصلات المزودة بوسائل زنق

(أ) وصلة تحتوي علي صامولة برجية ذات تيلة.

(ب) التوصيل بمسمار ملولب ذي رأس مسدس وصامولة ، بالإضافة إلى صامولة أخرى للزنق.

(ج) التوصيل بمسمار ملولب ذي رأس مسدس وصامولة وحلقة مسنن.

(د) التوصيل بمسمار ملولب ذي رأس مسدس وصامولة وحلقة نابضة (حلقة سوسته).

الوصل بالتيل

Joining By Pins

تتشابه أشكال التيل مع أشكال المسامير المختلفة الأشكال والأقطار ، لذلك تسمى بالمسامير الإصبعية.

يوجد أنواع وأشكال مختلفة من التيل ، يميز كل منها الآخر حسب الغرض من الاستعمال.

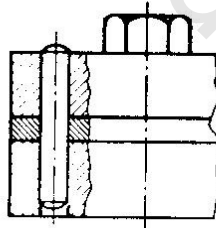
أنواع التيل : Types Of Pins

يمكن تقسيم التيل إلى الأنواع الثلاثة التالية :-

(أ) تيل توافقية : Fit Pins

تستخدم التيل التوافقية في تحديد أوضاع الأجزاء المراد وصلها مع بعضها البعض بالأوضاع المطلوب بدقة ، كما تؤدي إلى سهولة التجميع وعدم وجود إزاحة في الاتجاه العرضي.

شكل ٥ - ٥ يوضح تيلة أسطوانية الشكل تعمل بوظيفة تيلة توافقية أثناء تجميع جزئين بوضع معين.



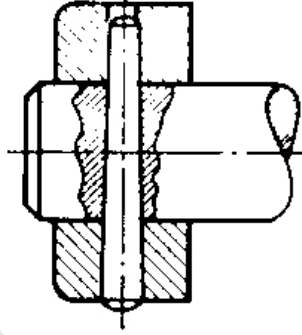
شكل ٥ - ٥

تيلة أسطوانية تعمل بوظيفة تيلة توافقية

(ب) تيل تثبيت : Fixing Pins

تعتبر كوسيلة للتثبيت في بعض الحالات ، وتستخدم في نقل القوى الصغيرة ،

كما تستخدم كوسيلة تأمين تمنع فك الأجزاء الموصلة عن بعضها البعض .
 وشكل ٥ - ٦ يوضح تيلة مستدقة (مخروطية) تعمل بوظيفة تيلة تثبيت .
 تستخدم هذه التيلة في وصلات الماكينات والأجهزة المختلفة والسيارات وغيرها .



شكل ٥ . ٦

تيلة مستدقة تعمل بوظيفة تيلة مشقوقة

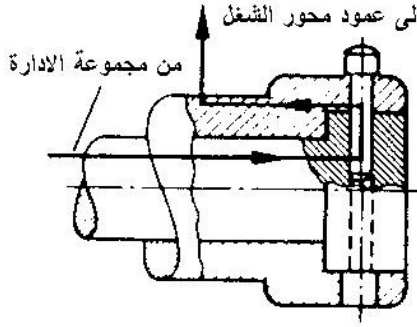
(ج) تيل قص : Shearing Pins

تستخدم هذه التيل في المجموعات الناقلة للحركة في آلات التشغيل والإنتاج ،
 الغرض منها هو إتاحة عملية الوصل والفصل ، وتعتبر كوسيلة شديدة الحساسية لمنع
 الاجهادات أو الضغوط العالية التي قد تنشأ ، ومن ثم فإنها تحافظ على عدم تدمير
 المجموعات الناقلة للحركة ، وعلى سبيل المثال فإن تيلة القص تتركب بين مجموعة
 الإدارة وعمود الشغل ، وتنكسر هذه التيلة بالقص عند زيادة التحميل أو الاجهادات
 المرتفعة التي تقع على أجزاء الوصلة . وكسر التيلة يعني المحافظة على المجموعات
 الناقلة للحركة من التلف أو التدمير .

توضع تيلة جديدة بعد إزالة التيلة المكسورة ، مع إزالة السبب الذي أدى إلى
 كسر التيلة السابقة . ويمكن استعمال تيلة القص بأحد أشكال التيل المعتادة ، مثل
 التيل الأسطوانية ، أو التيل المستدقة (المخروطية أو المسلوية) ، أو التيل المشقوقة .
 ويتوقف اختيار التيلة المناسبة على قوة تحملها التي تتناسب مع الغرض من

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

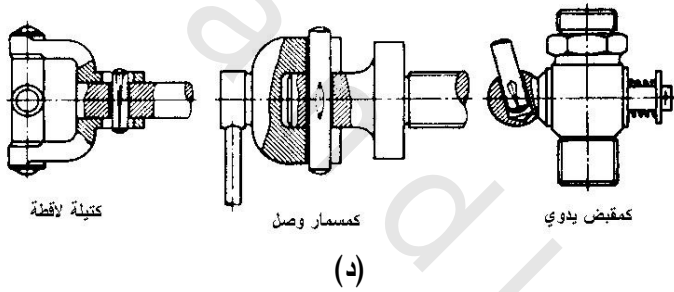
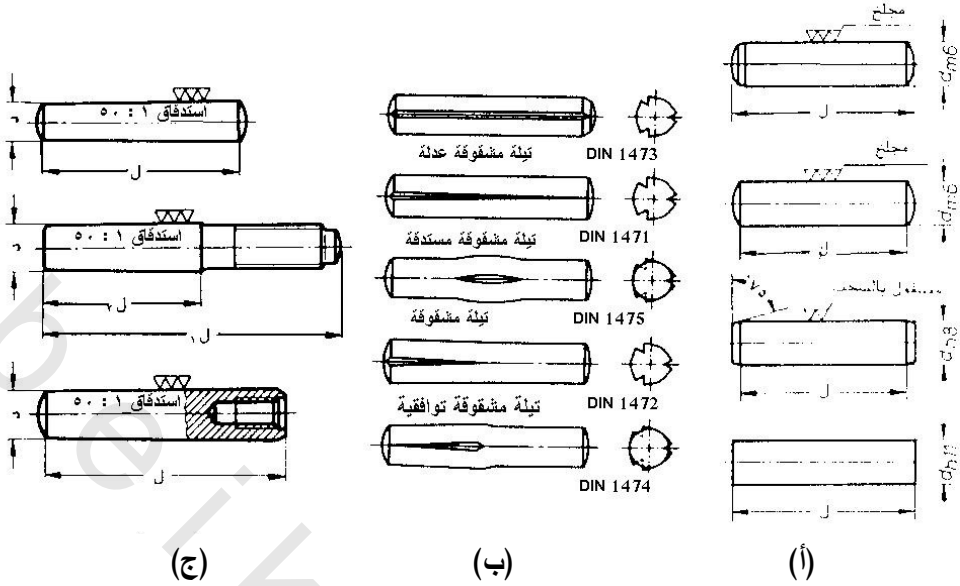
استخدامها . وشكل ٥ - ٧ يوضح تيلة قص مركبة بين مجموعة إدارة وعمود شغل.



شكل ٥ - ٧

تيلة قص

- تيل الوصل المستخدمة في الأغراض المختلفة مثل التيل التوافقية - تيل التثبيت
- تيل القص ، توجد بأشكال ومواصفات مختلفة ، يتوقف اختيار الشكل والموصفة المناسبة ، على الغرض من الاستخدام وطريقة التثبيت وتكاليف الإنتاج . وشكل ٥ - ٨ يوضح أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها.



شكل ٥ - ٨

أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها

- (أ) تيل أسطوانية.
- (ب) تيل أسطوانية مشقوقة إيلاجية.
- (ج) تيل مستدقة.
- (د) أمثلة علي استخدامات التيل المستدقة.

الوصل بالخوابير

Joining By Wedges

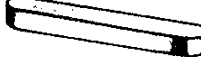
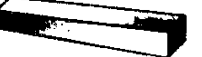
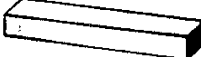
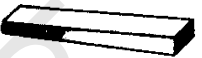
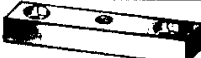
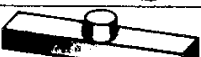
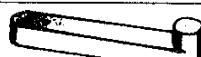
تعتبر الخوابير المختلفة الأشكال والأحجام بمثابة موصلات بين المحاور والأعمدة، أو بين الأجزاء والآليات المختلفة.

تستخدم الخوابير بصفة عامة في وصل الأجزاء الدوارة المثبتة على الأعمدة والمحاور ، وأقرب مثال لذلك هو استخدامها في وصل بكرات (طنابير) السيور والتروس والحدافات مع الأعمدة والمحاور ، حيث يثبت الخابور بالمواصفات المناسبة بالفجوة المخصصة له بين الأجزاء المراد وصلها . ومهمة الخوابير هي وصل الأجزاء الدوارة مع بعضها البعض ، وعدم دوران أي جزء دون دوران الجزء الآخر معه.

أنواع الخوابير : Types Of Wedges

توجد الخوابير بأنواع وأشكال مختلفة ، يتم اختيار الخابور المناسب حسب تصميم الأجزاء المكنية المراد وصلها ، ومقدار القوى المنقولة ، والظروف الفنية الأخرى مثل إمكانية تجميعها وفكها ، ونوع المادة المستعملة الخ.

ويمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين الموضحين بالجدول شكل ٥ - ٩ هما :-

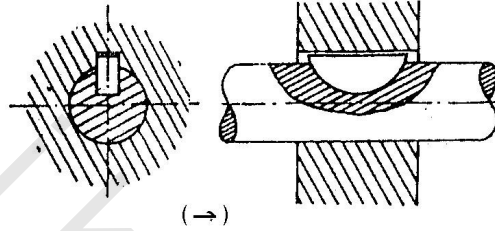
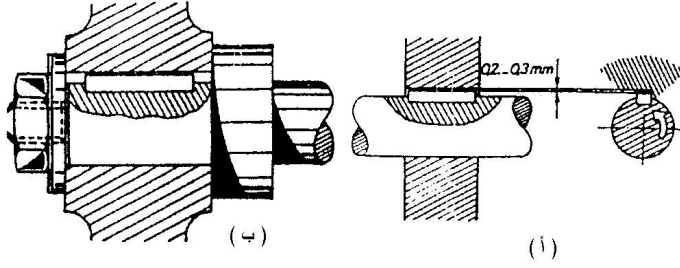
الخوابير المستدقة وصلات قشط ذات استدقاق ١ : ١٠٠			الخوابير المتوازية وصلات لاقطة بدون استدقاق	
	خابور غاطس	DIN 6886 نمط A		DIN 6885 نمط A ، خابور الزلاق مستدير الطرفين
	خابور دفعي	DIN 6886 نمط B		DIN 6885 نمط B ، خابور الزلاق مستوي الطرفين
	خابور بذقن	DIN 6887		DIN 6885 نمط C ، خابور الزلاق مستدير الطرفين ، ليرغى تثبيت واحد
	خابور مسطح	DIN 6883		DIN 6885 نمط F ، خابور الزلاق مستوي الطرفين يثبتين من برغى التثبيت وبرغى احكام
	خابور مسطح بذقن	DIN 6884		DIN 6885 نمط G ، خابور الزلاق مستوي الطرفين مسطوب ، ليرغى تثبيت واحد
	خابور مغر	DIN 6881		خابور متوازي بركاب وسطي
	خابور مغر بذقن	DIN 6889		خابور متوازي بركاب طرفي
	خابور تلامسي	لمشغبات الخوابير التلامسية عن الموصفات القياسية DIN 268		خابور قمري DIN 6888

شكل ٥ - ٩

الخوابير المتوازية والخوابير المستدقة

(أ) الخوابير المتوازية : Parallel Wedges

هي الخوابير التي تعمل على وصل الأجزاء الميكانيكية المختلفة ، والتي لا ينشأ عنها قوى انضغاطية ، ويمكن تأمين الخوابير عند تثبيتها ضد الإزاحة العرضية من خلال استخدام وسائل مساعدة مثل المسامير الملولبة - البنوز - حلقات التثبيت وغيرها . شكل ٥ - ١٠ يوضح بعض نماذج لوصلات الخوابير المتوازية.



شكل ٥ - ١٠

بعض نماذج لوصلات الخوابير المتوازية

- (أ) تثبيت الخابور المتوازي المنزلق بين المحور أو العمود والجسم المطلوب دورانه .
 (ب) استخدام الخابور المتوازي الغاطس في نقل عزم الدوران بين الأعمدة والأجزاء المطلوب توصيلها .
 (ج) استخدام الخابور المتوازي المستدير في نقل عزم الدورات بين الأعمدة والأجزاء المراد دورانها .

(ب) الخوابير المستدقة : Tapered Wedges

تصنع الخوابير المستدقة (المسلوية) ذات إستدقاق بنسبة ١ : ١٠ ، ١ : ٢٥ ، هذا يعني أن الزيادة في أكبر ارتفاع للضلع الأكبر للخابور مقداره واحد ملليمتر لكل ١٠ أو ٢٥ أو ١٠٠ ملليمتر من طول الخابور .

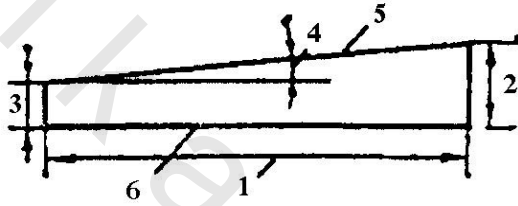
تستخدم الخوابير المستدقة بنسبة ١ : ١٠ ، ١ : ٢٥ في الوصلات التي يكثر صيانتها (الوصلات الكثيرة الفك والتركيب) ، كما تستخدم الخوابير المستدقة بنسبة ١ : ١٠٠ في الوصلات ذات الازدواج المحكم ، وفي الأجزاء المطلوب توصيلها ببعضها

توصيلا مستديما ، حيث أن الإستدقاق كلما كان صغيرا كلما زاد تأثير فاعلية الرباط ،
علما بأن الإستدقاق الصغير جدا يؤثر في الرباط وقد يتسبب في تلف الأجزاء المكنية.

أبعاد الخابور المستدق : Dimensions Of Tapered Wedge

تصمم الخوابير المستدقة بأبعاد مناسبة لتناسب التصميمات المختلفة للأجزاء المكنية ، وشكل ٥ - ١١ يوضح أبعاد الخابور المستدق .

يثبت الخابور المستدق بين الأجزاء المكنية المطلوب توصيلها ببعض بواسطة سنبك ومطرقة لتعطي قوة الدفع المطلوبة ، وتنقسم هذه القوة إلى مركبتين ممثلتين بالضلعين ٥ ، ٦ اللذان يؤثران على الأجزاء المكنية العلوية والسفلية الموصلة.



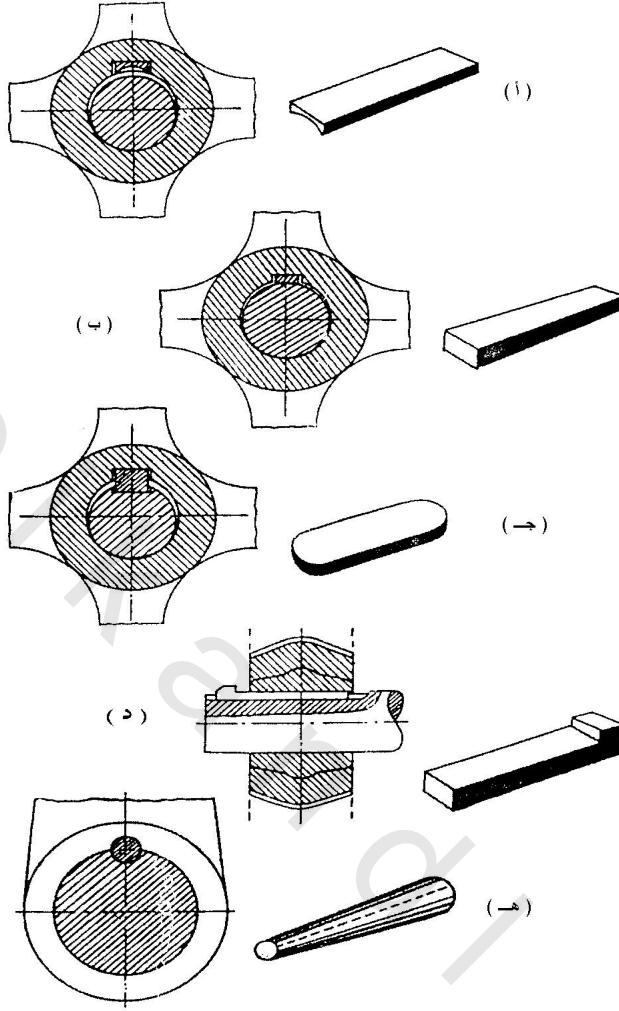
شكل ٥ - ١١

أبعاد الخابور المستدق

- | | |
|------------------|----------------------------|
| ١. طول الخابور. | ٤. الإستدقاق .. (السلبية). |
| ٢. الضلع الأكبر. | ٥. القمة. |
| ٣. الضلع الأصغر. | ٦. الجذع. |

تستخدم الخوابير المختلفة الإستدقاق في التوصيل بين الأجزاء المكنية ، ويتوقف استخدام كل منها على تصميم الأجزاء المكنية المطلوب توصيلها.

فيما يلي عرض لأشكال الخوابير المستدقة الموضحة بشكل ٥ - ١٢ وأمثلة على استخدام كل منها.



شكل ٥ - ١٢

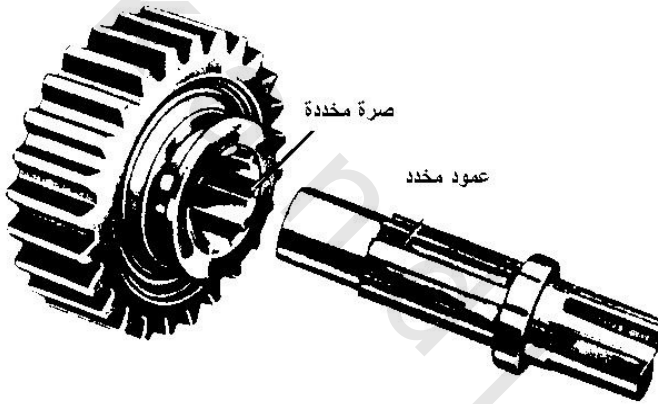
الخوابير المستدقة واستخداماتها

- (أ) الخابور المستطيل المقوس.
- (ب) الخابور المستطيل المستدق.
- (ج) الخابور الغاطس المستدق.
- (د) الخابور المستدق ذو الذقن.
- (هـ) الخابور الأسطواني المستدق.

٤. الوصل بالأعمدة المخددة : Joining By Splined Shafts

الأعمدة المخددة تسمى أيضا بالأعمدة المسننة ، وهي عبارة عن عمود أسطواني مشكل على سطحه الخارجي عدة أخاديد (أسنان) طولية تعمل بمثابة خوابير لنقل عزم الدوران إلى جزء مقابل له من الداخل بنفس الشكل ، لذلك فإن هذه الأعمدة تجمع بين مزايا العمود ومزايا الخابور في قطعة واحدة . يتراوح عدد الأخاديد من ٦ إلى ٢٠ سنة .. وذلك حسب قطر العمود.

وتستخدم وصلة الأعمدة المخددة الموضحة بشكل ٥ - ١٣ في نقل القوى عالية التحميل لوصلات مماثلة لها في الحالات التي تتغير فيها وضع الوصلات باستمرار ، كما هو الحال في بعض آلات التشغيل والإنتاج وفي المركبات وغيرها.



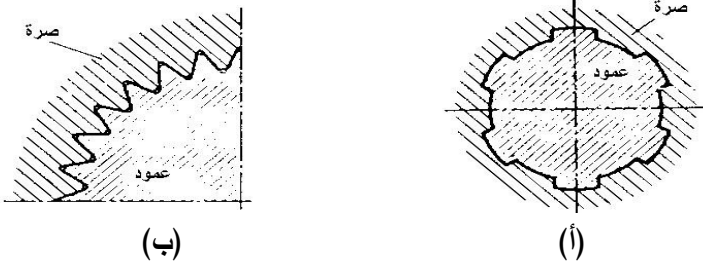
شكل ٥ - ١٣

الوصل بعمود مخدد

تستخدم عادة الوصلة المخددة (المسننة) التي تسمى صرة ، بوجود حركة محورية بين العمود المخدد وصرة الجزء المتزواج معه.

تشكل الأخاديد (الأسنان) بشكل طولي مستقيم ، أو بشكل حلزوني ، وذلك حسب شكل الحركة المطلوبة للوصلة.

توجد أعمدة مخددة ذات أخاديد (أسنان) مختلفة الأشكال كما هو موضح بشكل ١٤ - ٥ ومن الطبيعي تطابق شكل الأخاديد في كل من العمود والصرة.



شكل ٥ - ١٤

وصلات مخددة ذات أخاديد مختلفة

(أ) وصلة العمود والصرة بشكل مخدد.

(ب) وصلة العمود والصرة بشكل أسنان مثلثة.

الوصل شبه المؤقت .. (الوصل غير الدائم)

Non Permanent Joining

يمكن الحصول على الوصل شبه المؤقت للأجزاء المكنية المختلفة بإحدى

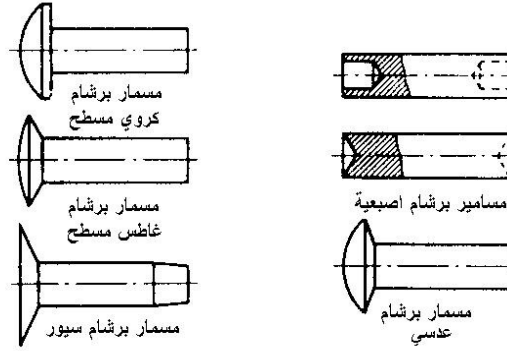
طريقتين هما :-

١- الوصل بمسامير البرشام : Joining With Rivets

تستعمل هذه الطريقة في وصل الأجزاء وتجمعها مع بعضها البعض باستخدام مسامير البرشام ، لإنتاج مشغولات لا يمكن تصنيعها بالطرق العادية مثل الجملونات ، الكباري الحديدية ، تثبيت الكمرات .. كما تستخدم مسامير البرشام في العديد من الوصلات.

أنواع مسامير البرشام : Types Of Rivet Pins

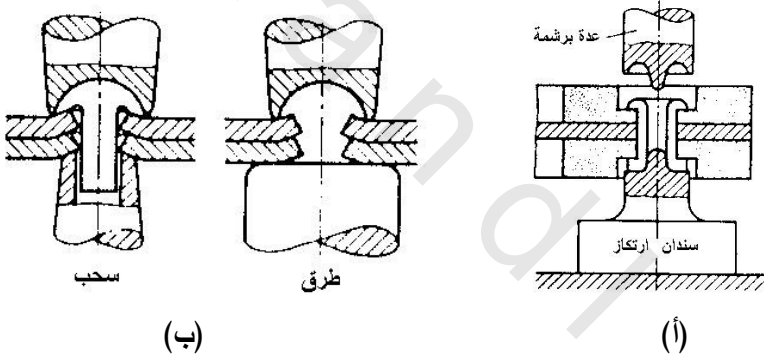
توجد أنواع وأشكال مختلفة من مسامير البرشام ، تتلاءم أشكال رؤوسها مع الغرض المستخدم . وشكل ٥ - ١٥ يوضح أكثر أنواع مسامير البرشام استخداماً.



شكل ٥ - ١٥

أنواع وأشكال مسامير البرشام

تستخدم مسامير البرشام ذات الأشكال الخاصة في تثبيت الأجزاء والألواح المعدنية الرقيقة ، كما تستخدم أيضا في تثبيت الألواح المصنوعة من اللدائن . وشكل ٥ - ١٦ يوضح أنواع مسامير البرشام ذات الأشكال الخاصة وطرق تثبيتها.



شكل ٥ - ١٦

الأنواع ذات الأشكال الخاصة لمسامير البرشام وطرق تثبيتها

(أ) مسمار برشام مجوف.

(ب) مسمار برشام عش الغراب.

تتم عملية الوصل بعمل الثقوب في الأجزاء المطلوب وصلها ببعضها البعض ، حيث توضع مسامير البرشام في الثقوب ، ويترك على رؤوس المسامير باستخدام

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

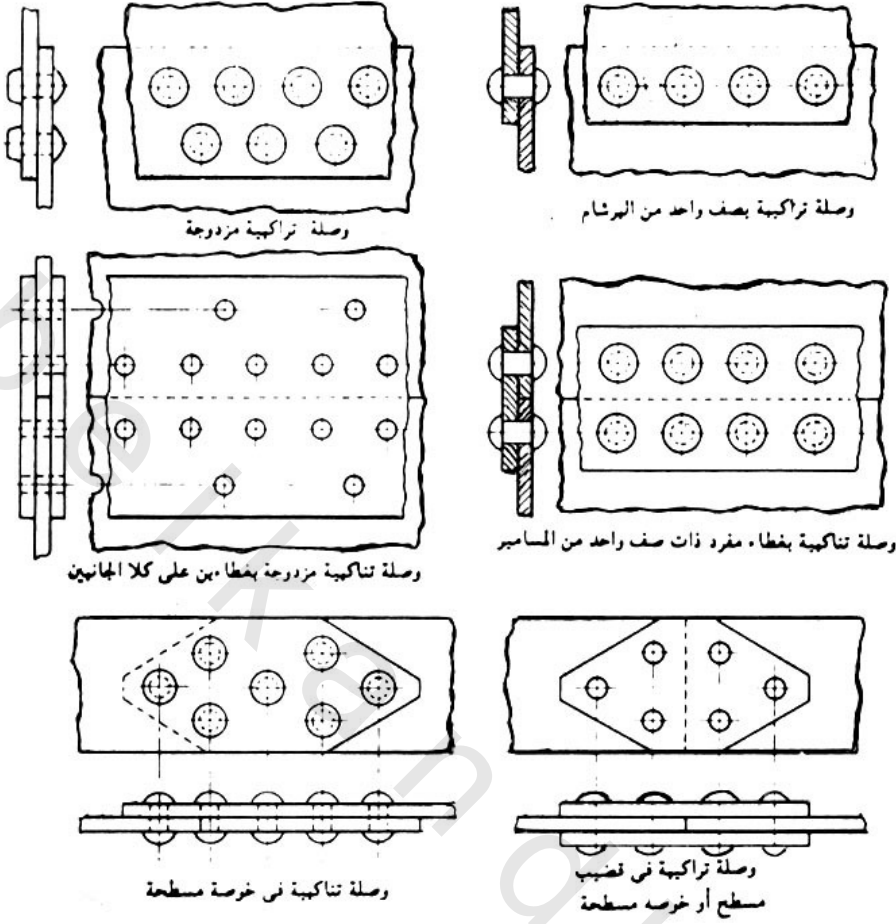
مطرقة يدوية مناسبة ، أو باستخدام إحدى آلات البرشمة الميكانيكية أو الكهربائية ، أو عن طريق مكابس البرشام الهيدروليكية ، وذلك لإحكام الوصل بين الأطراف ومنعها من الانفصال.

تصنع مسامير البرشام من الألومنيوم والنحاس والصلب ، ويتم اختيار المناسب منها في عمليات التوصيل المختلفة من حيث نوع المعدن - القطر - الطول - شكل رأس المسمار - طريقة التركيب ، بحيث يكون قطر المسمار يعادل مرة ونصف من سمك الوصلة (الأجزاء المراد وصلها) ، أما الطول فيكون ضعف القطر.

تتوقف وظيفة الأجزاء المراد وصلها على طريقة ترتيب مسامير البرشام ، فإثناء الصهاريج مثلاً يحتاج إلى نوع من وصلات البرشام التي تؤدي إلى الإحكام الشديد مع منع تسرب السوائل ، وتجهز الغلايات التي عمل بضغط عالية ، تحتاج إلى وصلات محكمة مانعة للتسرب وبألغة الصلابة.

مما سبق نستنتج بأن جميع عمليات الوصل باستخدام مسامير البرشام تتطلب اختيار النوع والشكل المناسب مع مراعاة الترتيب الجيد والدقة في التنفيذ.

شكل ٥ - ١٧ يوضح بعض أنواع وصلات البرشام المستخدمة ، والطرق السائدة عملياً في ترتيب مسامير البرشام.



شكل ٥ - ١٧

بعض أنواع وصلات البرشام

الوصلات الانضغاطية

Press Joining

عند الحاجة إلى استخدام مثل هذه الوصلات ، فإنه يجب تجهيز الأجزاء المراد وصلها بحيث تكون مقاساتها متداخلة قبل إيلاجها مع بعضها البعض ، ويمكن الاستعانة بجدول التوافق التداخلي لهذا الغرض.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

وتتوقف قوة الالتصاق بين الجزء الخارجي والجزء الداخلي على مقدار التداخل.

طرق الوصل بالضغط : Methods Of Joining By Press

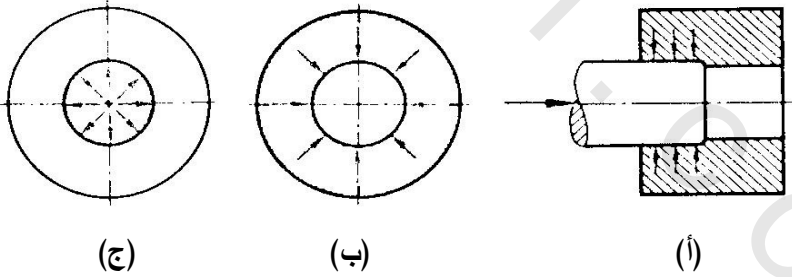
لأجراء عملية الوصل بالضغط بنجاح ، فإنه يجب تحديد مقدار وطريقة التداخل . ويمكن تحديد مقدار التداخل من خلال جدول التوافق التداخلي ، أما طريقة التداخل المستخدمة فهي على نوعين أساسيين هما :-

١. التوافق التداخلي الطولي : Longitudinal Interference Fit

تستخدم طريقة التوافق التداخلي الطولي عادة في المشغولات ذات المقاطع الدائرية (للعمود والثقب) كما هو موضح بشكل ٥ - ١٨ (أ) عن طريق الطرق أو الكبس ، وذلك لإيلاج العمود داخل الثقب في الاتجاه الطولي ، بحيث تنطبق محاور كل من العمود والثقب مع بعضهما البعض.

وقد يتسبب السطح المستدير الحاد بوجه العمود في كشط جزء من السطح الداخلي للثقب ليحدث انخفاض في قياس القطر الداخلي أثناء عملية الطرق أو الكبس ، وبالتالي تتضاءل قوة الالتصاق وخاصة عند تكرار عملية الفك والتركيب.

ولتحقيق التداخل الجيد ، فإنه يجب عمل شطف بالقطر الداخلي للجلبة ، وشطف آخر بالعمود بحيث يكون كلا الشطفتان متقابلين في بداية الوصل بينهما.



شكل ٥ - ١٨

الوصلات الانضغاطية

(أ) توافق تداخلي طولي.

(ب) توافق انكماش.

(ج) توافق تمددي.

٢. التوافق التداخلي العرضي : Lateral Enter Ferine Fit

يمكن إجراء عملية التداخل التوافقي العرضي بإحدى طريقتين هما :-

(أ) توافق الانكماش : Shrinkage Fit

يحدث التوافق التداخلي العرض بالانكماش عند تركيب العمود مع الثقب ، من خلال تسخين الجلبة التي تحتوي على الثقب لتصل درجة حرارتها ما بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ م^٥ ، ثم تتركب بالعمود ليحدث الالتصاق المطلوب بعد تبريدها كما هو موضح بشكل ٥ - ١٨ (ب).

تتكون أكاسيد قشرية على السطح الداخلي للجلبة أثناء عملية التسخين ، هذه القشور تزيد من قوة الالتصاق ، وتعتبر مناسبة للتركيبات التي لا يعاد فكها مرة أخرى ، كما يمنع تكوين الأكاسيد القشرية للأجزاء المراد توافقها والقبالة للتركيب.

(ب) توافق التمدد : Expansion

يحدث التوافق التداخل العرضي بالتمدد عند تركيب العمود مع الثقب ، من خلال تبريد العمود في ثلاجة تجميد ليصل درجة حرارته إلى ما بين (٢٠ - إلى ٤٠ م^٥ .. تحت الصفر) ، أو بالدرجة المناسبة التي يمكن إيلاج العمود في الجلبة بسهولة ، حيث يحدث الالتصاق المطلوب بعد ارتفاع درجة حرارة العمود إلى درجة حرارة الجو العادي المحيط شكل ١٨ - ٥ (ج).

كما يستخدم عند تبريد الأجزاء الكبيرة ثاني أكسيد الكربون من خلال أسطوانة غاز مضغوط ، حيث يتحول غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جليد .. ليصل درجة حرارته إلى ٧٩ م^٥ .. تحت الصفر ، الذي يؤدي إلى امتصاص الحرارة من المشغولة ،

ويحدث التبريد السريع .. ومن ثم يحدث إيلاج العمود بالجلبة بسهولة، الذي يؤدي إلى الالتصاق المطلوب بعد ارتفاع درجة حرارة العمود إلى درجة حرارة الجو العادي.

مميزات توافقات التمدد :

١. عدم حدوث تغير في بنية المشغولة.
٢. لا يحدث أي تقوس أو تكوين أكاسيد قشرية.

عيوب توافق التمدد :

يعتبر العيب الوحيد لهذه الطريقة هو ارتفاع التكلفة بالمقارنة مع طريقة التوافق بالانكماش.

الوصل الدائم

Permanent Joining

الوصل الدائم يتمثل في اللحام بأنواعه المختلفة التي تجرى على الأجزاء المعدنية لتوصيلها ببعضها البعض توصيلاً دائماً ، حيث أصبح من الممكن الآن باستعمال المواد والأساليب المناسبة ، توصيل معظم المعادن باللحام . ويتم اللحام عادة باستعمال طاقة حرارية وتسلط ضغط على الأجزاء الجاري وصلها ، أو باستعمال طاقة حرارية بدون تسليط ضغط على الإطلاق.

الشروط الواجب توافرها في عمليات اللحام :

عند وصل الأجزاء المعدنية توصيلاً دائماً باللحام ، لإنجاز هذا العمل على أكمل وجه ، يجب توافر الشروط التالية :-

١. تنظيف الأسطح المراد وصلها بالوسائل الميكانيكية والكيميائية ، بحيث تكون خالية من الشحوم الأكاسيد.
٢. تعديل الأسطح المراد وصلها بحيث تكون بشكل مستوي.
٣. تليين الأسطح المراد وصلها ، بحيث تتقارب ، ويجري التليين عادة عن طريق

التسخين.

٤. منع تكون الأكاسيد ، والتخلص منها كلما تكونت ، لذلك فإنه يستعمل في كثير من عمليات اللحام مواد تساعد على بلوغ هذا الهدف ، وتعرف بمساعدات اللحام أو بمساعدات الصهر ، ويتم اختيار هذه المواد حسب نوع المعدن المطلوب لحامه ، وطريقة اللحام نفسها.

٥. يجب تنظيف وتشطيب وصلة اللحام بعد إتمام عملية الوصل.

طرق الوصل الدائم : Ways Of Permanent Joining

سبق التنويه إلى أن الوصل الدائم هو معنى وصل المعادن المختلفة باللحام بأنواعه المختلفة . ويمكن تقسيم وصل المعادن باللحام إلى الأنواع التالية :-

١. اللحام بالسبائك غير الحديدية : Welding By Non Ferrous Alloys

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام القصدير .. (اللحام الرخو).

(ب) لحام المدونة .. (اللحام الصلب).

٢. اللحام بالانصهار : Welding By Melting

يشتمل على الآتي :-

(أ) اللحام بالغاز.

(ب) اللحام بالقوس الكهربائي.

(ج) اللحام بالثرميت.

٣. اللحام بالضغط على الساخن : Hot Pressure Welding

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام الحدادة.

(ب) لحام المقاومة الكهربائية.

يتعرض هذا الباب إلى اللحام بالسبائك الغير حديدية ، الذي يشتمل على لحام

القصدير .. (اللحام الرخو) ، ولحام المونة .. (اللحام الصلب).

أما أنواع اللحام الأخرى ، فهي تحتوي على موضوعات عديدة ومتشعبة ، ولا يسع المجال في هذا الباب لعرض .. لهذا السبب فقد عرضت في باب مستقل .. وهو الباب السادس.

نبذة تاريخية :

أثبتت الأبحاث أن الإنسان قد عرف فن اللحام بالسبائك الغير حديدية من خلال لحام القصدير ولحم المونة ، منذ خمس آلاف علم ، وتعتبر وصلات لحام المونة بالمشغولات الذهبية والفضية ، من أقدم وصلات اللحام التي عرفها الإنسان في العصور القديمة.

اللحام بالسبائك غير الحديدية

Welding Of Non Ferrous Alloys

اللحام بالسبائك الغير حديدية تعني اللحام بالسبائك اللدنة مثل القصدير ، واللحام بالسبائك الصلدة مثل النحاس ، وهذا النوع من اللحام لا ينتمي إلى أي من طرق اللحام بالصهر أو اللحام بالضغط والصهر ، حيث تنصهر أطراف الوصل ، ولا تنضغط مع بعضها البعض ، بل يسخن طرفا الأجزاء المراد وصلها إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة انصهار السبيكة الإضافية المستخدمة في عملية الوصل ، وتبلل الأطراف المراد وصلها بسبيكة اللحام المنصهرة ، وتنساب السبيكة المنصهرة بالحيز السطحي بطرفي الوصلة ، وتندمج السبيكة مع ذرات سطح المشغولة ، ويحدث الوصل باللحام بعد تجمدها.

ويعتبر اللحام بالسبائك الغير حديدية من الوصلات الدائمة .. أي الوصلات الغير قابلة للفك ، ويمتاز هذا النوع من اللحام برخص ثمنه وانخفاض تكاليف أدواته المحدودة ، وبساطته بالمقارنة بأنواع اللحام الأخرى.

ينقسم اللحام بالسبائك الغير حديدية إلى نوعين أساسيين هما :-

١. اللحام بالقصدير.

٢. اللحام المونة.

اللحام بالقصدير (اللحام الرخو) : Soldering (Soft Soldering)

تجري عملية الوصل بين الأجزاء المراد لحامها بواسطة سبيكة من القصدير والرصاص بنسب مختلفة ، فإذا تجاوزت نسبة القصدير فيها عن ٥٠ % سميت بسبيكة

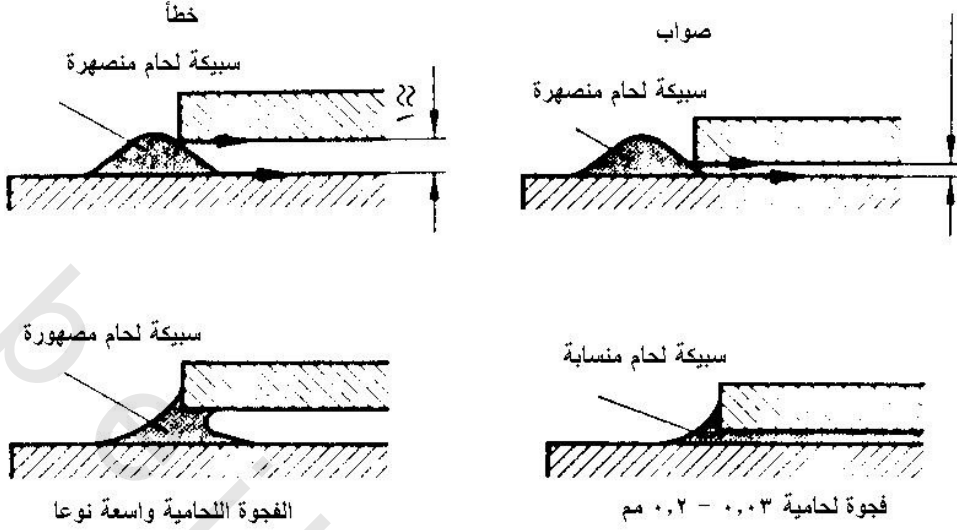
قصدير الرصاص ، أما إذا انخفضت نسبة القصدير عن ٥٠ % سميت بسبيكة رصاص قصديري.

يسمى اللحام بهذه السبيكة باللحام الرخو ، حيث إن السبيكة المستخدمة مكونة من معادن رخوة مثل القصدير والرصاص.

وللحصول على وصلات مثالية للأجزاء المراد لحامها ، فإنه يجب تنظيف الأسطح المراد وصلها قبل البدء في عملية اللحام ، بالطرق الميكانيكية باستخدام مبرد مناسب - مقشطة يدوية - فرشاه سلك - صنفرة ، ثم تنظف كيميائياً باستخدام كلوريد الزنك أو الفلक्स Fluxes ، أو أحد مواد التنظيف الأخرى المناسبة ، علماً بأن هذه المواد تقوم بوظيفة مساعدات اللحام ، بفصلها للقشرة الإكسيدية بجانب وظيفتها الأساسية ، وهي الحفاظ على نظافة سطح المعدن أثناء عملية اللحام.

الوصلات التي يتم لحامها بالقصدير تكون ذات متانة أكثر كلما انخفض سمك سبيكة اللحام ، بشرط توفر الظروف المناسبة لعملية اللحام.

تناسب السبيكة وتتغلغل بفعل التأثير والتجاذب الشعري لسطحي اللحام المتجاورين. وشكل ٥ - ١٩ يوضح الطرق الصحيحة والخاطئة من حيث سمك الفجوة اللحامية ، وانسياب سبيكة اللحام بالفجوة بشكل أفضل كلما انخفض البعد بين السطحين المراد وصلها .. وبالتالي انخفاض سمك سبيكة اللحام.

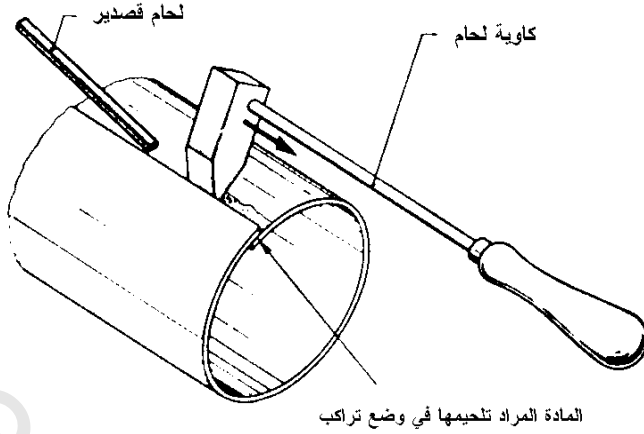


شكل ٥ - ١٩

الطرق الصحيحة والخاطئة للحام وانسياب السبيكة بفعل التأثير والتجاذب الشعري

طرق اللحام بالقصدير : Ways Of Soldering

بعد تحضير الأسطح المراد وصلها ، توضع الكاوية وتمرر على الوصلة قليلا حتى تنتقل الحرارة من الكاوية إلى الوصلة ، ثم تبلل رأس الكاوية بسبيكة اللحام (القصدير) ، ثم توضع على الوصلة مرة أخرى لتنتقل السبيكة من رأس الكاوية إلى سطح المشغولة ، وتندمج وتتشابك ذراتها مع السطح كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٠ ، ومع الحركة على طول الوصلة ، وبإضافة القصدير المنصهر ، يحدث الوصل الكامل باللحام بعد تجمد القصدير مباشرة.

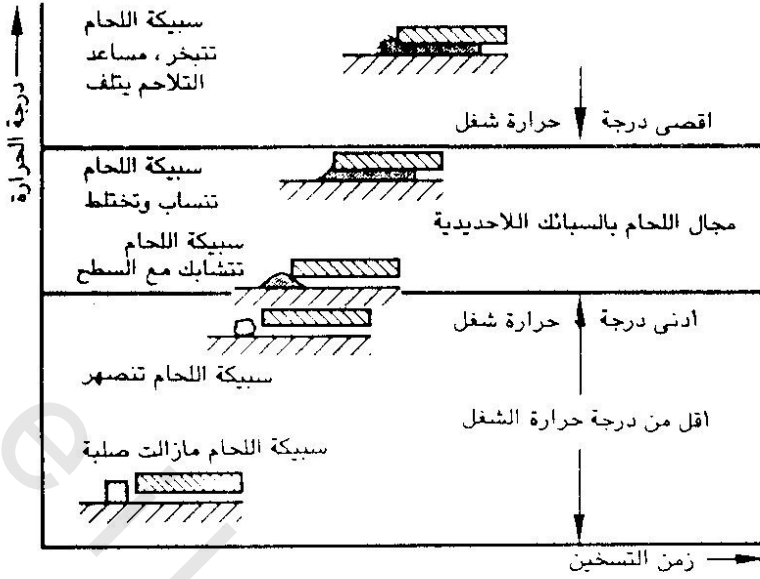


شكل ٥ - ٢٠

طرق اللحام بالقصدير

الشروط التي يجب توافرها للحصول على لحام رخو مثالي :

١. نظافة الأسطح المراد وصلها.
٢. استخدام مساعد لحام.
٣. انخفاض سمك طبقة اللحام بقدر الإمكان.
٤. ارتفاع درجة حرارة المنطقة المراد وصلها بالمشغولة وسبيكة اللحام إلى درجة حرارة الشغل* كما هو موضح بشكل ٥ - ٢١.
٥. يظل موضع اللحام خاليا من الاهتزازات أثناء انتقال سبيكة اللحام من حالة السيولة إلى حالة التجمد.



شكل ٥ - ٢١

درجة حرارة الشغلة أثناء اللحام بالسبائك الغير حديدية

أدوات لحام القصدير : Soldering Tools

يعتبر اللحام بسبائك القصدير من أكثر أنواع لحام السمكرة انتشارا ، كما تعتبر كاوية اللحام من أهم أدوات اللحام المستخدمة لهذا الغرض.

تستخدم الكاوية في لحام المشغولات المختلفة ، وأقرب مثال لذلك هو لحام الأسلاك الرفيعة في أجهزة الراديو والتلفزيون ، ولحام ألواح الصاج الكبيرة ، ومن غير المعقول أن تستخدم كاوية لحام واحدة لمثل هذه المشغولات المتناقضة في الأحجام ، لذلك فقد صممت كاوية اللحام بأنواع وأشكال وأحجام مختلفة ، ليناسب كل منها الغرض المخصص من أجله.

فيما يلي عرض لأكثر أنواع كاويات اللحام انتشاراً.

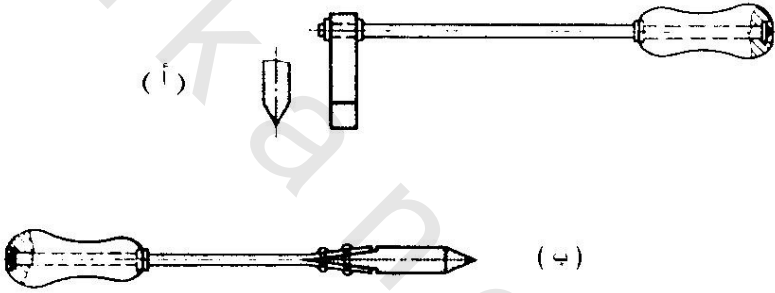
* درجة حرارة الشغل هي اقل درجة حرارة لسطح المشغولة في موضع اللحام ، والتي تنصهر عندها سبيكة اللحام وتنساب على السطح ، وتختلط وتتشابك بالمشغولة.

كاوية اللحام : Soldering Iron

تصنع عادة رأس كاوية اللحام من النحاس الأحمر ، الذي يتميز بانتقاله للحرارة العالية وخواصه الجيدة الأخرى . يمكن أن تكون كاوية اللحام مزودة بمصدر حراري ، أو غير مزودة بمصدر حراري ، ويتوقف شكل رأس الكاوية على نوع العمل المطلوب من أجله.

(أ) كاوية اللحام الغير مزودة بمصدر حراري : Soldering Iron

توجد هذه الكاوية بشكلين أساسيين كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٢ ، النوع الأول رأس كاوية اللحام على شكل مطرقة ، أما النوع الثاني فرأس الكاوية بشكل مدبب أو مستدق .



شكل ٥ - ٢٢

كاوية اللحام الغير مزودة بمصدر حراري

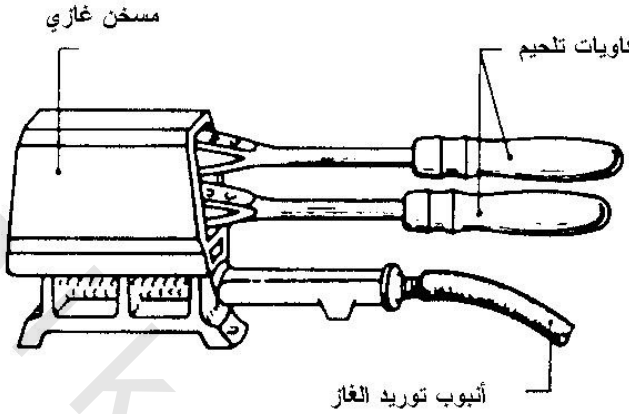
(أ) كاوية لحام ذات رأس مدبب .

(ب) كاوية لحام ذات رأس مستدق .. (مخروطي).

يستخدم لعملية تسخين الكاوية موقد لحام يعمل بالغاز ، حيث يمكن تسخين كاويتين في آن واحد كما هو وضح بشكل ٥ - ٢٣ .

يجب أن تظل الكاوية في موقد اللهب حتى تصير درجة حرارة الرأس النحاسية كافية لتسخين الأطراف المراد وصلها ، وصهر سبيكة اللحام ، ومن عيوب هذه الكاوية إنها تبرد بسرعة ، وهذا يعني إنها لا تستخدم في عمليات اللحام إلا خلال فترات قصيرة

، ثم تسخن الكاوية بعد كل فترة .
تستعمل سبيكة القصدير في عملية اللحام لحسن التصاقه بالنحاس الأحمر ..
أي برأس الكاوية.



شكل ٥ - ٢٣

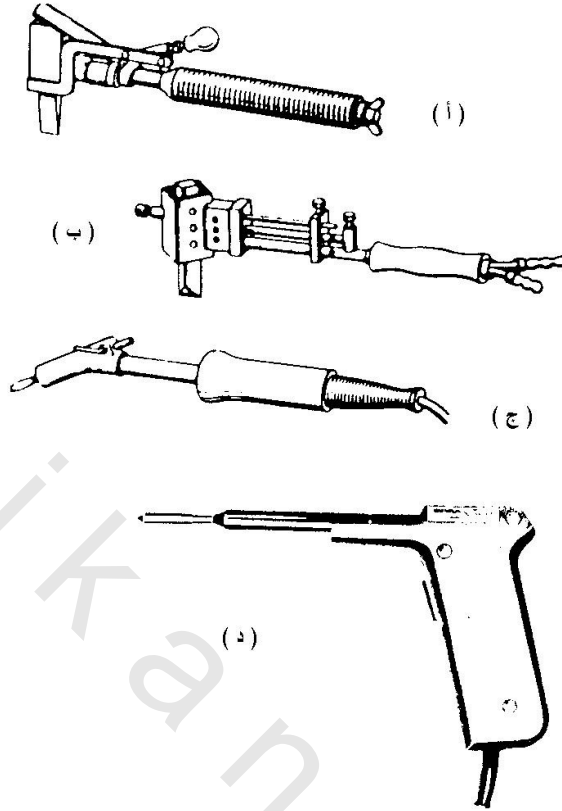
تسخين كاوية اللحام في موقد غازي

(ب) كاوية اللحام المزودة بمصدر حراري :

Soldering With A Thermal Source

تعتبر كاوية اللحام المزودة بمصدر حراري من أفضل الوسائل المستخدمة في عمليات السمكرة ، فهي على عكس الكاوية السابق ذكرها ، فإنها لا تتوقف عن العمل لحين تسخينها .

وتنقسم أدوات اللحام المزودة بمصدر حراري أي ذات التسخين المباشر الموضحة بشكل ٥ - ٢٤ إلى عدة أنواع أهمها الكاوية الكهربائية ، والكاوية الغازية التي تسخن بالغاز ، من أبرز عيوب الكاوية الغازية هي وزنها المرتفع بالمقارنة بالكاوية الكهربائية.



شكل ٥ - ٢٤

أدوات اللحام ذات التسخين المباشر

(أ) كاوية لحام تعمل بالكبروسين.

(ب) كاوية لحام تعمل بالغاز.

(ج) كاوية لحام تعمل بالكهرباء.

(د) كاوية لحام تعمل بالكهرباء للمشغولات الدقيقة .

يجب تنظيف مقدمة كاوية اللحام الساخنة قبل البدء في عملية اللحام من خلال مسح سطحها العامل بقطعة من ملح النشادر لإزالة الأكسدة والمواد الغريبة العالقة بها ، قبل حملها لقصدير اللحام ، أما مساعد اللحام (الفلكس) فإنه يوجد في سبيكة اللحام المستخدمة في لحام الكهرباء.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

وللحصول على لحام جيد فإنه يجب تسخين أطراف الوصل قبل البدء في عملية اللحام ، حيث تمرر الكاوية بهدوء على امتداد درزة اللحام ، مع مراعاة تدفق سبيكة اللحام المنصهرة لتملأ الفجوة اللحامية تماماً.

مميزات اللحام بسبيكة القصدير :

يتميز اللحام بسبيكة القصدير بعدة مميزات أهمها الآتي :-

١. درجة انصهار سبيكة القصدير بدرجة منخفضة أقل من ٤٥٠°م ، وهي أقل درجة انصهار المعادن المطلوب وصلها.
٢. سيولة جيدة.
٣. قدرة عالية على سريان السبيكة على سطح المعدن.
٤. قابلية جيدة للثني.
٥. بساطته.
٦. رخيص الثمن بالمقارنة بأنواع اللحام الأخرى.

عيوب اللحام بسبيكة القصدير :

عيبه الوحيد هو انخفاض متانته ، لذلك فإنه يستخدم في المشغولات التي لا تتعرض لاجهادات عالية مثل أعمال السمكرة والتوصيلات الكهربائية.

اللحام بالمونة .. اللحام الصلب

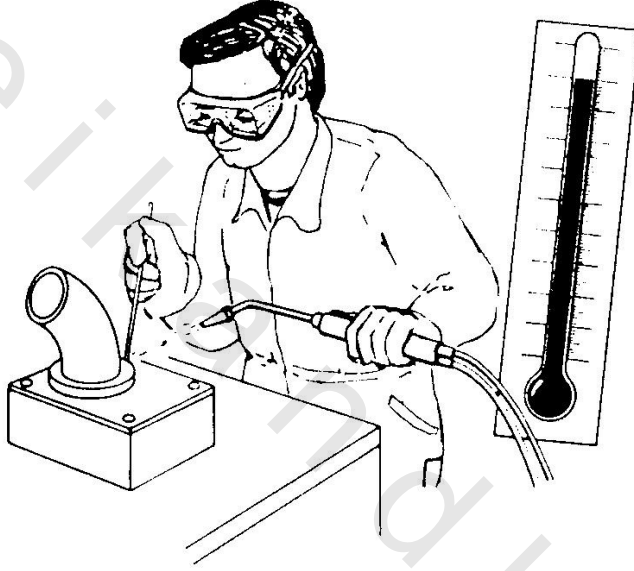
Brazing

لا يختلف هذا النوع من اللحام عن اللحام الرخو (اللحام بسبيكة القصدير) .. إلا أن عملية اللحام بالمونة تتطلب درجة حرارة أعلى من تلك التي تتطلبها عملية اللحام بالقصدير ، حيث تنصهر سبيكة لحام المونة عند درجة أكثر من ٤٥٠°م .

يستخدم في هذا النوع من اللحام الطاقة الحرارية عن طريق لهب غازي ، الذي يوجه إلى منطقة الوصل كما هو موضح بشكل ٥ - ٢٥ ، حيث تسخن أطراف الوصلة

إلى درجة متوسطة فقط ، ثم يصهر بين طرفي الوصلة سبيكة أخرى درجة انصهارها أعلى من درجة انصهار الأجزاء المطلوب وصلها ، حيث تقوم هذه السبيكة ببلل طرفي الوصلة ، وتنساب السبيكة المنصهرة بالحيز السطحي بطرفيها ، وتندمج مع ذرات سطحها ، ويحدث الوصل بعد انتقال السبيكة من حالة السيولة إلى حالة التجمد.

السبيكة المنصهرة تقوم بربط طرفي الوصلة ، كما تقوم المونة بربط الطوب المستخدم في عملية البناء ، لذلك سميت هذه الطريقة بالوسط الفني بلحام بالمونة.



شكل ٥ - ٢٥

اللحام بالمونة .. (اللحام الصلب)

تستخدم طريقة اللحام بالمونة على نطاق واسع في إنتاج العديد من المنتجات المركبة من قطع صغيرة ، تجمع هذه القطع ويتم وصلها باللحام ، ويمكن أن يتم التسخين عن طريق لهب الأكسي إستيلين أو الأكسوجين ، أو أي وقود غازي آخر.

سبائك اللحام الصلدة : Hard Welding Alloys

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

تنصهر سبائك اللحام الصلدة (سبائك لحام المونة) عند درجة حرارة 450°C ، ويجب أن تنصهر السبيكة وتتم عملية اللحام بسرعة ، ويراعى عدم التسخين الزائد للمشغولة ، الذي قد يؤدي إلى تشوهها.

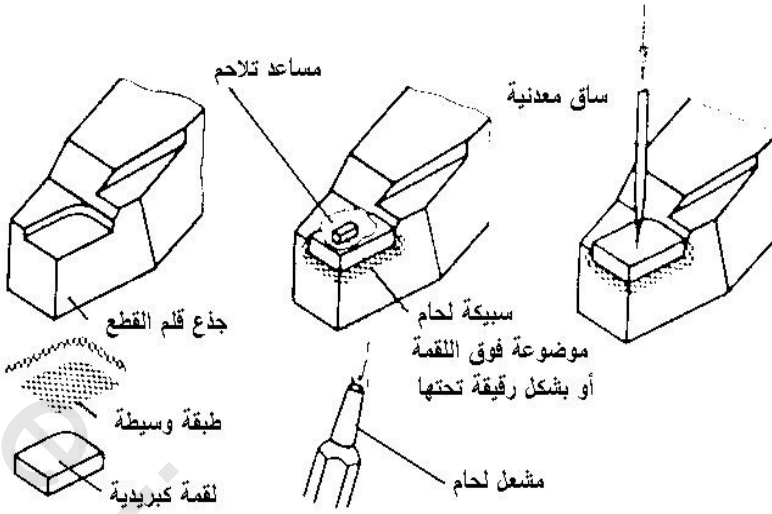
يمكن لسبائك اللحام الصلدة أن تتخذ بعض الأشكال كالقضبان - الأسلاك - الرقائق ، وتوجد هذه السبائك بأنواع مختلفة .. فيما يلي عرض لأكثر أنواع هذه السبائك استخداماً.

- سبيكة اللحام النحاسية ، مكونة أساساً من النحاس ومضاف إليها بعض السبائك الأخرى . تستخدم هذه السبيكة في لحام جميع أنواع الصلب.

- سبائك اللحام التي تحتوي على فضة بنسبة لا تقل عن ٢٠ % ، تحتوي أيضاً على بعض المعادن الأخرى . تستخدم هذه السبيكة في لحام جميع المشغولات الصلب والنحاس والنيكل وسبائكهما . ولسبب خواصها الجيدة للتشابك ، فإنها تستخدم في لحام اللقم الكربيدية على أقلام التشغيل بالقطع كما هو وضح بشكل ٥ - ٢٦.

- سبائك لحام الألومنيوم التي تحتوي على ألومنيوم نقي بنسبة لا تقل عن ٧٠ % ، مضافا إليها بعض المعادن الأخرى . تستخدم هذه السبيكة في لحام جميع مشغولات الألومنيوم وسبائكها.

- هذا بجانب بعض أنواع سبائك لحام المونة الأخرى مثل سبائك النيكل ، والكوبلت والذهب وغيرها من السبائك.



شكل ٥ - ٢٦

لحام لقمة كربيدية على قلم قطع

مساعدات اللحام : Fluxes

تتحد المعادن أثناء تسخينها بأكسوجين الهواء ، مما يؤدي إلى تكون أكاسيد قشرية على سطح المعدن ، وهذه الأكاسيد القشرية تمنع انسياب وتشابك سبيكة اللحام مع المشغولة المراد لحامها.

وللحصول على لحام مثالي ، فإنه يجب استخدام مساعد لحام (مساعد صهر) ، حيث يعمل على تكوين طبقة عازلة لعدم وصول أكسوجين الهواء إلى المشغولة ، وبالتالي عدم تكون الطبقة الإكسيدية ، كما يمنع ارتداد الأكسوجين إلى موضع اللحام ، أي وقاية مصهور اللحام من التأكسد مرة أخرى.

توجد مساعدات اللحام على شكل مسحوق أو سائل أو معجون ، ويتم اختيار مساعد اللحام المناسب بحيث يكون نقطة انصهاره أقل من نقطة انصهار سبيكة اللحام بقدر كافي ، كما يجب أن تكون قابلية انتشاره جيدة.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

مميزات اللحام الصلد :

يتميز اللحام الصلد (لحام المونة) بعدة مميزات أهمها الآتي :-

١. الحصول على وصلات قوية جدا ولها متانة عالية.
٢. تحقيق الوصل بين الأجزاء ، مما يؤدي إلى اقتصاد كبير في المعدن المستخدم.
٣. تبسيط تصميم المنتجات ، الذي يؤدي إلى سهولة تصنيعها وتجميعها .. وبالتالي الاقتصاد في الأيدي العاملة.
٤. انخفاض زمن التشكيل.
٥. إمكانية وصل المعادن الغير متماثلة.
٦. تحمل الاجهادات العالية.
٧. تكاليف معتدلة.

الباب الأول

1

الحام

Welding

مُهَيِّدٌ

يمكن تفسير عمليات اللحام بأنها عمليات للوصل الدائم بين المعادن باستخدام الحرارة أو باستخدام الضغط والحرارة ، حيث تتخالط جزيئات القطع المراد وصلها ببعضها البعض عند منطقة التأثير ، وذلك عن طريق استخدام معدن إضافي أو بدونه، وعمليات اللحام هي وسيلة للحصول على وصلات قوية دائمة غير قابلة للفك .. وأيضاً غير قابلة للتسرب ، حيث أنها تعطي نفس خواص المعدن الأساسي.

يناقش هذا الباب جميع عمليات اللحام المختلفة ، كاللحام بالصهر عن طريق استخدام الغاز ، ولحام القوس الكهربائي عن طريق استخدام التيار المتغير أو التيار المستمر ، ولحام الترميت ، واللحام بالضغط والحرارة مثل اللحام الحدادي ، ولحام المقاومة الكهربائية .. مع عرض لمميزات وعيوب كل منهم علي حدة.

ويتعرض لطرق تجهيز غاز الاستيلين ، وشبكات الغاز المركزية والغرض من استخدامها ، وعمليات اللحام والقطع أسفل سطح الماء ، والأدوات والمعدات المستخدمة في جميع عمليات اللحام.

كما يتناول إجراءات الأمن والسلامة في جميع عمليات اللحام.

اللحام

Welding

للتعرف على الجانب العلمي في عمليات وصل المعادن باللحام ، فإنه يمكن تلخيص ذلك من خلال تأمل أي جسم معدني في درجة حرارته العادية .. أي في درجة حرارة الجو المحيط . نجد أن أساس تماسك هذا الجسم وعدم تفككه ، هو قوة الجذب المتبادلة بين الذرات المكونة لمادة هذا المعدن ، ومقاومة جزيئاته للانفصال عن بعضها البعض.

لذلك عند إجراء عملية وصل للأجزاء المعدنية المتشابهة عن طريق اللحام ، فإنه يجب العمل على تهيئة الأطراف المراد وصلا ، لكي تقتارب ذراتها مع بعضهما البعض ، وتتماثل ظروف كل منهما مع الجزء الآخر ، بحيث تقتارب الذرات وتندمج أكثر ، ومن ثم فإن وصل هذه الأطراف سيكون أمراً حتمياً ، الذي سيؤدي إلى وصلة دائمة غير قابلة للتفكك.

تتميز عمليات اللحام بتحقيق الوصل الدائم بين الأجزاء ، والاقتصاد الكبير في المعدن المستخدم ، وتبسيط تصميم المنتجات .. وبالتالي سهولة تصنيعها وتجميعها ، بجانب الاقتصاد في الأيدي العاملة ، وزمن التشغيل ، الذي ينعكس على تخفيض ثمن المنتجات المصنعة.

تعتبر وسيلة الوصل باللحام من أفضل أنواع الوصلات الدائمة ، لذلك فإنها حلت محل وسيلة الوصل بمسامير البرشام بشكل كبير ، بالإضافة إلى أنه في الوقت الحالي قد بدأت الأجزاء الموصلة باللحام تحل محل الأجزاء المشكلة بالطرق والسبك بنجاح.

تعريف اللحام :

هو وصل دائم للأجزاء المعدنية باستخدام الحرارة ، أو باستخدام الضغط والحرارة معا.

ولكي تكون الوصلة بين الجزئين المراد لحامهما من الوصلات الجيدة ، فلا بد أن يكن هناك تقارب بين ذرت الجزئين المراد وصلهما حتى تتكون بلورات معدنية مشتركة تحقق ذلك الوصل ، والارتباط المثالي.

ومن خلال التسخين تتباعد الجزيئات عن بعضهما البعض ، وتنخفض قوى الجذب فيها ، وبازدياد التسخين تتباعد الجزيئات عن بعضهما أكثر فأكثر ، وتنخفض بالتالي قوة تماسكهما وترابطهما ، ويكون من السهل أن يتحرك أي جسم آخر خلالها ، ويسهل بذلك مزجها مع مادة متعجنة أخرى من نفس التركيب ، عن طريق استخدام معدن إضافي أو بدونه.

وعند تجمد منطقة الوصل يصير هذا المخلوط المتجانس من المادتين كتلة واحدة متماسكة . وعلى ذلك يمكن تفسير عملية اللحام بأنها وصل دائم للمعادن باستخدام الحرارة ، أو باستخدام الضغط والحرارة معا.

والغرض من عمليات اللحام المختلفة هو الحصول على وصلات قوية دائمة وغير قابلة للفتك .. وأيضا غير قابلة للتسرب ، كما تعطي نفس خواص المعدن الأساسي.

تصنيف عمليات اللحام :

يمكن تصنيف عمليات وصل المعادن عن طريق عمليات اللحام المختلفة من حيث أسلوب اللحام إلى نوعين هما :-

أولا : اللحام بالصهر Fusion Welding

في عمليات اللحام بالصهر تستخدم مادة إضافية للحشو لملئ الفراغ المجهر بين الجزئين المراد وصلهما ، بحيث تكون مادة الحشو غالباً من مادة مماثلة لنوع معدن الأجزاء المراد لحامها ولها نفس الخواص.

ولإجراء عمليات اللحام بالصهر تسخن منطقة اللحام ، وكذلك مادة الحشو حتى

تصل درجة الحرارة إلى درجة الانصهار ، عندئذ تنصهر مادة الحشو وتتساقط لمتلاً الفراغ المجهز بالجزئين المراد لحامهما ، مختلطة مع المعدن المنصهر في منطقة التسخين . وتتم عملية الوصل باللحام عند تجمد المادة المنصهرة بمنطقة التسخين.

طرق للحام بالصهر : Ways Of Fusion Welding

توجد طرق مختلفة لعمليات اللحام بالصهر ، ويمكن تصنيفها حسب مصدر الطاقة الحرارية المستخدمة في تسخين الأجزاء المراد لحامها إلى الأنواع التالية :-

- ١ . لحام الغاز .
- ٢ . لحام القوس الكهربائي .
- ٣ . لحام الكهربياء بالقوس المغمور .
- ٤ . لحام الثرميت .

ثانياً : اللحام بالضغط والحرارة Heat Pressure Welding

تعتمد هذه الطريقة على تسخين الأجزاء المراد وصلها باللحام حتى تصل إلى حالة التعجن ، ثم تتعرض منطقة التسخين إلى الضغط ، حيث يتم وصل الأطراف باللحام .

تتميز هذه الطريقة بعدم استخدام مواد حشو ، وبالتالي ضمان عدم تغيير التركيب الكيميائي لأطراف وصلة اللحام .

طرق اللحام بالضغط والحرارة :

توجد طريقتين أساسيتين للحام بالضغط والحرارة وهما كالآتي :-

- ١ . لحام حدادة .
 - ٢ . لحام المقاومة الكهربائية .
- فيما يلي عرض لجميع طرق اللحام .. كل منهم علي حدة .

اللحام بغازات الاحتراق

Gas Welding

تستخدم الغازات بصفة خاصة في وصل المعادن المتشابهة التي يتراوح سمكها ما بين ٢ إلى ٥٠ ملليمتر ، وأيضا للحالات التي يتعذر فيها الوصول بسهولة إلى مواضع الوصلات المراد لحماها .

في هذا الأسلوب تصهر الأطراف عند المواضع المراد وصلها بواسطة لهب غازي ناتج عن احتراق غاز مختلط مع أكسوجين نقي ، حيث تصل حرارة اللهب إلى عدة آلاف من الدرجات المئوية ، وقد يستخدم الهواء بدلا من الأكسوجين في حالة لحام الرصاص .

يفضل في أسلوب اللحام بالغاز استخدام الاستيلين أو الهيدروجين وقودا غازياً ، كما قد يستخدم أحد غازات الاحتراق الأخرى مثل غاز الاستصباح - غاز المدن - غاز الميثان - غاز البرويان - بخار البنزين .

جدول ٦ - ١ يوضح مجالات استخدام غازات الوقود المختلفة ، كما يوضح أهمية غاز الاستيلين وتميزه على الغازات الأخرى .

جدول ٦ - ١

مجالات استخدام غازات الوقود المختلفة

غاز الوقود	درجة حرارة اللهب بالدرجة المئوية	أقصى تخانة للوح الصلب بالمليمتر لتناسب الغاز
غاز المدن	1700	3
الهيدروجين	1900	7
الميثان	2000	7
الغاز المائي	2300	8
بخار البنزين	2700	12
الاستيلين	3200	50

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

لمحة تاريخية عن الاستيلين :

غاز الاستيلين هو ناتج عن تركيب كيميائي لعنصرين هما الكربون والهيدروجين ، وقد اكتشفه لأول مرة آدموند ديفي في عام ١٨٣٥ ميلادية ، لكن طريقته في تصنيع الغاز كانت بطيئة جدا ، هذا بالإضافة إلى تكاليفها المرتفعة.

وفي عام ١٨٩٢ م ، أجرى المخترع الكندي توماس . ل . ويلسون تجارب في ورشته من خلال تسخين حجر جيرى مع فحم الكوك في فرن كهربائي . وانتهت تجربته بالفشل ، وعندما أفرغ النفاية في وعاء صغير خلف ورشته ، حدثت حالات تلوث عن تسرب غاز ، وقد كان الغاز المتسرب ناتج عن تفاعل بين عناصر نفاية التجارب ، وتبين أن هذا الغاز هو غاز الاستيلين.

وبهذه الصدفة تم اكتشاف طريقة غير مكلفة لتصنيع غاز الاستيلين.

اللحام بغاز الأكسي إستيلين

Oxy – Acetylene Welding

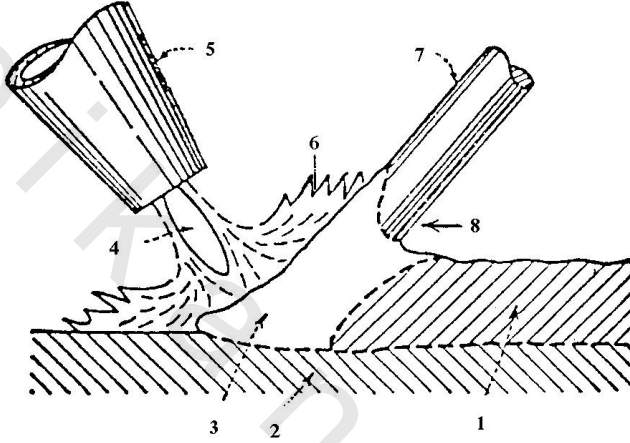
اللحام بالغاز يسمى أيضا اللحام الذاتي ، حيث تنصهر المعادن عند موضع اللحام بلهب شديد الحرارة لأحد غازات الاحتراق مثل الاستيلين – الهيدروجين – البروبين – الغاز الطبيعي (غاز الاستصباح).

ويستخدم في اللحام غاز الاستيلين بالدرجة الأولى وذلك لمميزاته العديدة مثل ارتفاع شدة حرارة لهبه – ارتفاع سعته الحرارية – فضلا عن سهولة تحضيره وانخفاض تكاليفه.

تنصهر الأجزاء المراد وصلها باللحام باستخدام اللهب الناتج عن احتراق خليط غاز الاستيلين والأكسوجين . ويسمى اللحام في هذه الحالة بلحام الأكسي استيلين . تصل درجة الحرارة المتولدة من هذا الخليط إلى حوالي ٣٣٠٠°م.

تجري عملية اللحام بإعداد أطراف الأجزاء المراد وصلها بالشكل المطلوب ،

وتنظيفها جيداً ، ثم يسخن موضع اللحام حتى ينصهر المعدن المعرض له ، وحينئذ يضاف سلك حشو من مادة تشبه المعدن الأصلي على هيئة سيخ لحام ينصهر طرفه كما هو موضح بشكل ٦ - ١ وبفعل شدة حرارة اللهب ، ينصهر طرف سلك اللحام ويختلط مع المعدن المنصهر حتى يمتلئ الفراغ المجهز في منطقة اللحام. يبعد اللهب وتترك وصلة اللحام حتى تتجمد ، بذلك يتم وصل الأجزاء المراد لحامها اتصالاً دائماً .. أي بوصلة اللحام المطلوبة.



شكل ٦ - ١

اللحام بلهب الأكسي استيلين

١. معدن اللحام المتجمد.
٢. معدن الشغلة الأساسي.
٣. معدن اللحام المنصهر.
٤. المخروط المضيء .. يسمى أيضاً بمنطقة النواة ، أو بالشمعة المضيئة ، أو بالسهم المضيء.
٥. فوهة المشعل.
٦. غلاف اللهب.
٧. سلك اللحام.
٨. اتجاه اللحام.

تجهيز غاز الإستيلين : Preparation Of Acetylene Gas

غاز الاستيلين هو مركب كيميائي ينشأ من تفاعل الماء مع كربيد الكالسيوم في مولد خاص ، ويعبأ في أسطوانات مصنوعة من الصلب ، ويتداول في شكل أسطوانات مفردة ، أو حزمة أسطوانات . ونادراً استخدام مولدات في الورش.

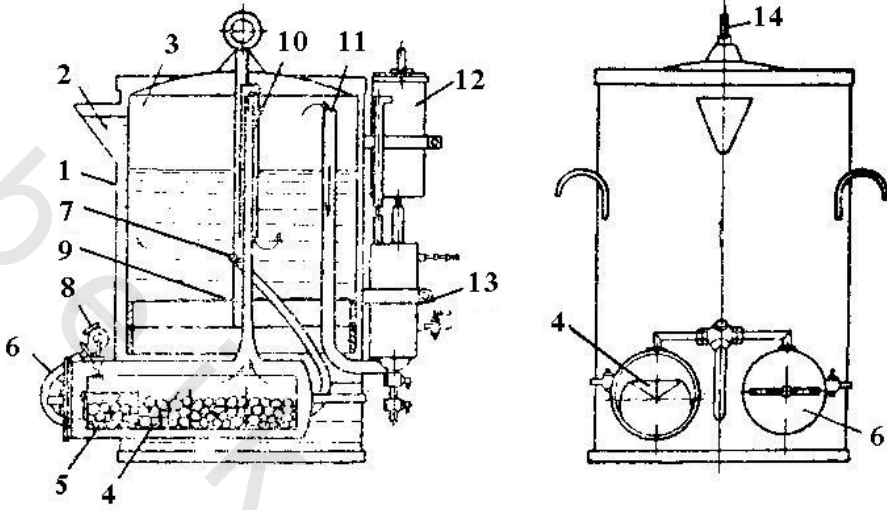
ومولدات الاستيلين قد تكون ثابتة أو متنقلة ، والمولدات المتنقلة ذات أبعاد صغيرة، يصل إنتاجها إلى ٣٠٠ لتر من الاستيلين في الساعة ، ويستعمل المولد المتنقل في عمليات اللحام لبوري واحد فقط ، وينقل عند اللزوم إلى مكان العمل.

تنقسم مولدات الاستيلين حسب طريقة تفاعل الماء مع كربيد الكالسيوم إلى نوعين (الماء مع كربيد الكالسيوم) ، أو (كربيد الكالسيوم مع الماء) . وشكل ٦ - ٢ يوضح رسم تخطيطي لمولد استيلين متنقل يعمل بمبدأ الماء مع كربيد الكالسيوم.

ويمكن تلخيص عمل هذا المولد من خلال ملئ جسم المولد ١ بالماء عن طريق القمع ٢ ، وبضغط الناقدوس ٣ العائم في الماء على الغاز بثقله ، يجرى شحن كربيد الكالسيوم في الخزان ٤ المركب بالوعاء ٥ المغلق إغلاقاً محكماً بواسطة الباب ٦ ، وتنظم كمية المياه المندفعة إلى الوعاء من الماسورة ٧ عن طريق المحبس ٨ . وينصرف الاستيلين المتكون بالوعاء خلال الماسورة ٩ بأسفل الناقدوس ، من خلال الجزء الأسفل من الغطاء ١٠ ، حيث يتجه إلى الماسورة ١١ إلى منطف الغاز ١٢ ثم إلى الصمام المائي ١٣ . ويسرى غاز الاستيلين من الصمام المائي إلى الخرطوم المتصل ببوري اللحام.

يتصل الناقدوس ٣ بصمام أمان ١٤ الذي يقوم بتصريف الاستيلين إلى الجو ، في حالة امتلاء الناقدوس بالاستيلين أكثر من اللازم . ويعتبر الصمام المائي ضروري لتجنب احتمال انفجار الاستيلين بالناقدوس عند سريان اللهب في الاتجاه العكسي لحركة تيار الاستيلين.

يصل إنتاج المولد المتنقل ذي التصميم المذكور والموضح بالشكل التالي نحو ١٠٠٠ لتر استيلين / ساعة ، ويعتبر هذا المولد من الأجهزة المنخفضة الضغط.



شكل ٦ - ٢

رسم تخطيطي لمولد استيلين متنقل

- | | |
|----------------|-----------------|
| ١. جسم المولد. | ٨. محبس. |
| ٢. قمع. | ٩. ماسورة. |
| ٣. ناقوس عائم. | ١٠. غطاء. |
| ٤. خزان. | ١١. ماسورة. |
| ٥. وعاء. | ١٢. منظم الغاز. |
| ٦. باب. | ١٣. صمام مائي. |
| ٧. ماسورة. | ١٤. صمام أمان. |

أسباب استخدام غاز استيلين في اللحام :

السبب الأساسي في استخدام غاز الأكسوجين النقي بدلا من الهواء الجوي في حرق الغازات القابلة للاشتعال ، هو الحصول على أكبر طاقة حرارية ممكنة في منطقة القطع.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

أما الغازات القابلة للاشتعال فهي متعددة مثل الاستيلين - الهيدروجين - البروبين - البروبيلين - الغاز الطبيعي (غاز الاستصباح) وغيرها.

والسبب في استخدام غاز الاستيلين في عمليات اللحام هو أنه غاز شديد الاشتعال ، ومن خواصه أنه يولد أقصى طاقة حرارية ممكنة عند خلطه بالأكسوجين ، لتتراوح درجة حرارة اللهب في منطقة اللحام إلى ما بين ٣٢٠٠ إلى ٣٥٠٠ °م ، وذلك حسب نسبة خلط الأكسوجين مع الاستيلين . بينما تصل درجة حرارة اللهب في منطقة اللحام عند استخدام غاز الأكسوجين مع الهيدروجين إلى حوالي ٢٧٥٠ ° ، لذلك فإن غاز الأكسي استيلين يعتبر من أكثر الغازات القابلة للاشتعال استخداما في عمليات اللحام والقطع.

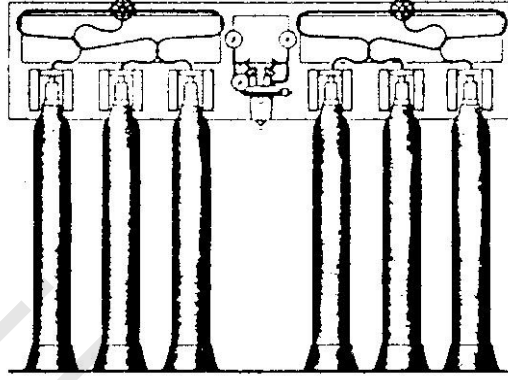
شبكات الغاز المركزية : Central Gas Networks

تستخدم عادة معدات اللحام بالأكسي استيلين التي تحتوي عل أسطوانة أكسوجين وأخرى استيلين في الحالات التي يكون فيها العمل محدود مثل الورش الصغيرة ، أو عند انتقال العمل إلى أماكن بعيدة.

وعندما يكون عدد الفنيين المشتغلين بعمليات اللحام بأعداد كبيرة ، يكون الحاجة إلى استخدام الاستيلين بمعدل استهلاك أعلى من المعدل العادي ، في هذه الحالة يفضل استخدام طريقة النظام المضاعف ، من خلال استخدام مجموعة من أسطوانات الاستيلين في منطقة مركزية كما هو موضح بشكل ٦ - ٣ التي تسمى بشبكة الغاز المركزية أو بالبطارية ، وذلك باتصال الأسطوانات مع بعضها البعض على التوازي ، وتفضل هذه الطريقة كمصدر للاستيلين في عمليات اللحام بدلا من مولدات الاستيلين.

تستخدم هذه الطريقة في بعض المدارس والمعاهد الصناعة وكليات الهندسة التي يوجد بها أقسام لحام بالأكسي استيلين.

ومن الطبيعي وصول الغازات إلى مناطق العمل عن طريق شبكة أنابيب معدنية ، ثم خراطيم ، ويمكن التحكم في ضغط الغازات المستخدمة عن طريق صمامات بوري اللحام.



شكل ٦ - ٣

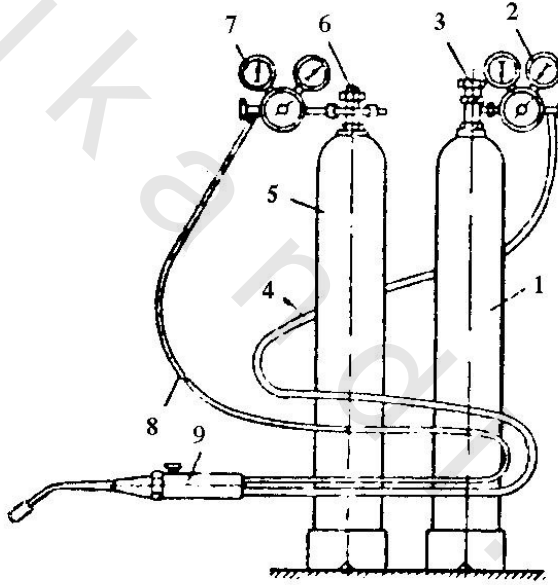
شبكات الغاز المركزية (البطارية)

مميزات شبكات الغاز المركزية :

- تتميز طريقة استخدام شبكات الغاز المركزية التي تسمى بطريقة النظام المضاعف بعدة مميزات أهمها الآتي :-
١. عدم خروج الأسيتون مع الاستيلين.
 ٢. إمكانية زيادة معدل استهلاك غاز الاستيلين.
 ٣. تعتبر هذه الطريقة أكثر أمناً من الطرق الأخرى.
 ٤. وجود منطقة العمل خالية من أسطوانات الغاز.

الأدوات والمعدات لحام الأكسي استيلين

يجرى عادة في المصانع الإنتاجية والورش الكبيرة تحضير غاز الاستيلين في مولدات خاصة ، ويتم تغذية شبكات الغاز عن طريق توصيلات آمنة لتزويد الورشة بالغاز اللازم والمستخدم في عمليات اللحام ، وقد يستخدم الغاز عن طريق أسطوانات الغاز ، لذلك فقد صممت معدات لاستخدامها في عمليات اللحام بالورش الصغيرة وبالأماكن المختلفة ، وتتمثل هذه المعدات الموضحة بشكل ٦ - ٤ من تجهيزات أساسية لعمليات اللحام بالغاز . تتميز هذه التجهيزات بسهولة نقلها إلى أي مكان .



شكل ٦ - ٤

معدات اللحام بالأكسي استيلين

- ١ . أسطوانة الأكسوجين .
- ٢ . مبین ضغط الأكسوجين .
- ٣ . محبس أسطوانة الأكسوجين .
- ٤ . خرطوم الأكسوجين .

٥. أسطوانة الاستيلين.
٦. محبس أسطوانة الاستيلين.
٧. مبین ضغط الاستيلين.
٨. خرطوم الاستيلين.
٩. مشعل اللحام .. (بوري اللحام).

أسطوانات الأكسوجين : Oxygen Cylinders

يحضر الأكسوجين من خلال ضغط الهواء وتبريده ، ثم يفصل الأكسوجين ويعبأ في أسطوانات تحت ضغط ١٥٠ جوي ، ويتداول الأكسوجين بشكل غازي في أسطوانات بأحجام مختلفة .

تصنع أسطوانات الأكسوجين من الصلب بدون لحامات ، هيكلها أجوف ، ينتهي الجزء الأسفل للأسطوانة بقاعدة لسهولة وضعها بشك رأسي ، أما الجزء العلوي فهو يحتوي على عنق أسطواني بأسنان قلاووظ باتجاه يميني ، يركب على القلاووظ صمام للفتح والغلق .

تتميز أسطوانات الأكسوجين بتحملها للضغوط العالية جدا ، حيث تعبأ الاسطوانة العادية سعة ٤٠ لتر بضغط ١٥٠ جوي . ويمكن التعرف على تحمل الأسطوانة للضغوط العالية جدا ، من خلال حساب سعة الأسطوانة من المعادلة التالية :-

كمية الأكسوجين بالأسطوانة = سعة الأسطوانة × ضغط الأكسوجين

$$= ٤٠ \text{ لتر} \times ١٥٠ \text{ جوي} = ٦٠٠٠ \text{ لتر أكسوجين}$$

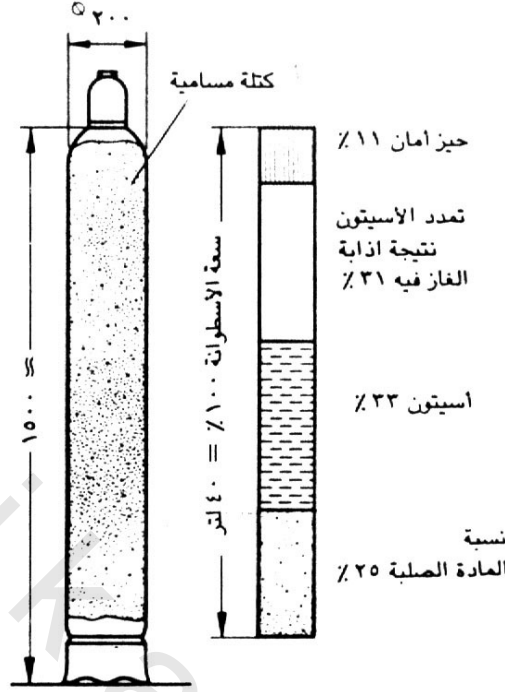
ولتوفير أجور النقل الباهظة لأسطوانات الأكسوجين ، يورد الأكسوجين إلى كبار المستهلكين في الحالة السائلة عن طريق سيارات صهاريج ، ثم يحول الأكسوجين من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عن طريق مبخر ، وهو جهاز خاص لتحويل الأكسوجين السائل إلى غاز على البارد.

أسطوانات الإستيلين : Acetylene Cylinders

تصنع أسطوانات الاستيلين الموضحة بشكل ٦ - ٥ من الصلب المسحوب بدون لحامات ، وتزود كل أسطوانة بصمام ضغط عالي . هيكل الأسطوانة غير مجوف كما هو الحال بأسطوانة الأكسجين . ينتهي الجزء الأسفل للأسطوانة بقاعدة لسهولة وضعها بشكل رأسي ، أما الجزء العلوي ، فهو يحتوي على عنق أسطواني بأسنان قلاووظ باتجاه يساري ، يركب على القلاووظ صمام للفتح والغلق ، ثم منظم للتحكم في ضغط الغاز للحصول على ضغط منتظم بغض النظر عن وجود الأسطوانة سواء كانت ممتلئة بالغاز أم فارغة.

تبلغ سعة اسطوانة الاستيلين العادية ٤٠ لتر ، وتعبأ تحت ضغط ١٥ جوي ، ويذاب الاستيلين داخل الاسطوانة في الأسيتون لمنع تحلله منها تحت هذا الضغط العالي ، كما تملأ الأسطوانة من الداخل بكتلة أو بمادة مسامية (قطر المسام ٠.٣ ملليمتر على الأكثر) وذلك لمنع تحلله نهائيا ، ومن ثم فإن غاز الاستيلين في هذه الحالة لا يكون غاز حر داخل الأسطوانة ، وإنما يشكل محلول الاستيلين مع الأسيتون وهو سائل أو مزيج غير قابل للانفجار.

تبلغ نسبة المادة الصلبة في الكتلة المسامية ٢٥ % ، بينما تشكل المسام (الفراغات) ٧٥ % منها . تمتص هذه الكتلة الأسيتون كالإسفنج ، وينتشر الأسيتون على مساحة كبيرة نتيجة توزيعه في المسام العديدة ، مما يسهل إذابة الغاز عند تعبئة الأسطوانة ، كما يساعد على اندفاعه عند استخدامه.



شكل ٦ - ٥

أسطوانة الاستيلين

يتميز الأسيتون بإذابته لكميات كبيرة من الاستيلين عند ارتفاع الضغط ، ويمكن إذابة ٢ لتر من الاستيلين في لتر واحد من الأسيتون عند درجة حرارة ١٥°م تحت ضغط واحد جوي.

فإذا كان حجم الأسيتون ١٣ لتر وضغط التعبئة ١٥ جوي ، بذلك يمكن حساب كمية الاستيلين المذابة داخل الاسطوانة من خلال المعادلة التالية :-
 كمية الاستيلين المذابة بالأسطوانة =

$$٢٥ \text{ لتر استيلين} \times ١٣ \text{ لتر أسيتون} \times \text{ضغط } ١٥ \text{ جوي} = ٤٨٧٥ \text{ لتر}$$

هذا يعني أن أسطوانة الاستيلين التي سعتها ٤٠ لتر ، تحتوي على غاز قدره ٤٨٧٥ لتر غاز تحت ضغط الجوي العادي.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

طرق التعرف على أسطوانتي الأكسجين والاستيلين :

يمكن التعرف بسهولة وبمجرد النظر على أسطوانة الأكسجين أو على أسطوانة الاستيلين .. وذلك من خلال مواصفات كل منهما ، وجدول ٦ - ٢ يبين مواصفات كل من أسطوانة الأكسجين وأسطوانة الاستيلين ومقارنة بينهما.

جدول ٦ - ٢

مقارنة بين أسطوانة الأكسجين وأسطوانة الاستيلين

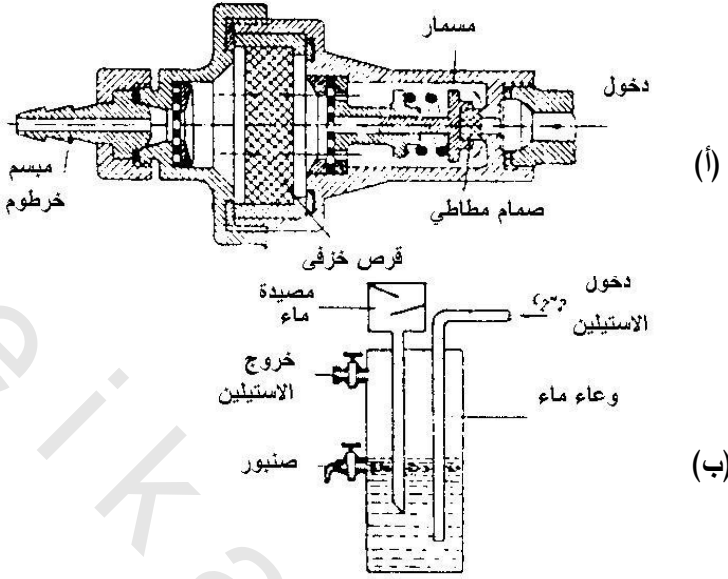
المواصفة	أسطوانة الأكسجين	أسطوانة الاستيلين
اللون	تطلى الأسطوانة بالكامل أو الجزء العلوي فقط بطلاء باللون الأزرق الغامق	تطلى الأسطوانة بالكامل أو الجزء العلوي فقط بطلاء باللون الأبيض
صمام الفتح والغلق	أسنانه بقلاووظ باتجاه يميني	أسنانه بقلاووظ باتجاه يساري
الطول	بارتفاع كبير	بارتفاع صغير
القطر	ذات قطر صغير	ذات قطر كبير

صمامات الأمان : Safety Valves

هي صمامات تتركب على أسطوانات الغاز بصفة عامة ، وأسطوانات الاستيلين بصفة خاصة . تغطى هذه الصمامات بأغطية طويلة للمحافظة عليها ولحمايتها أثناء نقلها.

تستخدم هذه الصمامات في تأمين عدم انعكاس اللهب .. أي عدم رجوع اللهب أو أي شرارة من مكان اللحام إلى وصلات الأسطوانة.

توجد أنواع مختلفة من صمامات الأمان ، يمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين ، النوع الأول صمام جاف موضح ٦ - ٦ (أ) ، أما النوع الثاني فهو صمام يعمل بالماء شكل ٦ - ٦ (ب).



شكل ٦ - ٦

نماذج مختلفة لصمامات الأمان

(أ) صمام جاف.

(ب) صمام يعمل بالماء.

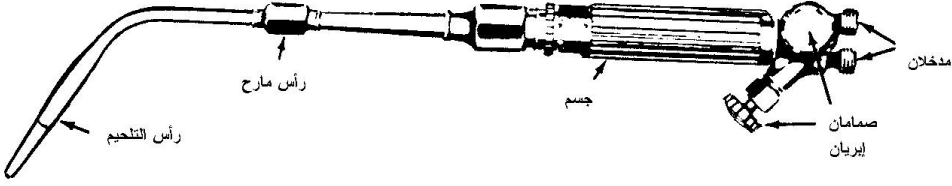
مشعل اللحام : Welding Torch

يسمى بالوسط الفني بعدة أسماء مترادفة مثل بوري اللحام - حراق اللحام - لمبة اللحام - مشعل اللحام.

وهو الجهاز الذي يختلط فيه كل من الأكسجين والاستيلين ، ويمكن التحكم في النسبة بين الغازين وخطهما ليخرج المخلوط من فوهة ضيقة على شكل لهب لحام .. هذا يعني أنه الأداة الأساسية للتحكم في نوع اللهب وتوجيهه إلى المنطقة المراد لحامها.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

يتكون مشعل اللحام الموضح بشكل ٦ - ٧ من الأجزاء التالية :-



شكل ٦ - ٧

مشعل اللحام

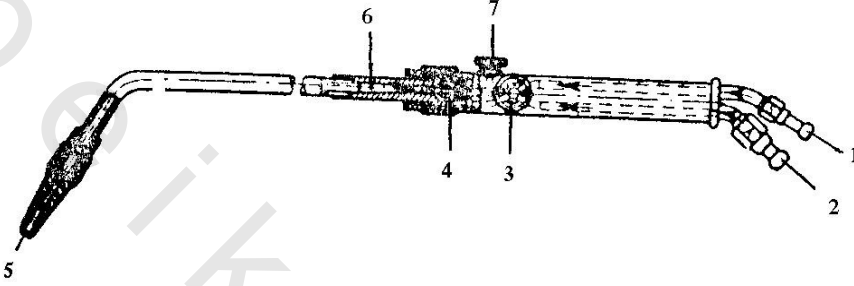
١. مدخلان لتزويد المشعل (البوري) بالأكسوجين والاستيلين.
٢. صمامين للتحكم في ضبط انسياب الغازات حسب قوة اللهب المطلوبة.
٣. الجسم وهو المقبض الذي يمسك به فني اللحام.
٤. رأس مازج لخلط الغازات بالمقادير الصحيحة.
٥. رأس بوري اللحام المستدق ، لتركيز وتوجيه اللهب . توجد هذه الرؤوس بمقاسات متنوعة ، يمكن لفني اللحام استبدالها للحصول على أنواع متعددة من اللهب . يصنع بوري اللحام من سبيكة من النحاس الأصفر ، تتميز هذه السبيكة بتوصيلها الجيد للحرارة ، ومقاومتها للصدأ ، و خواصها الميكانيكية الجيدة . يوجد بمشعل اللحام مدخلان ، أحدهما لدخول الأكسوجين والآخر للاستيلين ، يمكن التحكم في كل منهما عن طريق محبس (صمام ابري) ، حيث يندفعا كل من الأكسوجين والاستيلين إلى حجرة الخلط ، ليختلطا مع بعضهما البعض جيدا ، ويندفع الخليط من فوهة ضيقة التي تؤدي إلى سرعة اندفاع الخليط على شكل لهب قوي شديد الحرارة.

يرافق مع كل بوري مجموعة من رؤوس اللحام الاستبدالية ، وهي فونيات ذات فوهات ضيقة بسعاة مختلفة ، وسميت بالإستبدالية ، وذلك لسهولة استبدالها ، حيث يختار الفني الرأس بالفوهة المناسبة التي تلائم سمك المشغولة المراد لحامها أو

قطعها. صممت مشاعل اللحام بنوعين أساسيين هما :-

أولا : المشعل الحاقن Injection Torch

المشعل الحاقن الموضح بشكل ٦ - ٨ يسمى أيضا بمشعل الضغط المنخفض . يستخدم في حالة اندفاع الاستيلين إلى المشعل عن طريق مولد استيلين مباشرة ، حيث يكون ضغط الاستيلين في هذه الحالة منخفض.



شكل ٦ - ٨
المشعل الحاقن

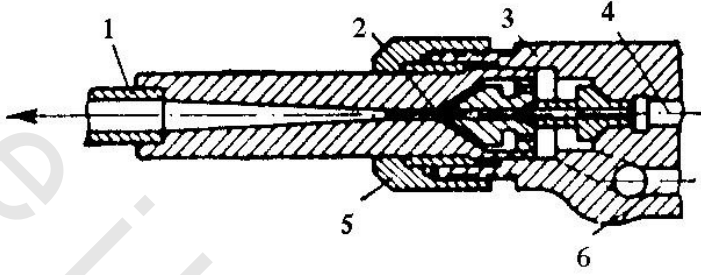
١. مدخل الغاز.
٢. مدخل الأكسجين.
٣. محبس الأكسجين.
٤. غرفة الخلط.
٥. الفوهة.
٦. أنبوب خلط الغاز.
٧. محبس الغاز.

نظرية عمل المشعل الحاقن : Theory Of Injection Torch Operation

يشتعل الاستيلين الخارج من فوهة المشعل بالكمية العادية الواردة من المولد ، ولهذا السبب صمم هذا البوري بحيث يمر الأكسجين من خلال ممر ضيق جدا يسمى بمخروط الحقن كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل ٦ - ٩ ليزداد سرعته وينخفض ضغطه ، يحدث تخلخل للاستيلين ، في هذه الحالة يقوم الأكسجين بسحب

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

الاستيلين بقوة أكبر من المولد ، ليكتسب الاستيلين سرعة أكبر ، ويختلط الغازين في غرفة الحقن (مخروط الحقن) ، ليخرج المخلوط المتجانس بانتظام .. هذا يعني أن المشعل الحاقن يقوم بعمليتين في وقت واحد ، الأولى هي المعاونة على انخفاض الضغط ، أما العملية الثانية فهي خلط الاستيلين مع الأكسجين في غرفة الخلط.



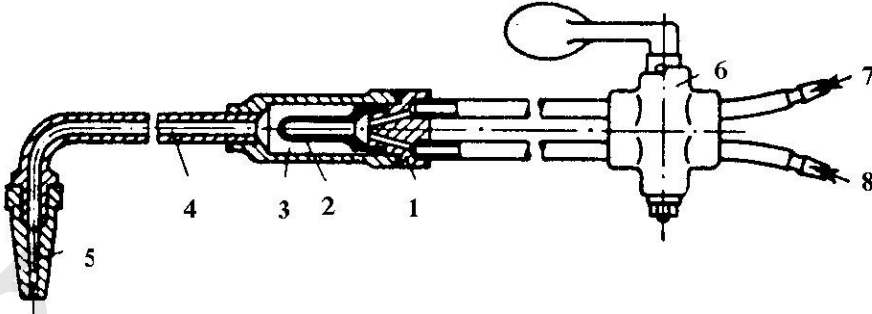
شكل ٦ - ٩

رسم تخطيطي لغرفة الخلط بمشعل حاقن (مشعل منخفض الضغط)

١. ماسورة الخلط.
٢. فوهة مخروطية .. (فوهة المص).
٣. مقبض أنبوبي.
٤. وصلة الأكسجين.
٥. صامولة .. (غطاء).
٦. وصلة الاستيلين.

ثانيا : مشعل الضغط المتعادل Equal Pressure Torch

يستخدم مشعل الضغط المتعادل الموضح بشكل ٦ - ١٠ عند وجود غازي الأكسجين والاستيلين بضغوط في حدود متقاربة ، والوصول إلى مرحلة الخلط المتجانس ، وخروج المخلوط من فوهة المشعل.



شكل ٦ - ١٠

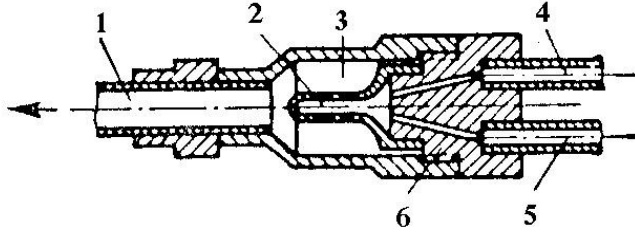
مشعل الضغط المتعادل

١. رأس الخلط.
٢. فوهة الخلط.
٣. غرفة الخلط.
٤. أنبوبة خلط الغاز.
٥. فوهة مخروطية.
٦. صمام مغلق.
٧. مدخل الوقود.
٨. مدخل الأكسجين.

نظرية عمل مشعل الضغط المتعادل :

Theory Of Equal Pressure Torch Operation

شكل ٦ - ١١ يوضح رسم تخطيطي لغرفة خلط بمشعل ذي ضغط متعادل ، حيث يدخل الاستيلين من وصلة غاز الوقود ٥ ، بينما يدخل الأكسجين من الوصلة ٤ ، ويمران كلا الغازين بممرات برأس الخلط ٦ ليختلطا في المنطقة ٣ ، ثم يخرج المخلوط إلى فوهة الخلط ٢ ، حيث يتم التجانس بينهما في الخلط ، ثم يمر المخلوط المتجانس إلى أنبوب الخلط ١ ، حيث يخرج من فوهة موقد الاشتعال.



شكل ٦ - ١١

رسم تخطيطي لغرفة خلط بمشعل ذي ضغط متعادل

١. أنبوبة الخلط.

٢. فوهة الخلط.

٣. غرفة الخلط.

٤. وصلة الأكسوجين.

٥. وصلة الوقود.

٦. رأس الخلط.

الشروط الواجب توافرها في مشعل اللحام :

١. يصنع من معدن أو من سبيكة تتناسب مع طبيعة وظرف العمل.
٢. مجهز بالوسائل التي تمكن من ضبط نسب الغازات بسهولة ، بحيث يحقق مخلوط متجانس من الغازين.
٣. جميع وصلاته مقلوطة ، لسهولة الفك والتركيب لتنظيف الأجزاء الداخلية.
٤. خفيف الوزن بحيث يسهل حمله واستعماله ، ولا يكون مصدر لتعب وإرهاق فني اللحام.
٥. سهل الصيانة.
٦. تكاليفه مناسبة.

أسلاك اللحام :

تستخدم أسلاك اللحام كمادة إضافية لملئ الفجوات اللحامية ، بحيث تكون الأسلاك المستخدمة من نفس خواص المادة الأساسية للمشغولة.

مساعداات اللحام : Fluxes

وظيفة مساعداات اللحام هي حل الطبقة الاكسيدية ووقاية مصهور اللحام من التأكسد مرة أخرى . وتعتبر مساعداات اللحام ضرورية عند صهر حديد الزهر والمعادن الغير حديدية.

ويجب أن تكون نقطة انصهار مساعد اللحام أقل من نقطة انصهار معدن المشغولة، كما يجب أن تكون قابلية انتشار مساعد الصهر جيدة ، ووزنه النوعي أقل من الوزن النوعي للمعدن المراد لحامه.

ولا يحتاج لحام الصلب إلى مساعد لحام ، حيث يوفر الأثر الاختزالي لغازات اللهب وقاية جيدة ضد الأكسدة.

ملاحظة :

تحتوي مساعداات اللحام الخفيفة على مواد سامة ، لذلك يجب أخذ الحيطة عند استخدامها ، وغسل الأيدي جيدا بعد الانتهاء من عمليات اللحام.

منظمات الضغط : Pressure Regulators

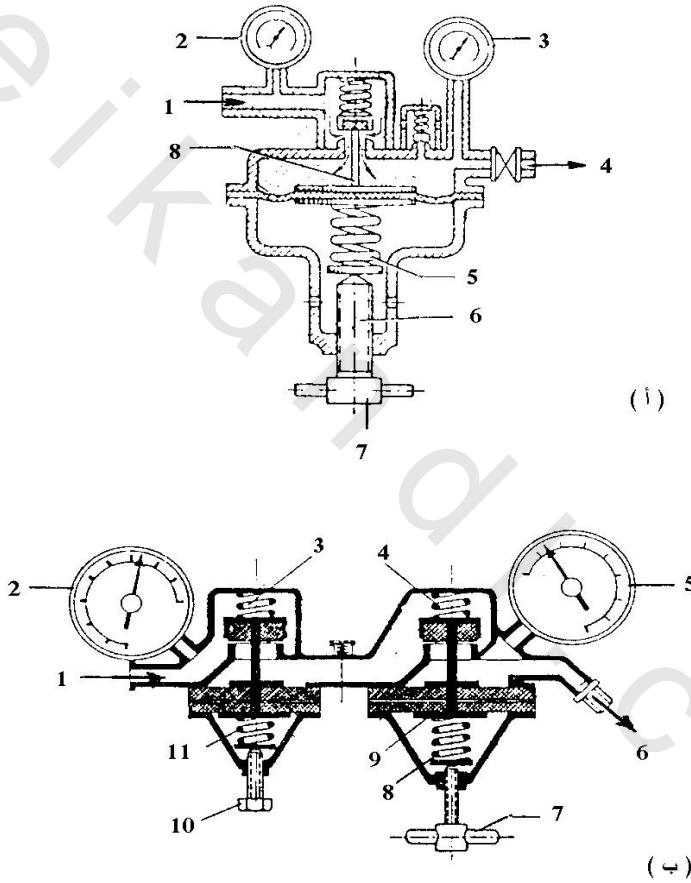
نظرا للضغوط العالية داخل أسطوانات الأكسوجين ، وعدم إمكان العمل بهذه الضغوط العالية ، الأمر الذي يتطلب ضرورة تخفيضها باستخدام منظمات ضغط ، التي تعمل على تخفيض هذه الضغوط إلى ضغوط التشغيل المناسبة في كل حالة.

يركب مخفض الضغط الموضح بشكل ٦ - ١٢ على صمام إغلاق الأسطوانة الذي يحتوي على آلية للتحكم في خفض ضغط الغاز الخارج من الأسطوانة ، وترتيبه أخرى لضبط ضغط الغاز المنخفض وفقاً لمتطلبات التشغيل.

يوجد نوعان أساسيان من هذه المنظمات ، النوع الأول الموضح بشكل ٦ - ١٢ (أ) الذي يعمل على خفض ضغط الغاز الخارج من الأسطوانة على مرحلة واحدة ،

أما النوع الثاني الموضح بشكل ٦ - ١٢ (ب) مصمم بحيث يجعل كل من نسبة الخلط الغازي ، وضغط التشغيل ثابتين باستمرار .

تختلف طريقة توصيل منظمات الضغط بأسطوانات الأكسوجين والاستيلين وذلك لاختلاف اتجاه سن القلاووظ بصمامي الإغلاق بكل منهما ، بحيث لا يوصل أي نوع من منظمات الضغط إلا بالأسطوانة التي صممت من أجله ، وبذلك يمكن تفادي الأخطاء المحتمل حدوثها .



شكل ٦ - ١٢

الأنواع الأساسية لمنظمات الضغط

(أ) منظم تخفيض ضغط الغاز .. (يقوم بمهمته علي مرحلة واحدة).

١. دخول الغاز.

٢. مبين يوضح ضغط الغاز عند الدخول من الأسطوانة.

٣. مبين يوضح ضغط الغاز عند الخروج .. (ضغط الغاز المستخدم بعد تخفيضه).

٤. خروج الغاز.

٥. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط).

٦. مسمار لولبي زو سن دقيق اضبط ضغط النابض اللولبي.

٧. مفتاح ضبط.

٨. غشاء.

(ب) منظم تخفيض ضغط الغاز .. (يقوم بمهمته علي مرحلتين ، بحيث يجعل كل من نسبة

الخلط الغازي وضغط التشغيل ثابتين باستمرار).

١. دخول الغاز.

٢. مبين يوضح ضغط الغاز عند الدخول.

٣. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط).

٤. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط).

٥. مبين يوضح ضغط الغاز عند الخروج .. (ضغط الغاز الثابت والمستخدم للتشغيل).

٦. خروج الغاز.

٧. مفتاح ضبط.

٨. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط).

٩. غشاء.

١٠. مفتاح ضبط.

١١. نابض لولبي ضغط .. (ياي ضغط).

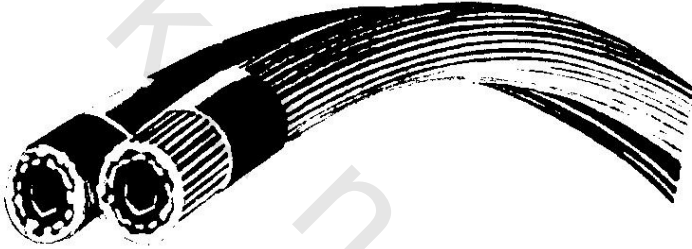
خراطيم توصيل الغاز والأكسوجين : Gas and Oxygen Connection Hoses

تصنع خراطيم الغاز والأكسوجين الموضحة بشكل ٦ - ١٣ من المطاط المدعم بنسيج خيوط القطن والنايلون ، وتبلغ أطوالها حوالي ٥ متر على الأقل ، صممت هذه

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

الخراطيم بحيث تتحمل الضغوط العالية التي تصل إلى نحو ٤٠ ضغط جوي . تتراوح أقطارها الداخلية ما بين ٤ ملليمتر إلى ١١ ملليمتر . يحكم تثبت الخراطيم من كلا طرفيها عن طريق حاصرات الخراطيم (قفزان معدنية) تجعلها من المستحيل الإفلات من مكانها .

ولمنع الأخطاء التي قد تحدث عند توصيل الخراطيم بأسطوانات الأكسوجين أو الاستيلين ، لذلك فقد صنعت الخراطيم المستخدمة في نقل غاز الاشتعال بلون أحمر ، أما خراطيم نقل الأكسوجين لونها أزرق ، هذا بالإضافة إلى أن القطر الداخلي لخرطوم الأكسوجين أصغر من القطر الداخلي لخرطوم غاز الاشتعال ، على الرغم من تساوي أقطارهما الخارجية .



شكل ٦ - ١٣

خراطيم الغاز والأكسوجين

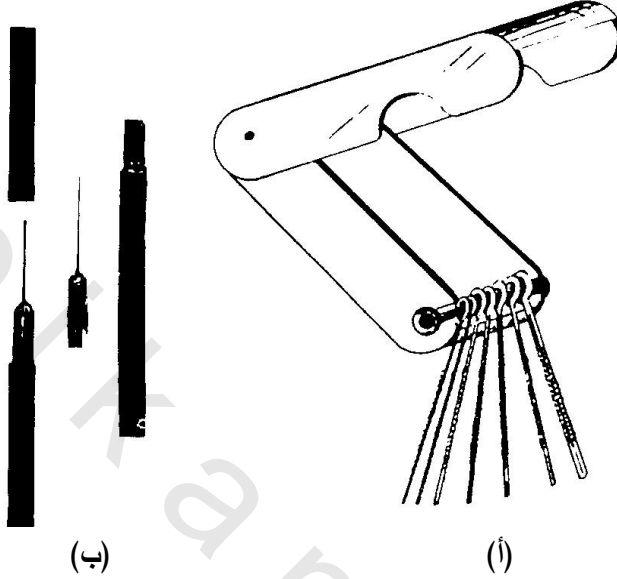
ونظراً لخطورة الغازات عند تسربها ، لذلك يجب مراجعة خراطيم الغاز والأكسوجين بشكل دوري ، والتأكد مكن عدم وجود أي تشققات أو أجزاء بالية ، أو وصلات غير محكمة ، تسمح بتسرب الغازات ، وعدم استعمال شريط لاصق كعلاج عند وجود تشققات بالخرطوم ، وذلك لعدم مقاومة الشريط اللاصق لضغط الغازات ، وحتى لا يؤدي ذلك إلى مخاطر جسيمة .

منظفات رؤوس اللحام : Welding Head Cleaners

ينبغي استخدام منظفات رؤوس اللحام المعتمدة من دور الصناعة المنتجة

لمشاعل اللحام ، عند تنظيف ثقب رؤوس (الفوهات الضيقة).

وشكل ٦ - ١٤ يوضح أكثر أنواع منظفات رؤوس اللحام انتشاراً . صممت هذه المنظفات لتنظيف رؤوس اللحام دون إحداث توسيع أو خدوش في الثقب.



شكل ٦ - ١٤

منظفات رؤوس اللحام

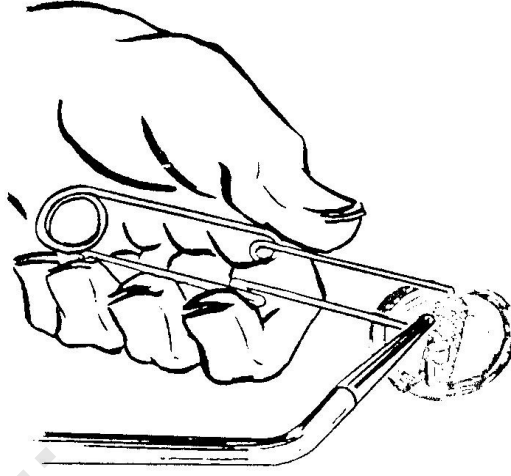
(أ) منظفات رؤوس اللحام ، تستخدم في إزالة الأوساخ العالقة بالثقب.

(ب) مثاقب رؤوس اللحام ، تستخدم عند إنسداد الثقب.

ولاعة احتكاكية : Friction Lighter

ينبغي استخدام الولاة الاحتكاكية (القداحة) الموضحة بشكل ٦ - ١٥ للحصول على الشرارة عند إشعال بوري اللحام ، وعدم استخدام عود كبريت ، أو استخدام بوري لحام مشتعل لإشعال بوري آخر . ففي الحالة الأولى تكون يد الفني قريبة جدا من اللهب ، ويمكن أن تصاب بحروق . أما الحالة الثانية فقد تكون مصدرا للانفجار.

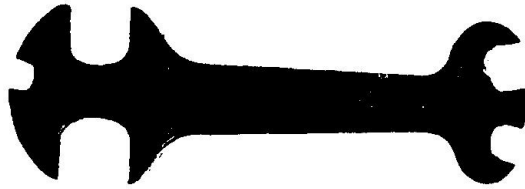
أساسيات تكنولوجيا التصنيع



شكل ٦ - ١٥
الولاعة الاحتكاكية

مفاتيح الربط : SPANNERS

عادة تزود دور صناعة معدات اللحام عملائها بمفاتيح ربط الموضحة بشكل ٦ - ١٦ التي تتميز بالتصميم الجيد والحجم الصغير. ينبغي أن تستخدم هذه المفاتيح عند تنظيف الأجزاء الداخلية ، وفي عمليات الصيانة ، وعدم استخدام مفاتيح الربط القابلة للتعديل.

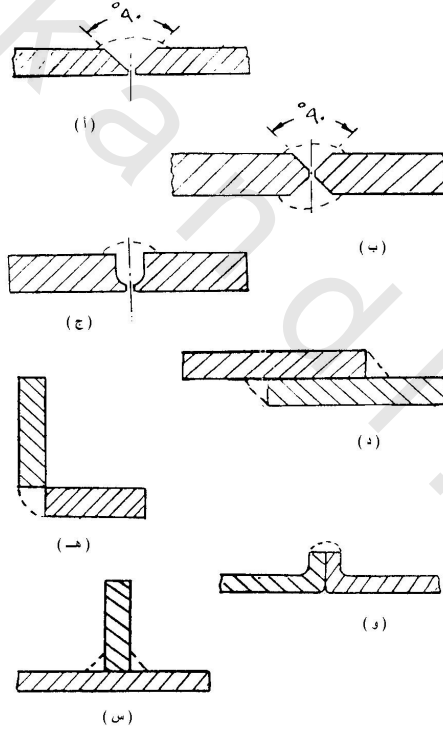


شكل ٦ - ١٦
مفتاح الربط

وصلات اللحام

Welding Joints

توجد أنواع مختلفة من وصلات اللحام ، تحدد نوع الوصلة المناسبة وذلك حسب ظروف القطع المراد وصلها ، وقوة تحمل هذه الوصلة . ثم تجهز أطراف الأجزاء المراد لحامها بالأشكال والأبعاد المحددة لأنواع الوصلات المطلوبة ، حيث يحتاج كل نوع من هذه الوصلات إلى تجهيزات لأطرافها للحصول على فراغ بأبعاد خاصة في منطقة اللحام ، وتحدد أبعاد فراغات منطقة اللحام حسب قوة التحمل المطلوبة . ويتم تجهيز الأطراف المختلفة الأشكال عن طريق عمليات التشغيل بالقطع ، وشكل ٦ - ١٧ يوضح أهم أنواع وصلات اللحام وهي كالآتي :-



شكل ٦ - ١٧

أنواع وصلات اللحام

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

(أ) وصلة تناكبية من جهة واحدة :

تسمى هذه الوصلة بالوسط الفني (قورة على قورة) ، وتستخدم في حالة وصل الأجزاء التي يتراوح سمكها من ٥ إلى ١٢ ملليمتر.

(ب) وصلة تناكبية من جهتين :

تستخدم هذه الوصلة في حالة زيادة سمك الأجزاء المراد وصلها عن ١٢ ملليمتر.

(ج) وصلة على شكل حرف U :

تستخدم هذه الوصلة في لحام المسبوكات الثقيلة.

(د) وصلة تراكبية :

تستخدم هذه الوصلة في لحام الألواح الطويلة ، بحيث يوضع أحد أسطح اللوح على اللوح الآخر ، وتجرى عملية الوصل باللحام.

(هـ) وصلة زاوية :

تسمى أيضا بوصلة ركنية ، وتستخدم في وصل الأجزاء بزوايا مختلفة.

(و) وصلة تناكبية مشفهة :

تسمى بالوسط الفني (شفة على شفة) ، وتستخدم هذه الوصلة للأجزاء التي سمكها حوالي ٢ إلى ٣ ملليمتر.

(س) وصلة حرف T :

تستخدم في وصل الألواح بحيث تكون الزاوية بينهما قائمة.

تكنولوجيا اللحام الغازي

Technology Of Gas Welding

تجرى عملية اللحام الغازي بلهب الأكسي استيلين من خلال مسك مشعل اللحام (بوري اللحام) Welding Torch باليد اليمنى ومسك سلك الحشو Filler Wire باليد اليسرى ، وبذلك يستطيع فني اللحام حماية يديه إلى حد كبير من الإشعاع الحراري المباشر الصادر من منطقة اللحام.

وللحصول على لحام جيد فإنه يجب اتباع الآتي :-

١. اختيار الطاقة المناسبة لبوري اللحام.
٢. ضبط لهب بوري اللحام.
٣. اختيار الطريقة المناسبة لتحرك البوري على خط اللحام.
٤. مسك البوري بزاوية ميل مناسبة.
٥. اختيار مادة سلك الحشو (سيخ اللحام) بما يتناسب مع سمك الأجزاء المراد لحامها ، وعادة يكون سلك الحشو أكثر قليلاً من نصف سمك الجزء المراد لحامه ، كما يكون زاوية ميل البوري من ٢٠ إلى ٩٠ ° ، وكلما زاد سمك المعدن المراد لحامه ، كلما زادت زاوية ميل البوري . والزاوية الصحيحة لسلك الحشو هي من ٣٠ إلى ٤٠ ° . أما اتجاه التحرك فيكون بإحدى طريقتين أساسيتين هما كالآتي :-

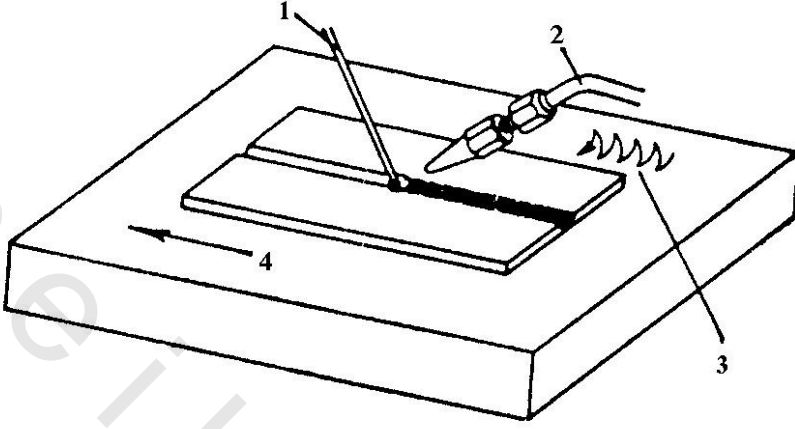
أولاً : اللحام التقدمي Foreword Welding

يسمى أيضاً باللحام إلى جهة اليسار ، حيث يتم اللحام بهذه الطريقة من جهة اليمين إلى جهة اليسار ، على طول وصلة اللحام . وبهذه الطريقة يتقدم سلك الحشو (سلك اللحام) أمام بوري اللحام كما هو موضح بشكل ٦ - ١٨ .

تستخدم هذه الطريقة في لحام ألواح الصاج الرقيقة ، والسبائك الخفيفة ، بشرط أن تكون الأجزاء المراد لحامها ذات مقطع صغير .. أي يقل سمكها عن ٤ ملمتر .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

حركة البوري أثناء عملية اللحام تكون ذات حركة دائرية ، أما حركة سلك اللحام فتكون في اتجاه مستقيم.



شكل ٦ - ١٨

اللحام التقدمي (اللحام إلى جهة اليسار)

١. سلك الحشو .. (سلك اللحام).
٢. مشعل اللحام .. (بوري اللحام).
٣. حركة بوري اللحام بالحركة الدائرية (في اتجاه نصف دائري) في حالة اللحام إلى جهة اليسار.
٤. اتجاه اللحام.

مميزات اللحام التقدمي :

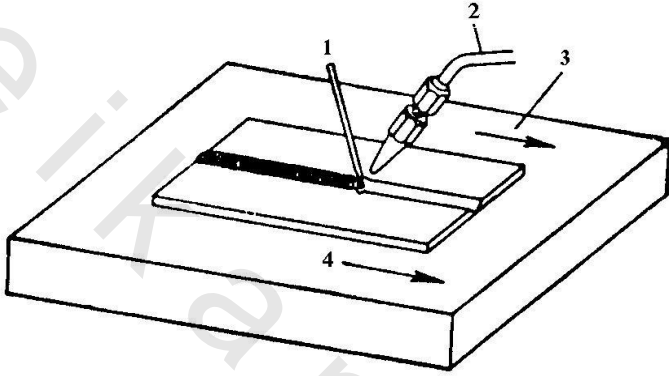
١. سرعة توزيع الحرارة.
٢. تسخين الوصلة التقابلية مقدما.
٣. عدم تسخين اللوح المعدني أكثر من اللازم .. ومن ثم فإن هذه الطريقة تصلح في لحام الألومنيوم.

ثانيا : اللحام التقهيري Backward Welding

يسمى أيضا باللحام إلى جهة اليمين ، حيث يتقدم في هذه الحالة بوري اللحام عن سلك اللحام ، ويعمل اللهب على المحافظة على خط اللحام الذي تم إنجازه ساخن شكل ٦ - ١٩ .

حركة البوري أثناء عملية اللحام تكون في اتجاه مستقيم ، أما حركة سلك اللحام فتكون في اتجاه دائري .

تستخدم هذه الطريقة في لحم ألواح الصلب التي يزيد سمكها عن ٤ ملليمتر.



شكل ٦-١٩

اللحام التقهيري (اللحام إلى جهة اليمين)

١. سلك الحشو .. (سلك اللحام).
٢. مشعل اللحام .. (بوري اللحام).
٣. حركة بوري اللحام بالحركة المستقيمة في حالة اللحام إلى جهة اليمين.
٤. اتجاه اللحام.

مميزات اللحام إلى التقهيري :

- ١- سرعة اللحام بالمقارنة مع اللحام إلى جهة اليسار.
- ٢- تخفيض استهلاك الاستيلين والأكسوجين بنسبة تصل إلى ١٥ %.
- ٣- رفع الخواص الميكانيكية للأجزاء الملحومة.
- ٤- تخفيض الإعوجاجات.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٥- استمرار ارتفاع درجة حرارة شريط اللحام ، مع بقاءه طويلاً فترة طويلة نسبياً.

ملاحظات :

١. لا يوصف اللحام بأنه لحام إلى جهة اليسار ، أو لحام إلى جهة اليمين ، إلا في حالة وجود خط اللحام واقعا أمام فني اللحام مباشرة ، وفي وضع أفقي ، أما في المواضع المحصورة ، فمن الأنسب وصف اتجاه اللحام بأنه تقدمي أو تقهقري.
٢. عند لحام الأجزاء المعدنية ذات المقاطع الكبيرة ، فإنه يجب تسخين الأماكن المراد وصلها قبل إجراء عملية اللحام.

الشروط الواجب توافرها في عمليات اللحام :

تتوقف قابلية الأجزاء المعدنية المراد وصلها باللحام على استعمال المواد والأساليب المناسبة ، ويتم ذلك باستعمال طاقة حرارية تسلط بالضغط على الأجزاء المراد وصلها ، أو بدون تسليط ضغط على الإطلاق ، ولكي تتم عملية اللحام على أكمل وجه ، يلزم لذلك أن تتوافر الشروط التالية :-

١. تنظيف الأسطح المراد لحامها بحيث تكون خالية من الأكاسيد .
٢. استخدام طاقة حرارية ومركزة عند منطقة الوصل .
٣. منع تكون طبقات من الشوائب كالأكاسيد مثلاً ، والتخلص من الشوائب كلما تكونت ، لذلك يستعمل في كثير من عمليات اللحام مواد مساعدة للصهر للتخلص من الشوائب في منطقة اللحام ، كما تمنع تكونها.
٤. تحديد المادة المساعدة للصهر حسب نوع المعدن المراد لحامه ، وبحيث تتناسب مع طريقة اللحام المستخدمة.
٥. تنظيف الوصلة من الشوائب بعد إتمام عملية اللحام.

لهب الأكسي استيلين

Oxy – Acetylene Flame

لهب الاكسي استيلين هو لهب ناتج عن احتراق غازي الاستيلين والأكسوجين بنسبة ١ : ٢.٥ ، أي أنه يلزم لحرق جزء واحد من الاستيلين بصورة تامة جزآن ونصف من الأكسوجين ، أما الأكسوجين النقي المستعمل من الأسطوانة فيكون نسبته حوالي ١ إلى ١.٢ ، يضاف إليه من ١.٣ إلى ١.٥ أكسوجين مستمد من الهواء الجوي.

ولتحقيق أعلى طاقة حرارية ممكنة عند إجراء عمليات اللحام المختلفة ، تضبط صمامات غازات الأكسوجين والاستيلين بمشعل اللحام (بوري اللحام) ، وذلك للتحكم في خليط غاز الاكسي استيلين للحصول على اللهب المناسب في عملية اللحام .

تضبط صمامات بوري اللحام بالضبط العادي أو ما يسمى بالضبط المتعادل عند خلط الأكسوجين مع الاستيلين بنسبة ١ : ١ إلى ١ : ١.٢ وذلك للحصول على أعلى طاقة حرارية ممكنة.

أنواع لهب الاكسي استيلين : Types Of Oxy – Acetylene Flame

يتكون عند استعمال الخليط الغازي شعلة من اللهب ، قد يكون هذا اللهب متعادل ، مؤكسد ، مكرين ، وذلك حسب نسبة الأكسوجين إلى الاستيلين ، وشكل ٦ - ٢٠ يوضح رسم تخطيطي لبنية لهب اللحام المعتاد الذي يتركب من ثلاثة مناطق وهم كالآتي :-

١. منطقة النواة :

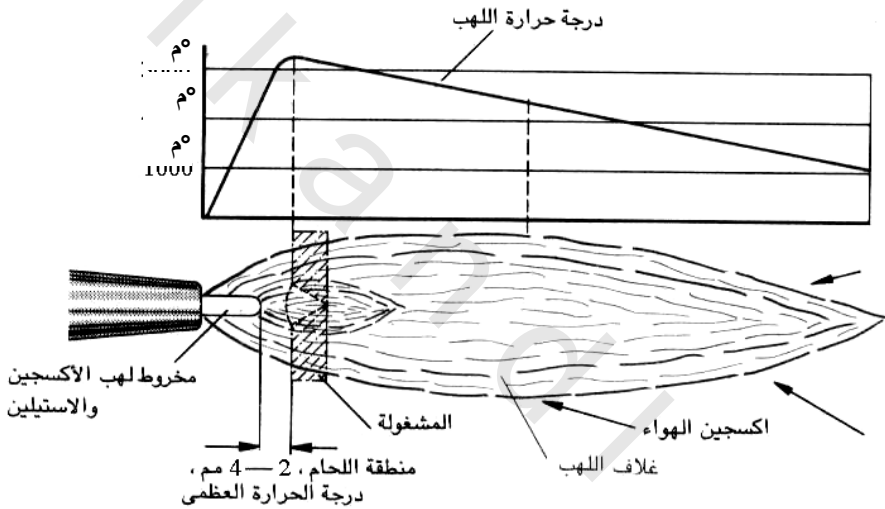
تسمى هذه المنطقة بالشمعة ، أو بالسهم المضيء ، أو بالقلب الغازي .. وهي عبارة عن خليط من الجزيئات المتوهجة للاستيلين والأكسوجين ، لونها أبيض خاطف.

٢. المنطقة المختزلة :

تسمى هذه المنطقة أيضاً بمخروط اللهب .. وهي تحيط بالمنطقة السابقة (منطقة النواة) ، وهي على شكل هالة زرقاء اللون ، مكان هذه المنطقة على بعد ٣ إلى ٥ ملليمتر من المركز ، حيث تتولد بها أقصى درجة حرارة ، ويستعمل لهب هذه المنطقة في صهر المعادن.

٣. المنطقة المؤكسدة :

تسمى هذه المنطقة أيضاً بالمنطقة الخارجية للهب ، أو اللهب الشارد .. وهي تحيط بالمنطقتين الداخليتين ١ ، ٢ . لون هذه المنطقة أصفر مائل إلى الاحمرار.



شكل ٦ - ٢٠

رسم تخطيطي الأكسي استيلين

ضبط لهب الأكسي استيلين : Oxy - Acetylene Flame Adjustment

يُضبط لهب الأكسي استيلين من خلال الصمامين المركبين بمشعل اللحام (بوري اللحام) ، وذلك للتحكم في غازي الأكسوجين والاسيتيلين ، لإمكان الحصول على ثلاثة

مراحل مختلفة من اللهب ، الذي يختلف كل منهم عن الآخر باختلاف نسب الأكسجين والاستيلين كما هو موضح بشكل ٦ - ٢١ . وفيما يلي عرض لمراحل اللهب المختلفة.

١. اللهب المتعادل : Neutral Flame

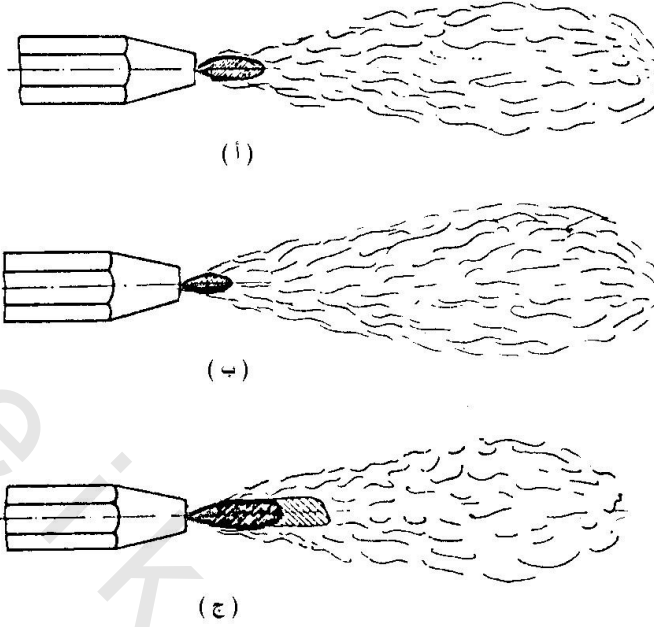
يسمى أيضا هذا اللهب باللهب العادي ، حيث تكون نسبة الأكسجين إلى الاستيلين هي نسبة ١ : ١ إلى ١ : ١.٢ ، وتكون شكل النواة (الشمعة) على شكل مستطيل قصير ، ويكون لون اللهب ناصع البياض . يستخدم هذا النوع من اللهب في لحام الصلب بأنواعه والحديد الزهر والألومنيوم والنحاس الأمر .

٢. اللهب المؤكسد : Oxydising Flame

ظهر هذا اللهب عند زيادة نسبة الأكسجين إلى الاستيلين عن نسبة اللهب المتعادلة ، حيث يحدث انخفاض كبير في شكل منطقة النواة (الشمعة) .. بل تكاد تختفي ، ويكون لون اللهب مائل للزرقعة ، ويشتعل بصوت عال . يستخدم هذا اللهب في لحام النحاس الأصفر والبرونز .

٣. اللهب المكرين : Carbonising Flame

يظهر هذا اللهب عند زيادة نسبة الاستيلين إلى الأكسجين عن النسبة المتعادلة ، حيث يحدث ارتعاش للهب ويصير لونه أخضر ، وتكون شكل النواة (الشمعة) على شكل مستطيل طويل . يستخدم هذا اللهب في لحام السبائك الصلدة مثل الزهر والصلب الذي يحتوي على نسبة كربون مرتفعة .



شكل ٦ - ٢١

ضبط مراحل لهب الاكسي استيلين

(أ) اللهب المتعادل.

(ب) اللهب المؤكسد.

(ج) اللهب المكربن.

قابلية المعادن الحديدية لحام : Ferrule Metals Weld Ability

توجد معادن حديدية مختلفة ، يختلف كل منها عن الآخر باختلاف خواصها الطبيعية وتركيبها الكيميائي ، وكذلك الطريقة المستخدمة في اللحام . وللحصول على أفضل النتائج عند لحام القطع الحديدية المختلفة ، فإنه يجب أن تكون الأجزاء المراد وصلها بالمواصفات التالية :-

١. جيدة التوصيل للحرارة.

٢. قليلة الانكماش.

٣. معامل التمدد الطولي لها صغير.
٤. عدم زيادة نسبة الكربون عن ٢ % ، حيث أنه كلما ارتفعت نسبة الكربون ، تنخفض قابلية المعدن للحام.
٥. عدم وجود الشوائب الفسفورية والكبريتية بقطع الصلب المراد لحامها ، حيث يؤثر ذلك تأثير بالغ على قابلية الصلب للحام.

قابلية المعادن غير الحديدية للحام : None Ferrule Metals Weld Ability

تتميز المعادن الغير حديدية وسبائكها بسهولة لحامها . ومع ذلك فإنه يجب الأخذ في الاعتبار سهولة تأكسد هذه المواد ، وارتفاع معامل تمددها الطولي ، وبالتالي صعوبة انصهار الأكاسيد المتكونة.

مميزات اللحام بالاكسي استيلين :

يتميز غاز الاستيلين على الغازات الأخرى بالميزات التالية :-

١. يعطي لهب بأعلى درجة حرارة ممكنة.
٢. إمكانية لحام العديد من المعادن الحديدية والغير حديدية.
٣. سهولة نقل معدات اللحام إلى أي مكان.
٤. يخفض من الاجهادات الداخلية من خلال انتقال الحرارة إلى أكبر مساحة للمشغولة أثناء لحامها.
٥. تكاليفه منخفضة.

عيوب اللحام بالاكسي استيلين :

١. من عيوبه الخطيرة انحلاله إلى عنصرين الكربون والأيدروجين المكونين له ، والذي يؤدي إلى حدوث انفجار شديد ، وذلك إذا تجاوز ضغطه عن ٢ ضغط جوي أثناء تسخينه أو اشتعاله .. لذلك يجب ألا يزيد الضغط التشغيلي في مفاعلات الاستيلين عن ١.٥ جوي.
٢. غير مناسب في لحام المشغولات ذات التخانات (السماكات) الكبيرة.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

ملاحظة هامة :

عند إشعال بوري اللحام يجب فتح صمام الأكسجين أولاً ، ثم صمام غاز الاستيلين أثناء اقتراب الفوهة من مصدر الاشتعال .
ويحدث العكس عند غلق شعلة بوري اللحام ، أي يغلق صمام الاستيلين أولاً ، ثم يغلق صمام الأكسجين .

القطع بلهب الاكسي استيلين

Cutting With Oxy - Acetylene Flame

تجرى عملية القطع بلهب الاكسي استيلين بمبدأ أكسدة الجزء المراد قطعه ، ويتم ذلك باستخدام مشعل قطع (بوري قطع) يشبه بوري لحام ، إلا في اختلاف بسيط في بوري القطع ، وهو إضافة وصلة لغاز الأكسجين .
تبدأ عملية التسخين للجزء المراد قطعه حتى الوصول إلى درجة حرارة عالية ، ثم يفتح غاز الأكسجين (الوصلة الإضافية) ، لتولي عملية القطع عن طريق أكسدة الجزء الساخن ، ونزعه من مكانه بتأثير مرور الغاز ، حيث تطرد الأجزاء المنفصلة في صورة برادة محترقة كشرر متناثر ، ويحرك بوري القطع ببطء ليتم القطع على طول خط التحرك .

تعريف القطع بلهب الاكسي استيلين :

تعتمد عملية القطع بلهب الاكسي استيلين على أكسدة المعدن عند تسخينه إلى درجة الاحمرار ، ثم تعرضه للأكسجين النقي ليحدث القطع عن طريق انفصال الأكاسيد على شكل شرر يحتوي على برادة محترقة متناثرة .

نظرية القطع : Theory Of Cutting

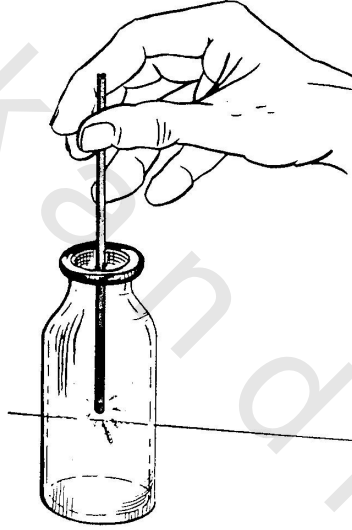
يمكن التعرف على نظرية القطع بسهولة عن طريق التجربة البسيطة الموضحة بشكل ٦ - ٢٢ وهي كما يلي :-

التجربة :

تسخين سلك مصنوع من الصلب الطري الرفيع ، قطره يتراوح ما بين ٠.٥ إلى ٠.٨ ملليمتر ، إلى درجة الاحمرار ، ثم وضعه في إناء يحتوي على أكسوجين نقي.

النتائج :

ظهور لهب مع احتراق السلك ، حيث يظهر متوهجا مصحوبا بشرر طول مدة وجوده في الإناء ، ويغل ذلك عن أكسدة الحديد بمعدل كبير ، وانفصال جزيئاته في صورة شرر الذي يحتوي على برادة محترقة متناثرة ، وهو المعدن المحترق .. ومن ثم فإن السلك المعدني يحترق ويستهلك تدريجيا حتى نهايته.



شكل ٦ - ٢٢

تجربة بسيطة توضح نظرية القطع بالغاز

وإذا أجريت التجربة السابقة على سلك قطره يتراوح ما بين ٢ إلى ٣ ملليمتر ، يحدث عند وضع السلك في الإناء توهج مؤقت دون تتابع للاحتراق ، وعدم تولد رواسب التي على شكل برادة محترقة.

وكذلك عندما تجري نفس التجربة على أسلاك من معادن أخرى مثل النحاس -

الألومنيوم - النيكل .. لا يحدث أي احتراق.

مما سبق يمكن الوصول إلى النتائج التالية :-

١. توهج السلك وحرقة ناشئ عن استغلال قدرة المعدن الساخن على الاحتراق في جو من الأكسوجين ، ولكن هذه الحرارة لا تكفي عند استخدام أسلاك ذات أقطار كبيرة.
٢. الحديد هو المعدن الوحيد القابل للاحتراق في جو من الأكسوجين ، ويمكن قطع المعادن الحديدية كالصلب التي تحتوي على نسبة ٠.٧ % كربون ، وأيضاً سبائك الصلب ، وبعض أنواع الصلب العالي ، ولا يمكن قطع المعادن التي تتجاوز بها نسبة الكربون في الحديد عن ٢ % مثل حديد الزهر.

شروط القطع باللهب : Rules Of Flame Cutting

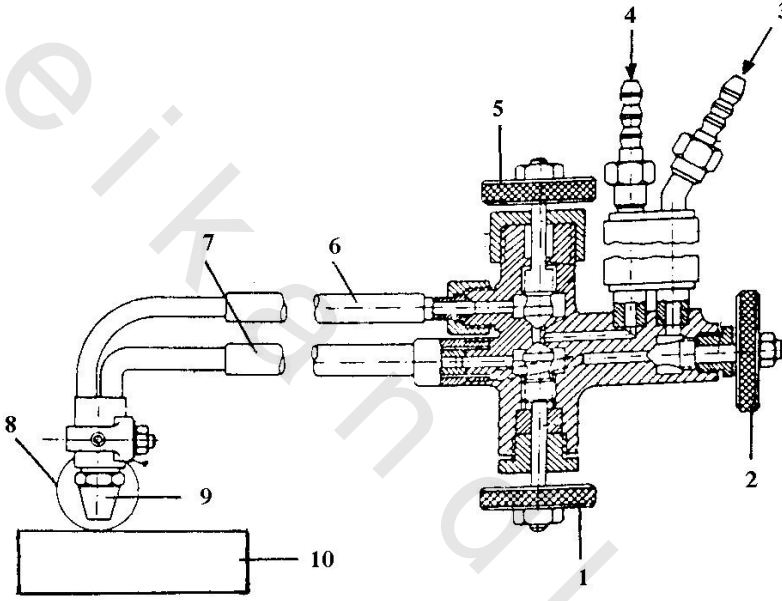
لتنفيذ عمليات القطع بنجاح ، فإنه يجب إتباع الإرشادات التالية :-

١. تسخين نقطة البداية حتى الوصول إلى درجة الاحمرار ، تمهيدا لدفع الأكسوجين النقي (أكسوجين القطع) .
٢. الاحتفاظ بدرجة الاحمرار الدائم طول مدة القطع ، وذلك بالاستمرار في التسخين ، بشرط ألا يكون هذا التسخين سطحياً فقط ، بل يجب أن يكون التسخين بكامل سمك المعدن المراد قطعه.
٣. يجب أن تكون فوهة المشعل قريبة جداً من منطقة القطع ، بحيث تكون المسافة بينهما ما بين ٣ إلى ٤ ملليمتر ، وتظل هذه المسافة ثابتة حتى الانتهاء من عملية القطع.
٤. تتوقف عملية القطع عند هبوط درجة الحرارة في منطقة التأثير ، ولا تستأنف إلا بعد رفع درجة حرارة الجزء المراد قطعه إلى درجة حرارة بداية القطع.
٥. يجب أن تكون الحرارة المتولدة من الاحتراق كبيرة .. بحيث تتناسب كمية الأكسوجين المستعملة مع سمك المعدن المراد قطعه.

مشعل القطع : Cutting Torch

يتشابه مشعل القطع الموضح بشكل ٦ - ٢٣ مع مشعل اللحام باختلاف إضافة وصلة للأكسوجين النقي الذي يسمى بأكسوجين القطع.

يعمل هذا المشعل على مرحلتين ، الأولى هي تقديم التسخين اللازم للجزء المراد قطعه مسبقاً ، أما المرحلة الثانية فهي دفع الأكسوجين النقي إلى موضع التأثير لإنجاز عملية القطع.



شكل ٦ - ٢٣

مشعل القطع

١. صمام تحكم في غاز الأكسوجين النقي.
٢. صمام تحكم في غاز الاستيلين.
٣. دخول غاز الاستيلين.
٤. دخول غاز الأكسوجين.
٥. صمام تحكم في غاز أكسوجين القطع.
٦. ماسورة غاز أكسوجين القطع.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٧. ماسورة الغاز المخلوط بين الأكسوجين والاستيلين.
٨. عجلة لسهولة التحرك على سطح المعدن ، ولضمان عدم تغيير البعد بين فوهة المشعل وسطح القطع.
٩. رأس القطع .. (فوهة البوري).
١٠. المشغولة.

زود مشعل القطع عند الفوهة بعجلة لحفظ البعد بين المشعل والجزء المراد قطعه مع توجيهه توجيهها سليما .

يمكن أن تتم حركة البوري أثناء عملية القطع عن طريق الحركة اليدوية أو عن طريق تجهيزات ووسائل ميكانيكية.

أنواع مشاعل القطع : Types Of Cutting Torches

توجد مشاعل القطع بنوعين أساسيين هما :-

١. مشعل قطع بفتحتين متحدثتين :

يوضح شكل ٦ - ٢٤ (أ) قطاع بالجزء الأمامي لمشعل قطع بفتحتين متحدثتين ، ويسمى مقطع ذو فونية مركزية . يستمد هذا البوري الأكسوجين والاستيلين من الأسطوانات عن طريق الخراطيم ، ويتفرغ الأكسوجين عند مدخل البوري إلى فرعين ، حيث يتجه الأكسوجين إلى الفرع الأول ليختلط مع الاستيلين ، ويخرج المخلوط على شكل لهب من فوهة البوري لتسخين الجزء المراد قطعه حتى يصل إلى درجة الاحمرار . أما الفرع الثاني للأكسوجين فيتجه مباشرة إلى فوهة البوري ليخرج من منفث خاص ، حيث يتحد الأكسوجين مع الحديد ، ويظهر على شكل أكسدة ينتج عنها شرر يحتوي على برادة محترقة .. وبذلك تتم عملية القطع.

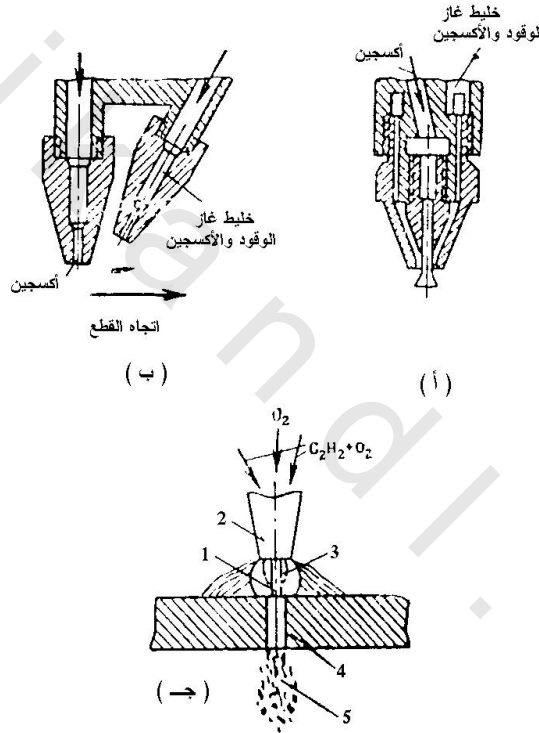
٢. مشعل قطع بمخرجين منفصلين :

يوضح شكل ٦ - ٢٤ (ب) قطاع بالجزء الأمامي لمشعل بمخرجين منفصلين ،

ويسمى مقطع ذو فونيتان علي التوالي . في هذا المشعل ينفصل المخرجين عن بعضهما البعض تماماً ، وتتم عملية القطع كما سبق توضيحه في مشعل القطع السابق وذلك عن طريق استخدام مشعل قطع بمخرجين منفصلين .

وعند عدم توفر مشعل قطع ، يمكن إضافة وصلة قطع لتوصيل الأكسوجين النقي إلى مشعل لحام عادي ، حيث تؤدي هذه الوصلة مع مشعل اللحام العادي نفس الوظيفة التي يؤديها مشعل القطع.

شكل ٦ - ٢٤ يوضح رسم تخطيطي لعملية القطع الغازي.



شكل ٦ - ٢٤

مشاعل القطع

(أ) رسم تخطيطي للجزء الأمامي لبوري قطع ذو فونية مركزية.

(ب) رسم تخطيطي للجزء الأمامي لبوري قطع ذو فونيتان علي التوالي.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

(ج) رسم تخطيطي للجزء الأمامي لبوري قطع أثناء عملية القطع بالغاز.

١. الأكسوجين النقي.

٢. فوهة البوري .. (الفونية).

٣. الخليط المشتعل.

٤. المعدن المقطوع.

٥. نواتج القطع.

عمليات قطع المعادن باللهب : Processes Of Metals Cutting With Flame

قبل البدء في عمليات قطع المعادن بالأشكال المطلوبة ، يجب اختيار مقاس رأس القطع (فوهة البوري) ، بحيث تتناسب مع سمك المعدن المراد قطعه ، ومن الطبيعي اختيار رأس بمقاس أكبر كلما زاد سمك المعدن.

ويمكن قطع المعادن بأشكال مختلفة يدويا أو بتجهيزات ميكانيكية . وأكثر عمليات قطع المعادن باللهب هي القطع المستقيم والقطع الدائري .. وفيما يلي عرض لهذه العمليات.

القطع في خط مستقيم : Straight Line Cutting

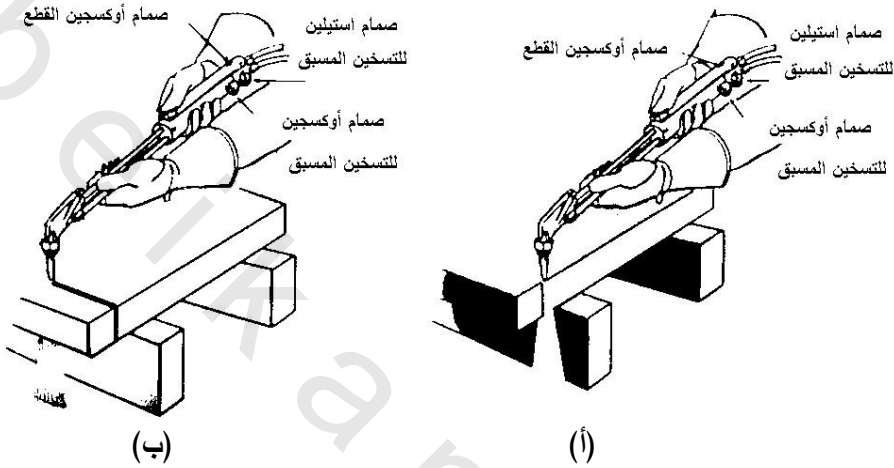
تجرى عملية قطع المعادن الحديدية في خط مستقيم باتتباع الخطوات التالية :-

١. مراجعة مشعل القطع والتأكد من أن رأس القطع بمقاس يتناسب مع سمك المعدن المراد قطعه.

٢. مراجعة منطقة القطع بحيث تكون واضحة المعالم ، أو رسم خطوط على سطح المعدن للجزء المراد قطعه.

٣. يشعل بوري القطع ، ويبدأ بتسخين نقطة البداية من أحد أطراف السطح المعدني، من خلال توجيه فوهة البوري إلى منطقة القطع بالوضع الصحيح كما هو موضح بشكل ٦ - ٢٥ (أ) ، بحيث تكون المسافة بين فوهة البوري وسطح المعدن ما بين ٣ إلى ٤ ملليمتر ، ويشكل اللهب مع منطقة القطع زاوية قدرها ٩٠ ° ، ويميل البوري بزاوية قدرها خمس درجات تقريبا في اتجاه سير القطع.

٤. تسخن منطقة البداية إلى أن تصل إلى درجة الاحمرار.
٥. السماح للأكسوجين النقي الخاص بالقطع بالاندفاع من فوهة البوري ، وينتظر حتى يشق المعدن من تلك البقعة الصغيرة.
٦. تحريك البوري بسرعة مناسبة وثابتة ، مع الاستمرار في عملية القطع على طول الخط المرسوم كما هو موضح بشكل ٦ - ٢٥ (ب).



شكل ٦ - ٢٥

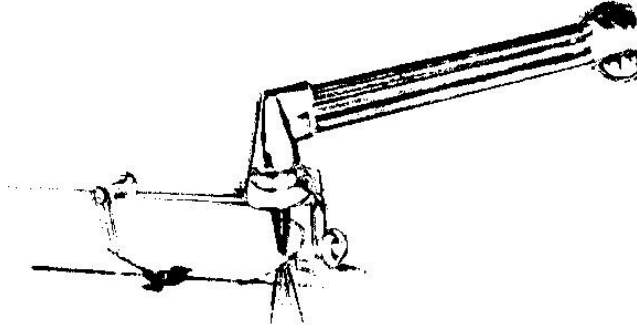
القطع في خط مستقيم

(أ) الوضع الصحيح لبدء عملية القطع.

(ب) استمرار عملية القطع.

القطع الدائري : Circular Cutting

يبدأ القطع الدائري بعمل ثقب صغير كمركز ترتكز عليه آلية تحريك البوري ، حيث يزود البوري بعجلات ، ومن خلال ترتيبه أو تجهيزه ميكانيكية يمكن إتمام عملية القطع الدائري كما هو موضح بشكل ٦ - ٢٦ ، مع مراعاة اتباع تسلسل خطوات العمل السابقة بالقطع في خط مستقيم.

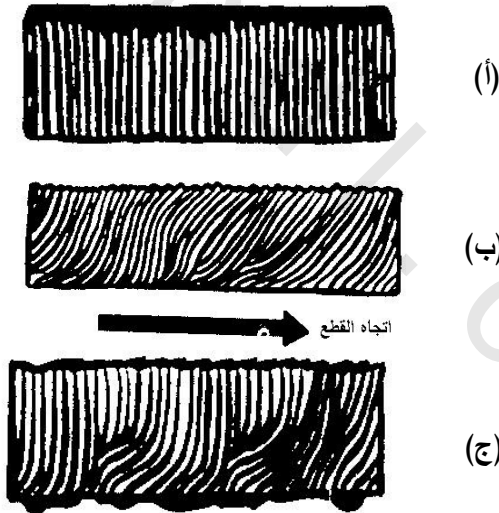


شكل ٦ - ٢٦

القطع الدائري

تأثير التوجيه الصحيح والسرعة في القطع :

أثناء عملية القطع وتوجيه اللهب توجيهها صحيحاً فإن الشرر يتطاير بشكل خفيف نحو الأمام في اتجاه القطع ، كما تسقط أجزاء صغيرة من الخبث المنصهر في مكان القطع ، وكذلك فإن سرعة القطع الصحيحة يرافقها أصوات فرقة. شكل ٦ - ٢٧ يوضح نماذج لتأثير السرعة أثناء عمليات القطع المختلفة.



شكل ٦ - ٢٧

نماذج لتأثير السرعة أثناء عمليات القطع المختلفة

- (أ) قطع صحيح.
- (ب) قطع سريع.
- (ج) قطع بطيء.

عمليات اللحام والقطع أسفل سطح الماء

Under Water Welding And Cutting Processes

عندما ابتكرت طريقة اللحام والقطع أسفل سطح الماء كانت من العجائب الفنية ، وأصبحت اليوم ذات استعمال دارج تسمح بإنجاز الأعمال الهامة أسفل سطح الماء ، والتي تتمثل في عمليات القطع أو الصيانة أو التركيب مثل إمداد خطوط الأنابيب صيانة القناطر والسفن ، تقطيع وانتشال حطام السفن الغارقة بأعماق كبيرة ، انتشال الكباري المنهارة وغيرها.

يتم إنجاز مثل هذه الأعمال باستخدام لهب الأكسي استيلين ، وقد يعتقد البعض أن النزول بلهب الأكسي استيلين أسفل سطح الماء سيترب عليه إطفاء اللهب .

ولكن لا يحدث ذلك طالما كان ضغط غازات الاحتراق وأكسوجين القطع بضغط أعلى من ضغط الماء ، ولهذا السبب يزداد ضغط الغازين كلما كان الهبوط إلى الأعماق أكبر.

يشعل البوري قبل أو بعد الهبوط بالماء ، وتخرج الغازات الناتجة عن الاحتراق من الماء على شكل فقائيع هوائية.

صمم بوري القطع المستخدم أسفل سطح الماء بوصلة إضافية ذات غلاف أسطواني ينطلق منها الهواء المضغوط ، حيث تكون مهمة هذه الوصلة مقتصرة على إبعاد الماء عن البقعة التي تتم بها عملية اللحام أو القطع .. وبالتالي ينعلم تبريدها بالماء ، بجانب وجود الهواء الذي يساعد على استقرار اللهب واتزانه.

يستخدم غاز الاستيلين كوقود لبوري اللحام أو القطع حتى عمق أقصاه ٨ متر ،

ولا يمكن زيادة ضغط الاستيلين الواصل إلى البوري عن هذا الحد ، لدواعي المحافظة على العاملين في هذا المجال من الأخطار التي قد تحدث ، حيث يتعرض الغاز للتحلل. علماً بأنه يستخدم الآن غاز الأيدروجين كوقود في عمليات اللحام والقطع أسفل سطح الماء في أعماق كبيرة تصل إلى ١٤٠٠ متر.

العوامل التي تؤدي إلى نجاح عمليات اللحام والقطع بالماء :

تجرى عمليات اللحام والقطع أسفل سطح الماء بأعماق مختلفة ، ولإتمام هذه الأعمال على أكمل وجه ، فإنه يجب أن تتوفر في الفني الذي يقوم بهذا العمل عدة شروط أهمها الآتي :-

١. يكون متمتع بلياقة صحية ، ومؤهل لعمليات السباحة والغطس .. وبالتالي استعمال الزي الخاص بالغطس ، مع الأخذ في الاعتبار تطبيق جميع تعليمات وإرشادات السلامة ، لخلق جو مناسب لممارسة الغطاس عمله بنجاح.
 ٢. يجيد القيام بعمليات اللحام والقطع بمهارة.
 ٣. وجود عامل مساعد في عمليات اللحام والقطع ، لحمل أجهزة الإضاءة الكافية ومساعدة الفني في جميع الأعمال.
- ويراعى عند القيام بمثل هذه الأعمال تجنب أوقات المد والجزر ، والتيارات والعواصف المائية ، وأوقات البرودة الزائدة.
- ومن الطبيعي وجود فريق مدرب على مثل هذه الأعمال في قارب يطفو على سطح الماء ، ومعهم في القارب جميع المعدات اللازمة لعمليات اللحام والقطع مثل أسطوانات غازات اللحام والأكسوجين والهواء المضغوط ، وأجهزة الإضاءة ، وأيضاً معدات الأمن والسلامة والانتشال السريع عند وجود أي خطر.

وعادة لا تسند عمليات اللحام والقطع أسفل سطح الماء إلا لغطاسين معتمدين حاصلين على شهادات خاصة بذلك ، مع التأكد من لياقتهم الصحية من خلال عرضهم للكشف الطبي الدوري لضمان حالتهم الصحية ، وتقرير مدى تحملهم للعمل أسفل

سطح الماء بأعماق مختلفة.

الأمان والسلامة في

عمليات اللحام والقطع بالذهب

أثبتت أبحاث شركات التأمين ومنظمات السلامة الدولية ، أن عمليات اللحام لم تعد أكثر خطورة من المهن الفنية الأخرى مثل الحدادة والسباكة وغيرها ، وعلى أية حال فهناك إرشادات واحتياطات للوقاية من الحوادث والمخاطر المختلفة ، يجب مراعاتها وتطبيقها كما هو الحال في أي عمل آخر ، لكي يحمي الشخص نفسه كما يحمي الآخرين . وفيما يلي إرشادات وقواعد السلامة الشخصية التي يجب مراعاتها وتطبيقها وهي كالآتي :-

١. يجب استخدام النظارات الواقية دائما عند القيام بأي عملية من عمليات اللحام أو القطع.
٢. يفضل استخدام الخوذة ذات العدسة ، وتأكد من عدم وجود أي تشققات في عدسة الخوذة.
٣. ارتداء قفازات من نوع واقى مقاوم للحرارة ، مثل تلك المصنوعة من جلد الكروم.
٤. عدم استعمال أحذية عادية وخاصة أثناء عمليات القطع بالذهب ، واستخدام أحذية السلامة المخصصة لهذا الغرض ، وذلك للوقاية من الحروق الأليمة التي قد تسببها قطرات المعدن الساقطة أثناء عمليات القطع بالذهب.
٥. لا تدع ملابسك تتشبع بالأكسوجين.
٦. يجب المحافظة على ملابس العمل وخاصة أثناء عمليات اللحام والقطع ، بحيث تكون خالية من أي أثر للشحوم والزيوت وأي مواد سائلة قابلة للاشتعال.
٧. يجب ارتداء ملابس العمل المقاومة للحرارة مثل المرايل ، الأكمام ، كساء الساق.
٨. يجب أن تكون الأكمام غير مرفوعة ، والجيوب مغلقة ، وثنيات البنطلون مسدلة

إلى أسفل.

٩. عدم حمل أعواد ثقاب أو قداحات (ولاعات) تعمل بالوقود السائل.

١٠. يحذر القيام بعمليات اللحام أو القطع بالقرب من مواد قابلة للاشتعال أو الانفجار.

١١. عدم استخدام اللهب المباشر عند الكشف عن أي تسرب متوقع ، ويستعاض عن ذلك بفرشاة وحلول صابوني.

.. وأخيرا فإن خير سبل الوقاية هي يقظة العاملين أنفسهم.

تخزين الأسطوانات : Cylinders Storage

يجب التقيد باحتياطات وإرشادات السلامة عند تخزين أسطوانات غاز الاستيلين والأكسوجين وهي كما يلي :-

١. عدم تخزين أسطوانات غازات الأكسوجين والاستيلين في غرفة واحدة.

٢. يجب أن تكون المخازن ذات منافذ جيدة التهوية.

٣. يجب تخزين أسطوانات الاستيلين بوضع قائم.

٤. عدم تخزين الأسطوانات بالقرب من أي مصدر حراري.

٥. يجب أن تكون تجهيزات إضاءة المخازن ضد اللهب.

٦. عند تخزين أسطوانات في الهواء الطلق ، فإنه يجب وضعها في الظل .. (بعيدا عن أشعة الشمس) ، كما يجب حمايتها من الجليد.

٧. عدم ملامسة الزيوت والشحوم لأسطوانات الأكسوجين.

تداول الأسطوانات : Cylinders Handling

١. عند تداول أو نقل أسطوانات الأكسوجين ، يراعى عدم مسكها بأيدي ملوثة بالزيت أو الشحم ، وعدم استخدام قطعة قماش ملوثة بالزيت لمسح هذه الأسطوانات.

٢. عدم السماح لتسرب أي غاز ولو بسيط ، فقد يحدث انفجار في مكان محصور ناتج عن تسرب بسيط في الأكسوجين أو الاستيلين .. لذلك يجب فحص وصلات

الأسطوانات والخرطوم جيداً بحثاً عن أي تسرب باستخدام فشة ومحلل صابوني.
٣. عدم استخدام مواسير نحاسية حتى لا تتحد مع الاستيلين ، ويسبب انهيار النحاس.

٤. يراعى عدم تصادم الأسطوانات.

٥. عندما تكون أسطوانات الأكسوجين أو الاستيلين فارغة ، فإنه يجب غلق صماماتها جيداً واعتبار ذلك كعمل روتيني.

٦. تنقل الأسطوانات باستخدام عربة يدوية أو آلية ، ولا يجوز دحرجتها.

٧. عدم نقل أسطوانات الغاز إلا بعد تركيب أغطيتها الواقية الملونة.

العمل في أماكن مغلقة : Work In Closed Spaces

يراعى تجنب العمل في الأماكن المغلقة بقدر الإمكان ، وفي حالة العمل في مثل هذه الأماكن ، يجب تزويد الفنيين بالهواء النقي الذي يمكن ضخه ونقله إلى الداخل باستخدام مضخات ، وعدم استخدام الأكسوجين في تهوية الأماكن المغلقة نهائياً.

اللحام بالقوس الكهربائي

Electric Arc Welding

يسمى أيضاً باللحام بالكهرباء ، وهو أحد أنواع اللحام بالصهر . تتميز طريقة اللحام بالقوس الكهربائي على سائر الطرق الأخرى في عمليات اللحام بمميزات عديدة، لذلك فإن انتشارها يبلغ نحو ٩٠ % من مجموع طرق اللحام بالصهر. في هذه الطريقة يتم تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تؤدي إلى صهر موضعي للأطراف المراد توصيلها لإجراء عملية اللحام المطلوبة.

تتولد الحرارة اللازمة لتسخين وصهر الأطراف المراد لحامها عن طريق قطبين ، أحدهما الإلكترود الذي يتمثل في سلك اللحام ، والآخر هو الجزء المراد لحامه ، ومن خلال الحرارة الشديدة المتولدة من القوس الكهربائي ، يحدث تسخيناً سريعاً يؤدي إلى انصهار الإلكترود والأجزاء المراد وصلها ، ويتم الالتحام عندما تنخفض درجة الحرارة

وتتجمد منطقة التأثير ، حيث تتكون ما يسمى بدرزة اللحام.
تستخدم هذه الطريقة في أوربا منذ عام ١٨٨٢ م ، وتطورت عدة تطورات حتى وصلت إلى ما هو عليه في وقتنا الحاضر.

تتم عمليات اللحام بالقوس الكهربائي بإحدى الطرق التالية:-

١. يدوي.

٢. نصف آلي.

٣. آلي.

مبدأ عمل القوس الكهربائي : Working Principle Of Electric Arc

يولد القوس الكهربائي درجة حرارة عالية تصل إلى ٣٢٠٠ درجة مئوية ، هذه الحرارة تكفي لانصهار موضعي للأطراف المعدنية المراد وصلها ، ومبدأ عمل القوس هو إحداث تفريغ عند مرور تيار شديد من الإلكترونات عبر الثغرة الضيقة بين الألكترود (سلك اللحام) والجزء المراد لحامه.

ونتيجة لمرور الإلكترونات بسرعة عالية واصطدامها بذرات الهواء أو الغازات الموجودة في الثغرة ، وكذلك الاصطدام بالمشغولة ، تتولد نتيجة لذلك حرارة شديدة تكفي لصهر الألكترود والأطراف المراد وصلها ، وبذلك تمتلئ الفجوة المشكلة بمنطقة الوصل ، وتتم عملية اللحام.

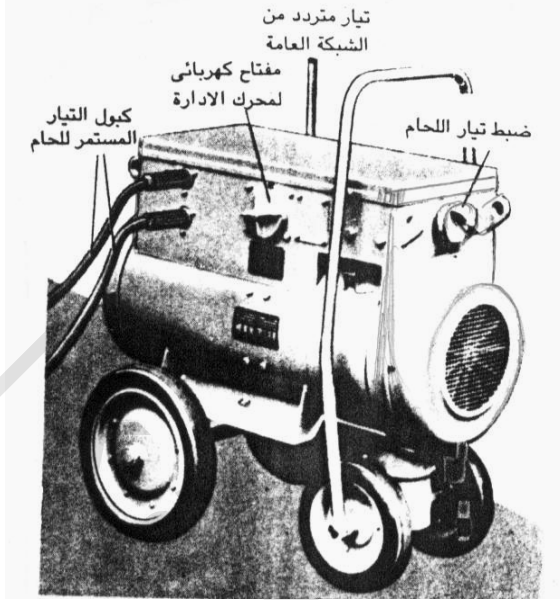
أنواع اللحام بالقوس الكهربائي : Types Of Electric Arc Welding

تعتبر طريقة اللحام بالقوس الكهربائي هي أحد أنواع اللحام بالصهر ، حيث يستخدم لهذا الغرض التيار الكهربائي بنوعين أساسيين هما :-

أولا : استخدام التيار المستمر USING D.C.

تسمى هذه الطريقة باللحام بالأقطاب الكربونية ، ويستخدم لهذا الغرض تيار مستمر من خلال محول كهربائي موضح بشكل ٦ - ٢٨ لتحويل التيار المتغير .. (المتردد) إلى تيار مستمر.

يتكون المحول الكهربائي من محرك كهربائي يعمل بجهد الشبكة ٢٢٠ أو ٣٨٠ فولت ، ومولد كهربائي ينتج تيار مستمر . المحرك والمولد مركبان داخل بدن واحد ، ويمكن ضبط تيار اللحام من خلال مقبض يدوي .



شكل ٦ - ٢٨

محول كهربائي لتحويل التيار المتغير إلى تيار مستمر

يجري هذا النوع من اللحام عن طريق استخدام أقطاب كربونية ، وأسلاك لحام حشو كما هو الحال في اللحام بالغاز ، وتتم عملية اللحام بالقوس الكهربائي باستخدام التيار المستمر ، كما هو موضح بشكل ٦ - ٢٩ باتباع الخطوات التالية :-

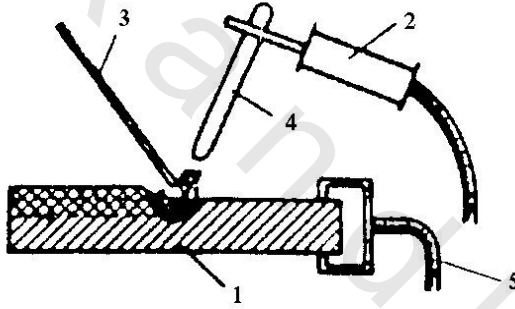
١ . يوصل كبل* القطب الموجب ٥ للتيار المستمر المولد من المحول للجزء المراد لحامه ١ .

٢ . يوصل كبل* القطب السالب بالقطب الكربوني ٤ ، وقمطه من خلال المقبض المعزول ٢ ، وظيفة القطب الكربوني لا تعدو عن كونها طرفا في قوس يتولد عنه طاقة حرارية عالية فقط .

٣. يستخدم الالكترود (سلك اللحام) ٣ للحشو ، الذي ينصهر نتيجة للحرارة العالية المنبعثة من القوس ويتساقط ليملاً الفراغ المجهر بالجزيين المراد وصلهما ، وبذلك يختلط الجزء المنصهر من سلك اللحام مع أطراف المعدن المنصهر في منطقة التسخين ، مكوناً على المشغولة ما يسمى بدرزة ، وتتم عملية الوصل باللحام عندما تتجمد المادة المنصهرة بمنطقة التسخين.

يستخدم قطب من الكربون عند اللحام بالقوس الكهربائي في حالة التيار المستمر ، كما يمكن استخدام قطب من الجرافيت . تتميز أقطاب الجرافيت على أقطاب الكربون بارتفاع معامل التوصيل الكهربائي ، وطول عمرها.

تصنع هذه الأقطاب بأقطار تتراوح ما بين ٨ إلى ٣٠ ملليمتر ، وطولها ما بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ ملليمتر.



شكل ٦ - ٢٩

اللحام اليدوي باستخدام الأقطاب الكربونية

١. الجزء المراد لحامه.
٢. ماسك .. (مقبض معزول).
٣. سلك لحام .. (الكتروود).
٤. قطب كربوني أو جرافيتي.
٥. كبل سالب.

* الكبل : هو سلك موصل للكهرباء ذو قطر كبير .

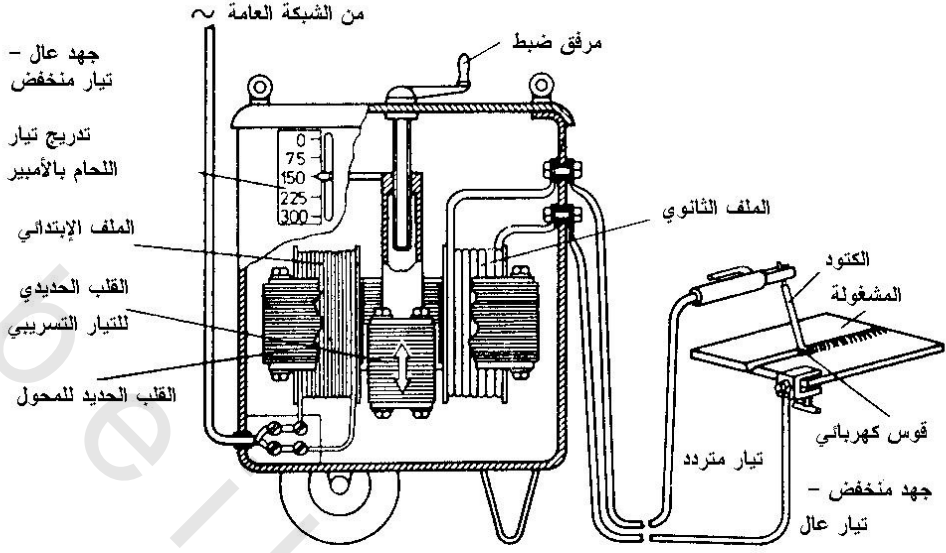
تستخدم هذه الطريقة في لحام الأجزاء المصنوعة من الصلب ذات التخانات الصغيرة ، والسبائك الغير طرية والرقيقة ، كما تستخدم في لحام الشقوق والفجوات بالمسبوكات.

تعتبر طريقة اللحام بالقوس الكهربائي بالتيار المستمر باستخدام الأقطاب الكربونية من الطرق النادرة الاستخدام ، حيث تقتصر هذه الطريقة على حالات خاصة.

ثانيا : استخدام التيار المتغير (المتردد) Using A . C

تسمى هذه الطريقة أيضا بقوس الأقطاب المعدنية ، وهي من أكثر طرق اللحام بالقوس انتشارا ، وعادة تجرى هذه الطريقة باستخدام التيار المتغير (المتردد) ، بحيث يكون التيار المار فيه منخفض الجهد ، عالي الشدة ، ويمكن أن تصل درجة حرارة القوس الكهربائي الناتج إلى نحو 3200°C .

يستخدم لها الغرض محول جهد لحام الموضح بشكل ٦ - ٣٠ . أقطار أسلاك اللحام (الالكترودات) المستخدمة في عمليات اللحام أقطارها ما بين ١ إلى ١٢ ملمتر ، وهي مادة ملئ ، يمكن أن تكون هذه الأسلاك عارية أو مغطاة ، وتعتبر الأسلاك المغطاة هي الأكثر انتشاراً ، وذلك لاحتوائها على مساعد صهر الذي يؤدي إلى الحصول على لحامات جيدة.

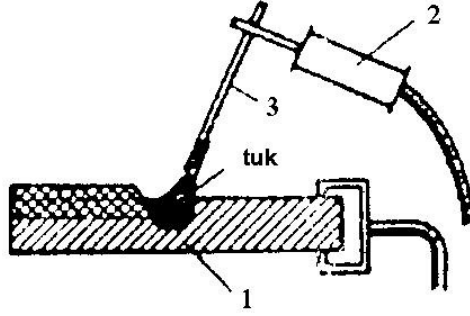


شكل ٦ - ٣٠

رسم تخطيطي لمحول لحام للحصول على تيار متردد منخفض الجهد

تتم عملية اللحام بالقوس الكهربائي باستخدام التيار المتغير كما هو موضح
بشكل ٦ - ٣١ باتباع الآتي :-

١. يوصل أحد كبلات التيار الكهربائي المتغير للجزء ١ المراد لحامه.
٢. يوصل الكبل الآخر بسلك اللحام (الالكترود) ٣ ويقطع عليه من خلال ماسك (مقبض معزول) ٢.
٣. تتولد حرارة عالية عند اقتراب سلك اللحام (الالكترود) ٣ من الشغلة ١ المراد لحامها ، هذه الحرارة العالية منبعثة من القوس ، تحدث انصهار بسلك اللحام (الالكترود) ليتساقط ليملاً الفراغ المجهر بين الجزئين المراد وصلهما ، وبذلك يختلط الجزء المنصهر من سلك اللحام مع أطراف المعدن المتعجن في منطقة التسخين ، مكوناً على المشغولة ما يسمى بدرزة ، وتم عملية الوصل باللحام عندما تتجمد المادة المنصهرة بمنطقة التسخين.



شكل ٦ - ٣١

اللحام اليدوي باستخدام الأقطاب المعدنية

١. الجزء المراد لحامه.

٢. ماسك .. (مقبض معزول).

٣. سلك اللحام .. (الالكترود).

التيار المستخدم في هذه الحالة منخفض الجهد نسبياً ، حيث يتراوح ما بين ٢٠ إلى ٣٠ فولت ، ويكون شدة التيار مرتفعة تتراوح ما بين ٦٠ إلى ٥٠٠ أمبير .. وتصل في بعض الحالات إلى ١٠٠٠ أمبير ، ومن السهل الحصول على هذا التيار بتحويل التيار الكهربائي المعتاد من خلال محول كهربائي الذي يتولى خفض الجهد من ٢٢٠ أو ٣٨٠ فولت إلى ٢٠ أو ٣٠ فولت ، مقابل الارتفاع في شدة التيار إلى القدر الذي يكفي لعملية اللحام.

بصفة عامة تتوقف عملية اللحام على مقدار شدة التيار ، وعلى نوع المعدن ، وقطر الكبل الموصل .. وبالتالي نوع وقطر الالكترود المستخدم.

مميزات ماكينات لحام التيار المتغير :

تتميز ماكينات لحام التيار المتغير عن ماكينات لحام التيار المستمر بالمميزات

التالية :-

١. ذات أبعاد ووزن أقل.

٢. استعمالها سهل.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٣. صيانتها رخيصة.
٤. انخفاض استهلاك الطاقة الكهربائية بنسبة تصل إلى ٥٠ %.
٥. معداتها أرخص بكثير.

أسلاك اللحام (الالكترودات) : Electrodes

تسمى أيضا بالالكترودات القضيبيية ، وتستخدم في عمليات اللحام بالقوس الكهربائي في توصيل الحرارة الشديدة المتولدة عن القوس ، ومادة إضافية لملئ الفجوات المراد لحامها.

يقط سلك اللحام (الالكترود) في ماسك الالكترود المعزول ، ويحدث تفريغ عند مرور تيار شديد من الإلكترونات عبر الثغرة الضيقة ليحدث قوس كهربائي ، حيث ينصهر الالكترود ومادة المشغولة المراد لحامها نتيجة للحرارة الشديدة المتولدة من القوس الكهربائي ، ويتكون على المشغولة ما يسمى بدرزة اللحام.

أنواع أسلاك اللحام (الالكترودات) : Types Of Electrodes

تنقسم أسلاك اللحام (الالكترودات) المستخدمة في لحام المعادن الحديدية المختلفة بالقوس الكهربائي إلى نوعين أساسيين هما :-

١. الالكترودات الغير مغلفة :

يقصد بالالكترودات الغير مغلفة أي الالكترودات العارية ، تلك التي لا تغلفها أو تكسوها أي مساعدات لحام ، ويتم اللحام بها في الهواء الجوي المعتاد ، دون استخدام لأجواء تحتوي على غازات واقية.

وتطورت الكترودات اللحام تطورا تدريجيا إلى أن وصلت على ما هو عليه الآن ، حيث أضيف عليها أغلفة ، الغرض من هذه الأغلفة هو تحسين عملية اللحام. ومن ثم فقد تلاشت الالكترودات العارية ، وأصبح من النادر استخدامها ، أو يكاد يكون محدودا للغاية .. وذلك في حالات نادرة مقتصرة على الصلب اللدن.

٢. الالكترودات المغلفة :

توجد الالكترودات المغلفة بأنواع مختلفة ، يختلف كل نوع منها على الآخر باختلاف الخواص والمميزات ، لذلك فإنها توصف حسب مجال استخدامها .

تنصهر مادة غلاف الالكترود أثناء اللحام مكونة خبثاً أخف وزناً ، يطفو هذا الخبث فوق الدرزة ويغطيها ، مما يبطئ من تبريدها ، ويؤدي ذلك إلى تحسين نوعية الدرزة ، وتخفيض التقلصات الناشئة .

أما الغازات الناشئة عن انصهار غلاف الالكترود ، فهي تشكل طبقة فاصلة بين الجزء المنصهر والهواء الجوي ، حيث تمنع الأكسدة ، وبذلك يتحقق للجزء المنصهر أثناء عملية اللحام وقاية ، وتزداد هذه الوقاية كلما زاد سمك غلاف الالكترود .

يوجد علي أسلاك اللحام (الالكترودات) رموز وحروف وأرقام تميز خواصها ، كما تسهل من اختيار الالكترود الملائم .

الأدوات والمعدات المستخدمة في اللحام بالقوس الكهربائي :

- تستخدم أدوات ومعدات اللحام أثناء العمل اليدوي باللحام الكهربائي شكل ٦ - ٣٢ ، بعض هذه الأدوات تستخدم في إنجاز عملية اللحام ، والبعض الآخر يستخدم في حماية الفني من المخاطر التي قد تحدث أثناء القيام بهذا العمل وهي كالآتي :-

١. ماسك معزول :

الغرض من الماسك هو ققط الأقطاب الكربونية .. في حالة اللحام باستخدام التيار المستمر ، أو ققط أسلاك اللحام (الالكترودات) للملئ .. في حالة استخدام التيار المتغير (المتدد) .

٢. كبل معزول :

هو سلك معزول ذو قطر كبير ، الغرض منه هو التغذية بالتيار الكهربائي المستخدم في عمليات اللحام ، يتوقف قطر السلك وجودته على شدة التيار المستخدم .

توص دور الصناعة المنتجة لأدوات ومعدات اللحام ، أن لا يزيد طول الكبل عن ٣٠ متر.

٣. أقنعة وجهية :

الغرض من هذه الأقنعة هو حماية عيني ووجه فني اللحام من تأثير المواد الساخنة، وتأثير الطاقة الإشعاعية للقوس الكهربائي.

تشتمل الأقنعة الوجهية على نوعين ، أحدهما يمسك باليد ، والآخر يثبت بالرأس.

٤. المرايل والقفازات وأغطية الساق :

تستخدم المرايل والقفازات وأغطية الرأس المصنوعة من الجلد في حماية الفنيين من مخاطر تطاير الشرر ، وما يترتب عليه من إصابات وحروق وذلك أثناء قيامهم بأعمال اللحام ، كما تستخدم المرايل المصنوعة من مواد عازلة للحرارة كالاسبستوس لحماية الأجزاء الأمامية للجسم من مخاطر الحرارة الشديدة المنبعثة أثناء عمليات تشكيل المعادن على الساخن.

تتميز المرايل المصنوعة من الجلد بامتصاصها للحرارة والأشعة فوق البنفسجية.



شكل ٦ - ٣٢

الأدوات والمعدات المستخدمة في اللحم بالقوس الكهربائي

- (أ) أقبعة الوجه.
- (ب) ماسك معزول .. (حامل الالكترود).
- (ج) مشبك التوصيل الأرضي.
- (د) سلك لحام .. (الالكترود).
- (هـ) أدوات حماية الجسم (مريلة - قفاز - غطاء رأس - غطاء ساق).

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

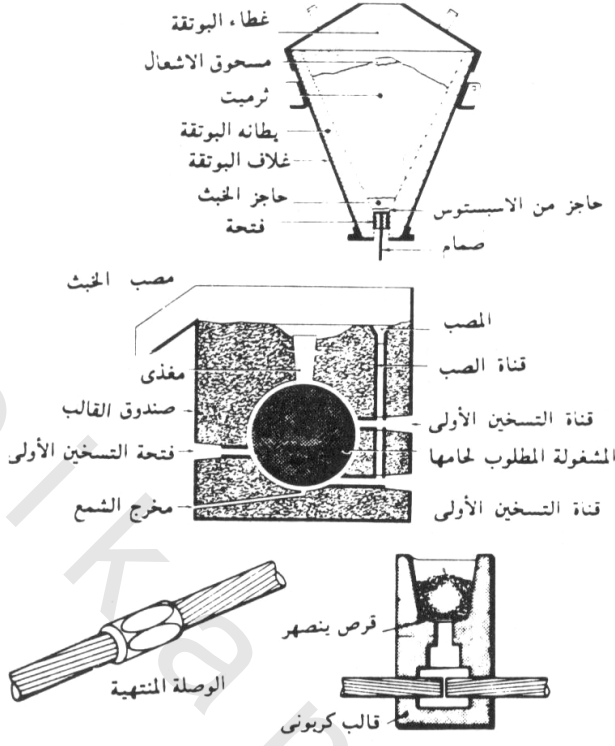
لحام الثرميت

Thermite Welding

الثرميت هو عبارة عن خليط من مسحوق الألومنيوم وأكاسيد الحديد ، ويعتمد هذا النوع على التفاعل الكيميائي الطارد للحرارة بين الألومنيوم وأكاسيد الحديد .

ويجرى اللحام بالثرميت الموضح بشكل ٦ - ٣٣ بأعداد الجزأين المطلوب وصلهما باللحام على استقامة واحدة ، من خلال فصل طرفي الوصلة بمسافة ١٠ إلى ٨٠ ملليمتر ، وتنظف الأطراف المراد وصلها بعناية ، ويملى مسافة الفراغ بالشمع ، ثم يشكل حول نصفي الوصلة قالب رملي ، يشابه القالب المستخدم في عمليات السباكة ، ويجهز القالب بفتحة (مصب) لاستقبال المعدن المنصهر ، وفتحة إضافية سفلية ليتم التسخين منها ، وبعد الانتهاء من تشكيل القالب ، ينصهر الشمع ويخرج من الفتحة السفلي التي تغلق في النهاية . ويشعل مسحوق الثرميت في بوتقة خارجية ، حيث يتفاعل أكسيد الحديد مع الألومنيوم الذي ينتج عنه ارتفاع كبير في درجة الحرارة يصل إلى ٣٠٠٠ °م، ويتحد الألومنيوم من الأكسجين الموجود في أكسيد الحديد تاركا وراءه صلبا منصهرا ينساب من فتحة قاع البوتقة إلى القالب حيث يمتلئ الفراغ بين نصفي القالب ، ونظراً للارتفاع الكبير المفرط في درجة الحرارة ، فإن جزئي طرفي الوصلة ينصهرا ويندمجا مع الصلب المنصهر . وبعد برودة الوصلة يهدم القالب ويهذب مكان اللحام.

يستخدم لحام الثرميت في وصل المقاطع الكبيرة والثقيلة في أماكنها .. أي بدون الحاجة إلى نقلها مثل المصبوبات الكبيرة ، قضبان السكك الحديدية والترام ، والمواسير ذات الأقطار الكبيرة ، وإصلاح الأجزاء الضخمة للمعدات البحرية وغيرها من المشغولات الكبيرة.



شكل ٦ - ٣٣

لحام الثرميت

اللحام بالضغط والحرارة

Heat Pressure Welding

يعتمد لحام الضغط والحرارة على تسخين الأجزاء المراد وصلها باللحام حتى تصل إلى حالة التعجن ، ثم تتعرض منطقة التسخين إلى الضغط ، حيث يتم وصل الأطراف باللحام.

تتميز هذه الطريقة بعدم استخدام مواد حشو ، وبالتالي ضمان عدم تغيير بنية المعدن في طرفي وصلة اللحام.

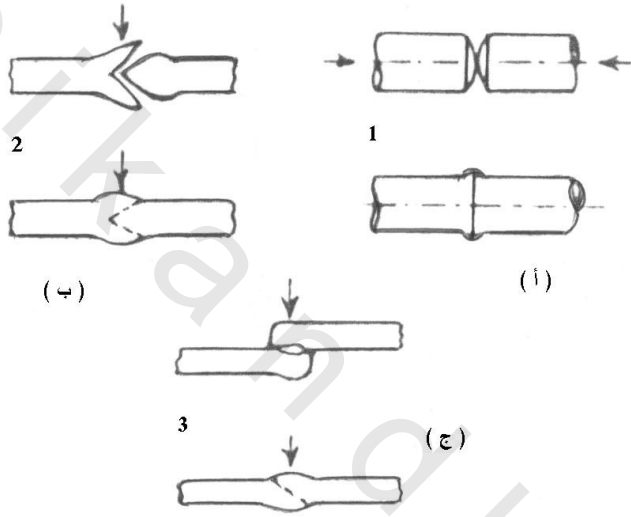
فيما يلي عرض لأكثر أنواع اللحام بالضغط والحرارة انتشاراً.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

١. اللحام بالحدادة : Forge Welding

يعتبر لحام الحدادة من أقدم أنواع اللحام على الإطلاق ، حيث كان يمارس من آلاف السنين في صناعة أدوات الحرب .

وتتلخص طريقة اللحام بالحدادة من خلال تسخين المشغولات المطلوب وصلها حتى تصل درجة حرارتها إلى درجة تجعلها في حالة تعجن ، ويرش مساعد صهر على الأماكن المراد لحامها ، ثم تجرى عملية الوصل بالطرق وذلك بإحدى الطرق الموضحة بشكل ٦ - ٣٤ للحصول على وصلة باللحام الحدادي.



شكل ٥ - ٣٤

اللحام بالحدادة

(أ) لحام متقابل.

(ب) لحام خابور.

(ج) لحام تراكبي.

٢. لحام المقاومة الكهربائية : Electric Resistance Welding

لحام المقاومة الكهربائية يسمى أيضا بلحام التلامس ، يعتمد اللحام بهذه الطريقة على استخدام الطاقة الكهربائية للتيار ذو الشدة العالية وتحويلها إلى طاقة

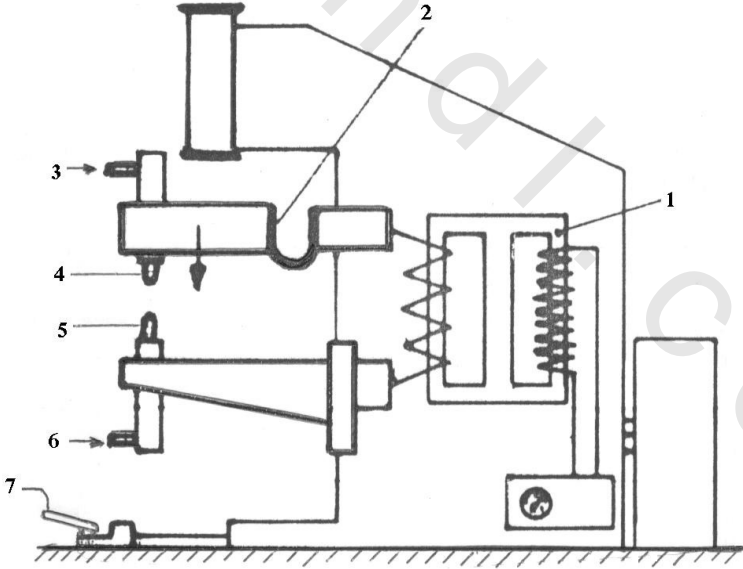
حرارية ، خلال الأماكن المراد وصلها ، وذلك من خلال مرور التيار الكهربائي عبر خط الانفصال ، وقبل ممارسة الضغط الرئيسي اللازم لإتمام عملية اللحام ، ومن خلال المقاومة الكهربائية التي يصادفها التيار الكهربائي عبر خط الانفصال فإن الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة حرارية ، ويمكن التحكم في شدة التيار اللازم في عملية اللحام عن طريق المحول الكهربائي.

توجد طرق مختلفة لعمليات اللحام بالمقاومة الكهربائية أهمها الطرق التالية

-:

لحام النقطة : Spot Welding

يسمى أيضا بلحام البنتة أو لحام البقعة ، تجرى عمليات اللحام بهذه الطريقة على ماكينة لحام النقطة الموضحة بشكل ٦ - ٣٥ .
تحتوي الماكينة على أجزاء رئيسية هي .. محول كهربائي للتيار ، وقطب علوي حر الحركة ، حيث يتحرك حركة رأسية إلى أسفل ، ويعود إلى وضعه الطبيعي إلى أعلى عن طريق تجهيزات ميكانيكية وكهربائية ، وقطب سفلي ثابت.



شكل ٦ - ٣٥
ماكينة لحام النقطة

١. محول كهربائي للتيار.
٢. نابض ورقي .. (ياي).
٣. دخول ماء لتبريد القطب العلوي.
٤. القطب العلوي.
٥. القطب السفلي.
٦. دخول ماء لتبريد القطب السفلي.
٧. دواصة.

يعتبر لحام النقطة (لحام البنتة أو لحام البقعة) من أبسط صور اللحام المقاومة الكهربائية وأكثرها انتشاراً.

يسري التيار الكهربائي عندما يتلامس القطبين الأسطوانيين خلال الجزأين المراد وصلهما مع تسليط ضغط ، حيث تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية عالية ، ونتيجة للضغط العالي الناتج عن حركة جذب القطب العلوي إلى أسفل تتم عملية اللحام.

ونظراً لارتفاع درجة الحرارة العالية للقطبين أثناء عملية اللحام ، لذلك فقد صممت الأقطاب بحيث يتم تبريدها بالماء.

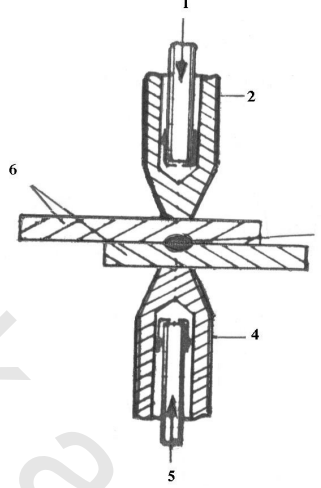
يتراوح قطر دائرة لحام النقطة ما بين ١.٥ إلى ١٣ ملليمتر ، وذلك حسب أقطار الأقطاب المستخدمة . ويجب مراعاة إتمام عملية اللحام قبل وصول منطقة الوصل (الأجزاء المعدنية المراد لحامها إلى حالة السيولة).

الاستخدامات : Applications

يستخدم لحام النقطة على نطاق واسع في صناعة الطائرات والسيارات وعربات السكك الحديدية والآلات الزراعية والأجهزة والمعدات المختلفة وغيرها . وعادة تكون وصلاتها من النوع التراكبي.

أقطاب ماكينة لحام النقطة : Poles Of Spot Welding Machine

تصنع أقطاب ماكينة لحام النقطة بشكل أسطواني من سبائك النحاس ، وتعرض الأقطاب إلى درجات حرارة عالية ، لذلك صممت بحيث يتم تبريدها بالماء أثناء عمليات اللحام وشكل ٦ - ٣٦ يوضح الأقطاب وحركة التبريد بالماء أثناء عملية اللحام.



شكل ٦ - ٣٦

تبريد الأقطاب بالماء أثناء عملية اللحام

١. دخول ماء التبريد إلى القطب العلوي.

٢. القطب العلوي.

٣. نقطة اللحام.

٤. القطب السفلي.

٥. دخول ماء التبريد إلى القطب السفلي.

٦. الجزئين المراد لحامهما.

دورة لحام النقطة

Spot Welding Cycle

تتم دورة لحام النقطة في أربعة مراحل متسلسلة وهي كالآتي :-

المرحلة الأولى : First Stage

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

هي مرحلة الضغط الأولى ، حيث يتم الضغط على سطحين الجزأين المراد وصلهما عن طريق القطبين Electrodes قبل سريان التيار الكهربائي للتسخين ، ويقاس زمن هذه المرحلة بالزمن المنقضي بين لحظة بدأ تطبيق الضغط ولحظة بدء التيار الكهربائي للتسخين.

المرحلة الثانية : Second Stage

هي مرحلة التسخين ، حيث يسري التيار الكهربائي في المشغولة عن طريق القطبين ، مع استمرار الضغط ، ويقاس زمن هذه المرحلة من بدء لحظة مرور التيار الكهربائي حتى انقطاعه في نهاية هذه المرحلة ، للوصول إلى درجة حرارة اللحام المناسبة.

المرحلة الثالثة : Third Stage

هي المرحلة الأساسية للحام ، حيث يطبق الضغط المناسب للحام Forging Press ، ويقاس هذا الزمن من لحظة انقطاع التيار الكهربائي إلى لحظة بدء إزالة قوى الضغط.

المرحلة الرابعة : Fourth Stage

هي مرحلة إزالة الضغط ، حيث يزال الضغط كلياً تمهيداً لرفع المشغولة.

لحام الخط : Seam Welding

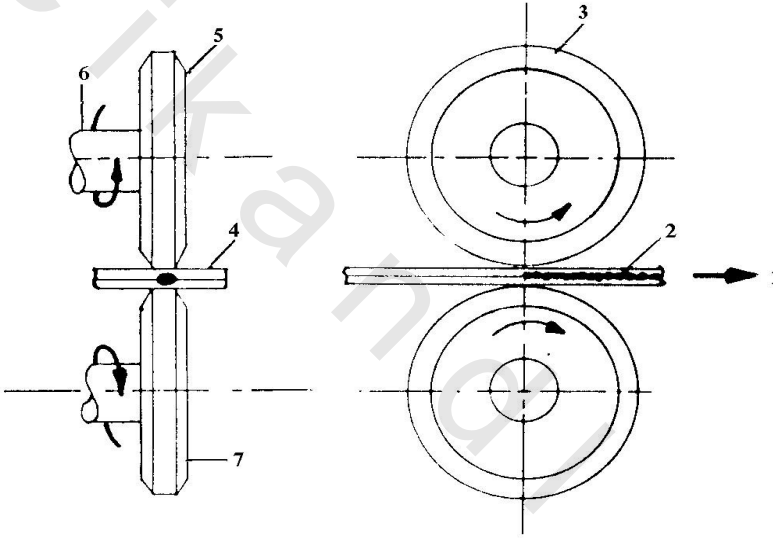
يسمى لحام الخط بلحام الدسرة ، وهو لحام متصل يتكون من سلسلة متشابكة من لحام النقطة . الأقطاب المستخدمة في هذا اللحام على هيئة أقراص (بكرات) دوارة .

يأخذ القرص العلوي حركته الدائرية من خلال تجهيزات ميكانيكية ، أما القرص السفلي فيكون حر الحركة حول محوره.

تجرى عملية اللحام بعد ضغط القرصين على الأجزاء المراد وصلها ، ويوصل التيار فيحدث اللحام على طول خط التماس من خلال الحركة الدائرية البطيئة للقرصين

، ويمكن أن يكون اللحام بشكل خط مستمر أو متقطع شكل ٦ - ٣٧ .
 يكون اللحام المستمر على هيئة خط ، ويعتمد عرض خط اللحام على عرض
 الأجزاء الملامسة من القرصين على المشغولة ، أما وصلات اللحام المتقطع فهي ذات
 جودة عالية . إلا أنها تكون اقل نعومة .
 تصنع الأقراص (البكرات) من نفس المواد التي تصنع منها أقطاب لحام النقطة
 .. أي من سبائك النحاس .

يستخدم اللحام الخطي في لحام خزانات المياه والزيت والبنزين والمواسير ،
 والعديد من الأجزاء المصنوعة من الصلب والمعادن الغير حديدية .



شكل ٦ - ٣٧
 عملية اللحام الخطي

- ١ . اتجاه حركة الجزء الملحوم .
- ٢ . خط اللحام .
- ٣ . قرص القطب الأسطوانى العلوي .
- ٤ . الأجزاء المراد لحامها .
- ٥ . قرص القطب الأسطوانى العلوي .

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٦. محور الدوران.

٧. قرص القطب الأسطواني السفلي.

الوقاية من مخاطر اللحام بالكهرباء :

Electric Welding Dangers Protection

يمكن حدوث حرائق عند القيام بإحدى عمليات اللحام أو القطع بالكهرباء ، وهي تلك التي يسمح فيها لمادة قابلة للاشتعال أن تتلامس مع القوس الكهربائي أو الشرر

الذي يحتوي على خبث حار ، وللحيلولة دون حدوث ذلك تتبع الإرشادات التالية :-

١. يراعى التأكد من عدم وجود أجزاء تالفة في كبلات اللحام ، حيث أنها قد تتسبب في أضرار جسيمة على القائمين بعمليات اللحام.

٢. اللحام بذراعين مكشوفين أو تعرية النصف الأعلى من الجسم يعرض فني اللحام لخطر الإشعاع.

٣. يجب إحاطة موقع العمل بحواجز واقية من الضوء الباهر.

٤. ضرورة ارتداء الأقنعة الواقية للحماية من الإشعاع أو الجسيمات المتطايرة.

٥. عدم القيام بعمليات اللحام بالكهرباء في الهواء الطلق أثناء سقوط المطر.

٦. يجب فصل التيار الكهربائي عن ماكينة اللحام أثناء تبديل الأقطاب.

٧. يجب قطع التيار الكهربائي عن ماكينات اللحام أثناء نقلها من مكان إلى آخر.

٨. يراعى الحذر عند استخدام المحولات الكهربائية ، والحذر الشديد عند التعامل مع محولات الجهد ، حيث إن التيار المتردد أخطر من التيار المستمر.

٩. عدم القيام بعمليات لحام بالقرب من المواد القابلة للاشتعال أو الانفجار.

وأخيرا .. فإن خير سبل الوقاية من المخاطر المختلفة ، هي يقظة العاملين أنفسهم.

الوقاية من الحرائق :

يجب إتباع إرشادات الوقاية من مخاطر الحرائق ، وأيضاً إرشادات الأمان الصناعي التالية :-

١. يجب نقل جميع المواد القابلة للاشتعال بعيداً عن مكان العمل ، قبل البدء في عمليات اللحام أو القطع.
٢. في حالة تعذر نقل المواد القابلة للاشتعال ، فيجب تأمين حواجز مقاومة للاشتعال، وإن كان ممكناً فوجود مراقب الحريق يكون أمراً مرغوب فيه.
٣. يجب المحافظة على وسائل الإطفاء مثل الرمل أو مضخات الإطفاء ... وغيرها ، والتدريب على طرق استخدامها ، والتعرف على أماكنها ، بحيث يمكن الوصول إليها بسرعة ، مع عدم وجود أي عوائق قد تؤدي إلى صعوبة الوصول إليها.
٤. عدم القيام بعمليات اللحام أو القطع في ورش الطلاء ، أو الأماكن التي يكثر فيها الغبار أو الغازات ، حتى لا تحدث حرائق أو انفجارات.
٥. عدم القيام نهائياً بأي عملية لحام أو قطع للبراميل ، أو الخزانات ، أو الصهاريج ، أو الحاويات .. ما لم تكن قد نظفت تماماً واختبرت كلياً ، وعليك أن تتأكد من إزالة كل الفضلات القابلة للاشتعال للمحافظة على نفسك ، ولتجنب نشوب الحرائق والانفجارات.

الباب السابع

7

تشكيل المعادن بالضغط

Metals Forming by pressure

مُهَيِّدٌ

الهدف من تشكيل المعادن بالضغط هو الحصول على منتجات نصف مصنعة سبق إنتاجها بعمليات تشكيل ، أو الحصول على منتجات كاملة التصنيع.

يناقش هذا الباب عمليات تشكيل المعادن بالضغط على البارد أو على الساخن مثل عمليات الدرفلة - السحب - البثق ، والمنتجات المصنعة بهذه الطرق مثل الألواح المعدنية - الشرائط - قضبان السكك الحديدية - القطاعات ذات الأشكال والأحجام المختلفة - المواسير الملحومة والمواسير الغير ملحومة - سحب الأسلاك بأقطارها المختلفة وغيرها . مع عرض لمميزات وعيوب كل منها علي حدة.

كما يتناول تشكيل الألواح والأعمدة المعدنية بالضغط على البارد أو على الساخن ، مثل الأجزاء المشكلة باستخدام الإسطمبات - عمليات التشكيل المختلفة التي تجري على الأعمدة المعدنية مثل عمليات الثني والحنى واللي ، والتأثيرات الممكن حدوثها أثناء عمليات التشكيل وطرق تلافيها ، والتجهيزات اللازمة لإنجاز هذه العمليات على أكمل وجه.

تشكيل المعادن

Metals Forming

عندما تؤثر القوى الميكانيكية المختلفة كالشد أو الضغط على جزء معدني ، فإنها تحدث تغييرا في شكله ومقاساته ، وعلى الرغم من ذلك فإن المعدن يحتفظ بحجمه وكتلته الأساسية ، وتسمى هذه العمليات بعمليات التشكيل العجائني للمعادن ، وهي إحدى عمليات الإنتاج الهامة المستخدمة على نطاق واسع بالصناعات الميكانيكية ، حيث يتم تغيير أشكال وأبعاد المعادن المختلفة إلى أشكال أخرى ذات أبعاد محددة بدون إزالة ريش.

تعتمد هذه العمليات على خاصية اللدونة .. أي المطيلية الكافية التي تتمتع بها المعادن ، والقدرة على تغيير شكلها وأبعادها إلى أشكال وأبعاد أخرى دون أن تتحطم أو تتلف ، مع الاحتفاظ بأشكالها وأبعادها النهائية بعد عمليات التشكيل التي اكتسبتها بعد إزالة القوى الخارجية المؤثرة.

تجرى عمليات تشكيل المعادن المختلفة على البارد أو على الساخن ، علما بأن هذه العمليات تؤثر على المعادن المشكلة من حيث تغيير بنيتها وخواصها الميكانيكية.

عمليات تشكيل المعادن : Metal Forming Processes

توجد أنواع مختلفة لعمليات تشكيل المعادن . تنقسم هذه العمليات إلى عمليات تشكيل على البارد ، وعمليات أخرى للتشكيل على الساخن ، وهي العمليات الأساسية التالية :-

١. الدرفلة.

٢. السحب.

٣. البثق.

٤. الحدادة .. (سبق عرض الحدادة اليدوية والحدادة بالماكينات بالباب الثالث والرابع من هذا الكتاب).

٥. تشكيل الألواح المعدنية.

فيما يلي عرض لهذه العمليات . مع شرح تفصيلي لكل منها على حدة.

التشكيل على البارد : Cold Forming

عمليات التشكيل على البارد تعني التشكيل اللدن للمعدن عندما تكون درجة حرارتها أقل من درجة الحرارة الحرجة الصغرى .. أي عند درجة الحرارة التي يتغير عندها التكوين الكيميائي للمعادن.

وتزيد صلادة المعادن نتيجة للتشكيل على البارد ، بحيث يتعذر استمرار عملية التشكيل كلما انخفضت درجة حرارته عن درجة الحرارة الحرجة الصغرى.

وزيادة صلادة المعادن تعني انخفاض لدونتها وانخفاض قابليتها للاستطالة ، وعند تكرار عمليات التشكيل على البارد ، فإن زيادة التصلد تحدث شروخ في المعادن.

وبصفة عامة فإنه يمكن التغلب على العيوب السابقة فيما عدا الشروخ ، وذلك من خلال المعالجة الحرارية بعد عمليات التشكيل أو خلال مراحلها .

مميزات التشكيل على البارد : Cold Forming Advantages

تتميز عمليات التشكيل على البارد بالمميزات التالية :-

١. القدرة على إنتاج المقاطع الصغيرة الأكثر انتظاماً.
٢. الحصول على مشغولات ذات أسطح ناعمة وخالية من الأكاسيد.
٣. الدقة العالية في أبعاد المنتجات المشكلة.
٤. إمكانية إنتاج المشغولات ذات الأشكال الدقيقة والأبعاد الصغيرة.
٥. اكتساب المنتج خواص ميكانيكية جيدة وذلك بعد إجراء عملية التخمير.

التشكيل على الساخن : Hot Forming

عمليات التشكيل على الساخن تعني التشكيل اللدن للمعادن عندما تكون درجة حرارتها أعلى من درجة الحرارة الحرجة العليا . بمعنى أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة ، كلما انخفضت مقاومة المعادن للتشكيل ، وعلى ذلك لا يؤثر التشكيل على الساخن بالمعادن تأثيرا سيئا ، وبذلك تتمكن المعادن من إعادة ترتيب بلورتها أثناء وبعد عملية التشكيل.

مميزات التشكيل على الساخن : Hot Forming Advantages

تتميز عمليات التشكيل على الساخن بالمميزات التالية :-

١. تهذيب بنية المعدن.
 ٢. عدم حدوث تصليد أو شروخ بالمعادن المشكلة.
 ٣. إمكانية استمرار تشكيلها بعد ذلك.
- ومن أهم عيوبها هو وجود الأكاسيد الحديدية على الأسطح المعدنية.

درفلة المعادن

Metals Rolling

عملية درفلة المعادن هي إحدى عمليات التشكيل بالضغط ، وذلك عن طريق عصر المعدن بين أسطوانتين بماكينة درفلة (دلفنة) ، تدار الأسطوانتين عكس بعضهما البعض كما هو موضح بشكل ٧ - ١ ، بحيث يكون الخلوص بينهما أقل من سمك المعدن المراد تشكيله.

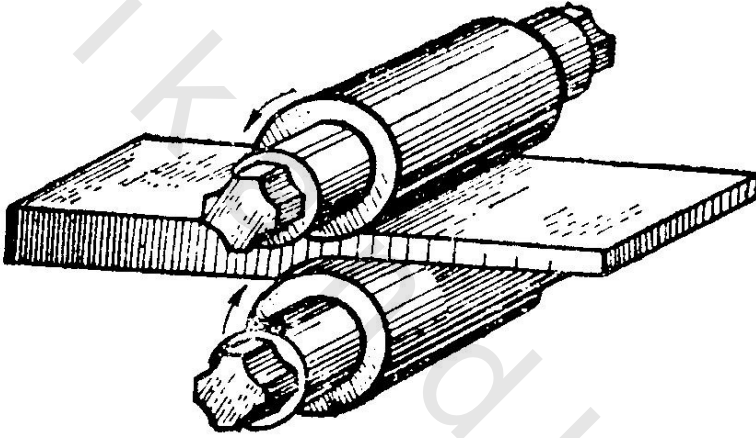
الأسطوانات الدوارة تسمى بالدراfil أو الدلافين ، مشكل عليها بالحفر مجاري ذات أشكال خاصة ، حيث يخرج المعدن مشكل بشكل الفراغ الموجود بين الدراfil ، وبذلك يتم اختصار سمك المعدن مع زيادة طوله ، علما بأن حجم المعدن لا يتغير أثناء عملية الدرفلة ، حيث زيادة طول المعدن نتيجة لنقص مساحة مقطعة.

يعرف معامل الاستطالة أثناء عمليات الدرفلة من المعادلة التالية :-

$$\text{معامل الاستطالة} = \frac{\text{مساحة مقطع المعدن قبل الدرفلة}}{\text{مساحة مقطع المعدن بعد الدرفلة}}$$

$$= \frac{\text{طول المعدن بعد الدرفلة}}{\text{طول المعدن قبل الدرفلة}}$$

تتراوح عادة قيمة معامل الاستطالة للمعادن المدرفلة ما بين ١.١ - ١.٥ وتصل أحيانا في حالة التشكيل الكبير إلى ٢.٥.



شكل ٧ - ١

درفلة المعادن

عمليات الدرفلة : Rolling Processes

تتم عمليات درفلة المعادن بإحدى طريقتين أساسيتين هما :-

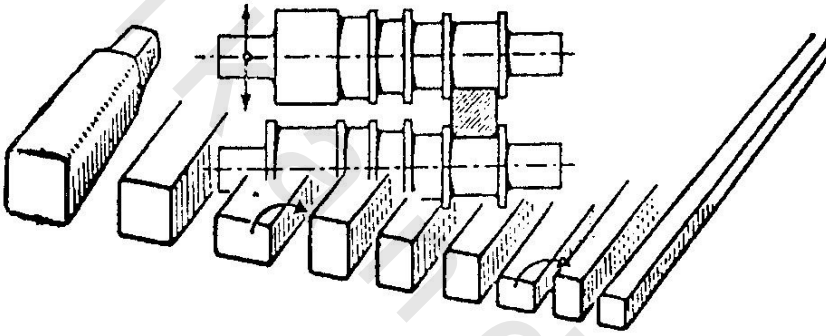
١. درفلة المعادن على الساخن.

٢. درفلة المعادن على البارد.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

أولا : درفلة المعادن على الساخن Metals Hot Rolling

تستعمل عادة طريقة درفلة المعادن على الساخن على مرحلتين أو أكثر كما هو موضح بشكل ٧ - ٢ . المرحلة الأولى هي درفلة أو تحويل كتل الصلب الكبيرة إلى كتل أو مقاطع متوسطة ، ويتبعها المرحلة الثانية ، وهي درفلة المقاطع المتوسطة إلى مقاطع أصغر وهكذا حتى يمكن الوصول إلى تخانات محدودة ، وذلك للحصول على قطاعات ذات أشكال مختلفة كالألواح - الشرائط - المواسير - قضبان السكك الحديدية - القطاعات الحديدية المستخدمة في الإنشاءات المعدنية مثل الكمرات ، والأسياخ المستديرة المستخدمة في الإنشاءات الخرسانية وغيرها.



شكل ٧ - ٢

درفلة الكتل الكبيرة إلى مقاطع صغيرة

ثانيا : درفلة المعادن على البارد Metals Cold Rolling

تستخدم المنتجات المشكلة بالدرفلة على الساخن في عمليات الدرفلة على البارد ، وتستلزم في هذه المرحلة ماكينات درفلة ذات قوة تشكيل أكبر منها في حالة الدرفلة السابقة ، وذلك لاكتساب المعدن الصلادة وبالتالي ارتفاع مقاومته للاستطالة . قبل إجراء عمليات الدرفلة على البارد للمعادن المشكلة بالدرفلة على الساخن

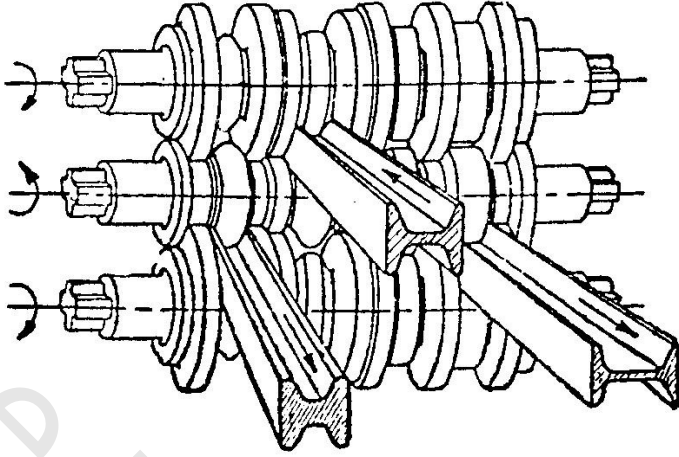
يجب التخلص من الشوائب والأكاسيد الحديدية المتكونة على الأسطح من خلال إحدى الطرق التالية :-

١. باستخدام الهواء المضغوط.
 ٢. بغمسها في الأحماض.
 ٣. بتوجيه تيار شديد من الماء تحت ضغط عالي .. ولا تعتبر طريقة تنظيف المعدن الساخن من الأكاسيد باستخدام تيار مائي ينتج عنه تبريد المعدن ، حيث أن هذه العملية لا تستغرق سوى ثانيتين إلى ثلاثة ثواني.
- تتميز المعادن المشكلة بطريقة الدرفلة على البارد بنعومة أسطحها ، والدقة العالية في أبعادها ، مع اكتسابها صلادة إضافية.

ماكينات الدرفلة : Rolling Machines

الغرض من ماكينات الدرفلة هو عصر المعادن المطلوب تشكيلها .. ومن ثم فإن هذه الماكينات تحتاج إلى محركات ضخمة وقوة عالية لأدائها ، ولكن المحركات الضخمة تعطي سرعات عالية ، لذلك فإن ماكينات الدرفلة تحتوي على مجموعتين لتخفيض السرعة على الأقل ، إلى القيمة المطلوبة ، وترفع من عزم دورانها وقوتها.

تحتوي ماكينة الدرفلة على وحدة الدرفلة وهي الجزء الأساسي في الماكينة ، وهي عبارة عن مجموعة درافيل مركبة في بدن واحد ، يتم الدرفلة على الدرافيل الثنائية في اتجاه واحد فقط ، بينما يتم الدرفلة على الدرافيل الثلاثية في اتجاهين ، أي بإعادة درفلة المشغولات في اتجاه عكسي كما هو موضح بشكل ٧ - ٣.



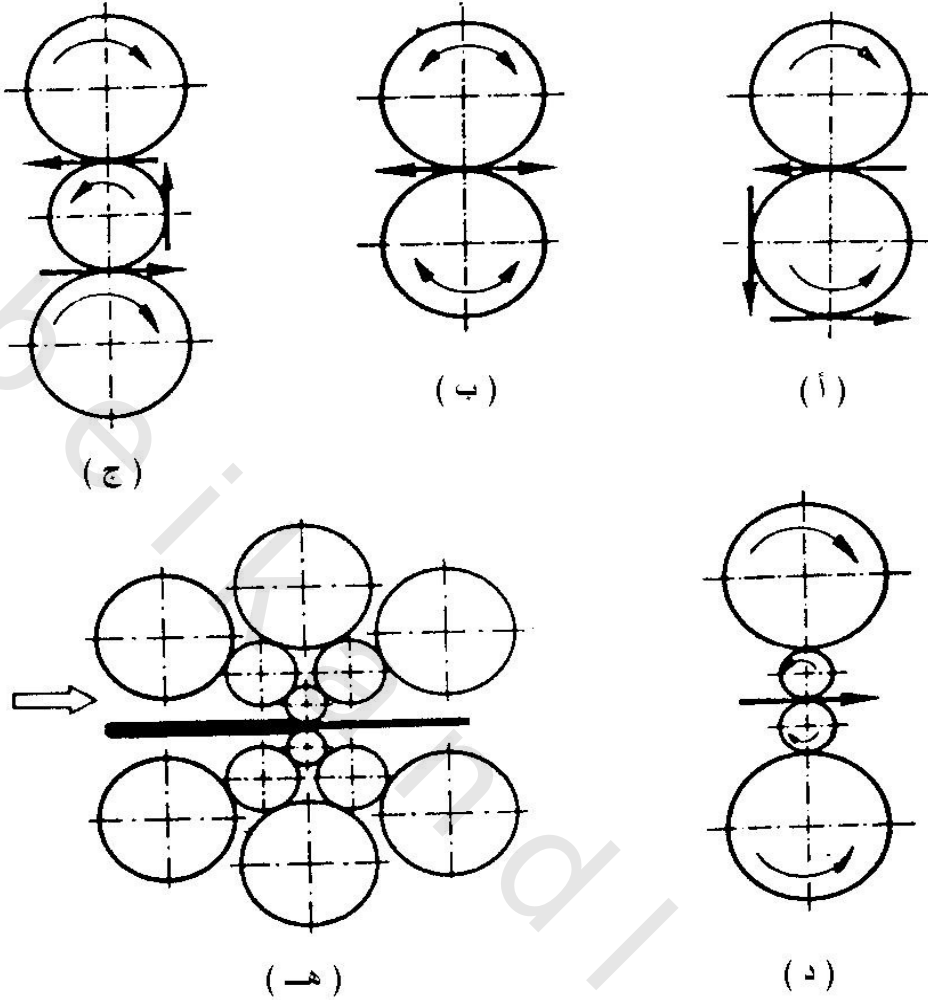
شكل ٧ - ٣

الدرفلة باستعمال درافيل ثلاثية في اتجاهين متضادين

تصنع الدرافيل من مواد شديدة الصلادة مثل حديد الزهر أو الصلب ، وذلك لتحمل ظروف التشغيل القاسية ، ومقاومة التآكل التي تحدث عند احتكاك المعادن بالدرافيل أثناء تشكيلها.

صممت الدرافيل بحيث يمكن ضبط الخلوص الموجود بينهما إلى عيار للمراحل البدائية للعصر ، وعيار للتخشين ، وعيار آخر للتشطيب.

يمكن تقسيم ماكينات الدرافيل حسب عدد الدرافيل العاملة إلى الأنواع الموضحة بشكل ٧ - ٤ ، ثنائية الدرافيل ، وثلاثية الدرافيل ، ورباعية الدرافيل ، ومتعددة الدرافيل.



شكل ٧ - ٤

أنواع الدرافيل

(أ) درافيل ثنائية رأسية في اتجاه واحد.

(ب) درافيل ثنائية رأسية يمكن تشغيلها حسب اتجاه دوران الدرافيل.

تستخدم ماكينات الدرافيل النائية (أ ، ب) في درفلة المشغولات البسيطة ، أو المشغولات التي لا تحتاج إلى قوة عالية.

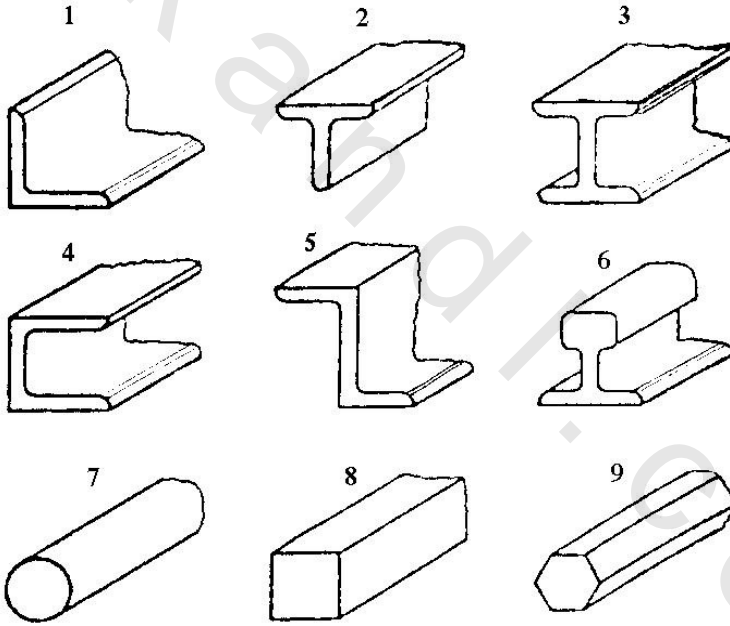
(ج) درافيل ثلاثية رأسية مزدوجة الاتجاهات . تستخدم ماكينات الدرافيل الثلاث لزيادة معدل

الإنتاج ، حيث تتم عملية الدرفلة بين الأسطوانة العليا والمتوسطة ، وبين الأسطوانة المتوسطة والسفلى.

(د) درافيل رباعية راسية ، يكون الدرفيلان الوسط (الصغيران) هما الدرافيل العاملة ، أما الدرفيلان الخارجيان فهما ساندان فقط . تستخدم ماكينات الدرفلة الرباعية في الحالات التي تحتاج إلى قوة كبيرة للتشكيل .. كما هو الحال في الدرفلة على البارد .
(هـ) الدرافيل المتعددة الأفقية . تستخدم في الحالات التي تحتاج إلى قوة كبيرة جدا للتشكيل .. كما هو الحال في الدرفلة على البارد .

درفلة القطاعات المختلفة : Rolling Of Different Sections

تستعمل ماكينات الدرفلة في تشكيل وإنتاج القطاعات المختلفة الأشكال كما هو موضح بشكل ٧ - ٥ .

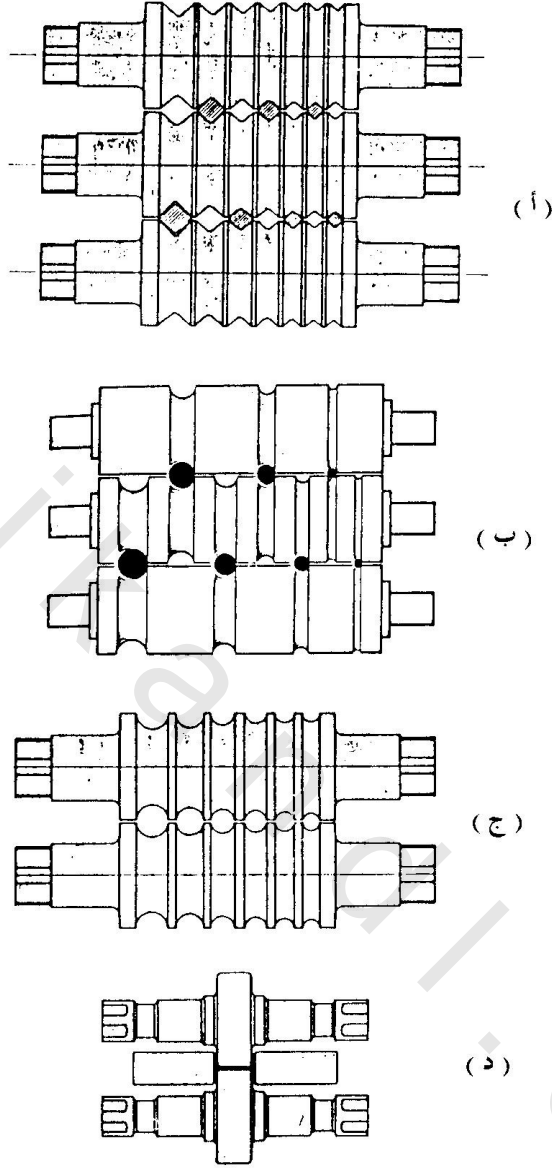


شكل ٧ - ٥

بعض أشكال القطاعات المختلفة

١. مقطع علي شكل حرف L.
٢. مقطع علي شكل حرف T.
٣. مقطع علي شكل حرف H.
٤. مقطع علي شكل حرف U.
٥. مقطع علي شكل حرف Z.
٦. مقطع علي شكل حرف T.
٧. مقطع مستدير.
٨. مقطع مربع.
٩. مقطع مسدس.

تستعمل مشغولات النصف مصنعة والسابق درفلتها ، التي على شكل قضبان ذات مقاطع مربعة ، حيث تسخن القضبان إلى درجة حرارة الدرفلة ، ثم تمرر عدة مرات على ماكينات الدرافيل حتى تتخذ قطاعاتها الأشكال والمقاسات المطلوبة . ولهذا الغرض تخرط الدرافيل بأخاديد (ممرات تشكيل) مناظرة بالأشكال المطلوبة كما هو موضح بشكل ٧ - ٦.



شكل ٦ - ٧

نماذج للدرايفيل المشكلة لإنتاج القطاعات المختلفة الأشكال والمقاسات

(أ) درايفيل ثلاثية لإنتاج الأعمدة المربعة.

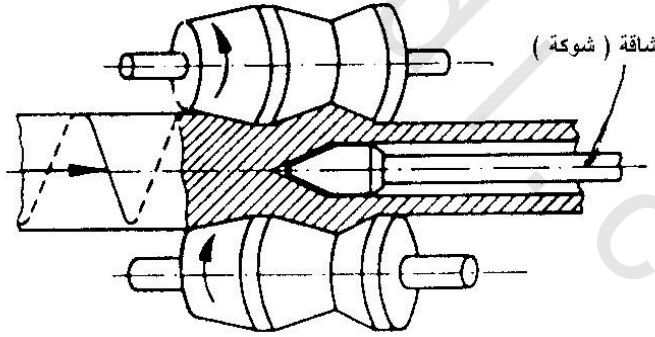
(ب) درايفيل ثلاثية لإنتاج أعمدة مستديرة (أسيخ).

- (ج) درافيل ثنائية لإنتاج أعمدة مستديرة (أسيخ).
 (د) درافيل ثنائية لإنتاج مقاطع على شكل حرف H.

درفلة المواسير : Pipes Rolling

يمكن إنتاج المواسير الغير ملحومة بدرفلتها أو بسحبها في درافيل خاصة ، ويمكن تلخيص هذه العملية من خلال إعداد عمود أسطواني مصمت ، ووضع طرفه بين درفيلين على شكل مخروطين ناقصين ، وغير متوازيين بالنسبة لبعضهما البعض ، وذلك لعصر العمود الأسطواني الموضح بشكل ٧ - ٧ .

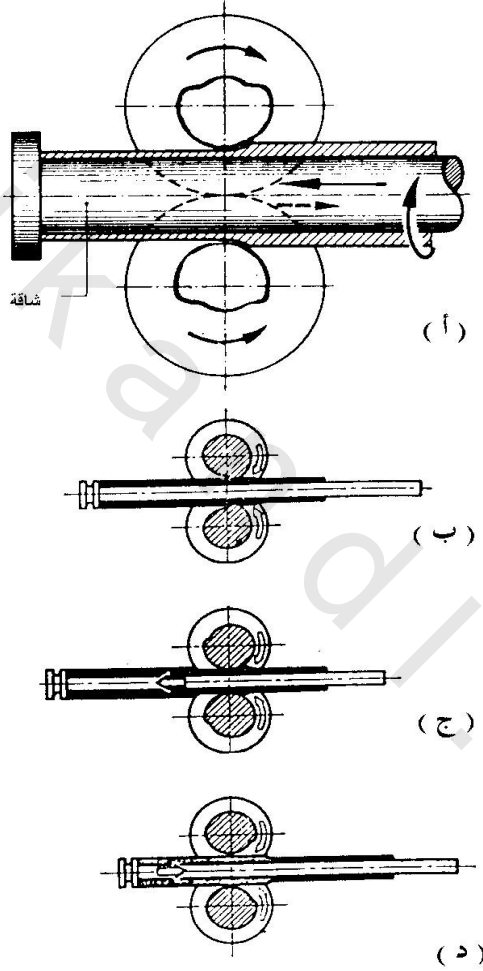
الدرفيلين يدوران في اتجاه واحد ، بحيث يتدرج العمود الأسطواني بينهما وينعصر ، كما يستخدم بجانب الدرفيلين المذكورين درفيلين آخرين كدليل لتدريج العمود الأسطواني بينهما ، يتسبب ميل محاور الدرافيل في الحصول على حركة تغذية أمامية للعمود بجانب الحركة الدورانية ، وعلاوة على ذلك تتولد فجوة في العمود بسبب الاختلاف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



شكل ٧ - ٧

درفلة المواسير

يمكن الحصول على المواسير بأقطار خارجية وداخلية أقل ، أي ذات سمك أقل من خلال درفلتها عدة مرات عن طريق درافيل تدار في اتجاهين متضادين ، أو عن طريق استخدام ثلاثة درافيل .. تسمى هذه الدرافيل بدرافيل بيلجر ، مع استخدام شاقعة بالقطر الداخلي المطلوب كما هو موضح بشكل ٧ - ٨ ، وبذلك يمكن الحصول على مواسير مدرفلة بدون لحام . تتميز هذه المواسير بتحملها للضغوط العالية.



شكل ٧ - ٨

إنتاج المواسير الغير ملحومة عن طريق درافيل بيلجر

- (أ) درفلة ٩٠° م عند كل شوط رجوع.
- (ب) عض جزء من طول الماسورة.
- (ج) درفلة الطول الذي نم عضه.
- (د) التمهيد لعض طول جديد.

تشكيل المواسير الملحومة : Welded Pipes Forming

يمكن تشكيل المواسير الملحومة من خلال استخدام أشرطة معدنية بعدة طرق ، وفيما يلي أكثر الطرق استخداما في إنتاج المواسير الملحومة.

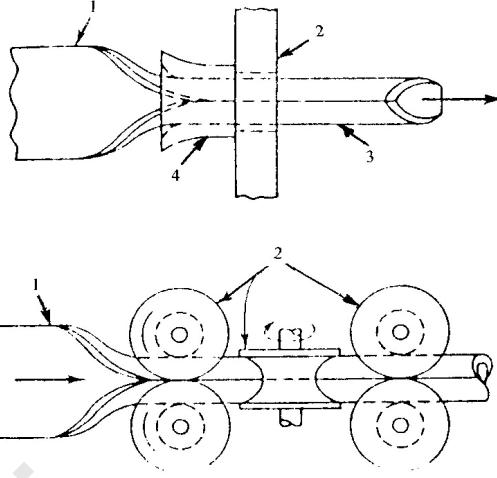
الطريقة الأولى : First Method

تشطف جوانب الألواح بزواوية قدرها ٧ درجات تقريبا ، وتسخن إلى درجة حرارة اللحام ، وتدفع الألواح إلى قالب (اسطوانة) كما هو موضح بشكل ٧ - ٩ ، ومن خلال شد الماسورة ، ولحام الجانبين المشطوفين تشكل الماسورة بالقياس المحدد المطلوب.

الطريقة الثانية : Second Method

تشطف جوانب الألواح بزواوية قدرها ٧ درجات تقريبا ، وتسخن إلى درجة اللحام ، وتدفع الألواح إلى الدرافيل التي تحتوي على ثلاثة تجاويف كما هو موضح بشكل ٧ - ٩ ، حيث يشكل الشكل الدائري للماسورة ثم يتم لحامها باللحام المستمر ، وبذلك يمكن الحصول على مواسير مشكلة ملحومة بالقياس المطلوب.

تتميز هذه المواسير بأنها أرخص ثمناً ، ولذلك فهي أكثر استعمالاً.



شكل ٧ - ٩

تشكيل المواسير الملحومة

(أ) تشكيل المواسير الملحومة بإسطمية على هيئة جرس.

١. الخامة الساخنة.

٢. اسطمية علي شكل جرس.

٣. الماسورة الملحومة.

٤. جرس اللحام.

(ب) تشكيل المواسير الملحومة بالدرفلة باللحام المستمر.

٥. الخامة الساخنة.

٦. درفيل.

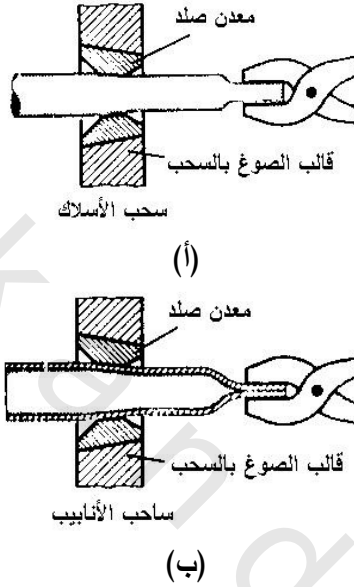
سحب المعادن

Metals Drawing

الغرض من عملية سحب المعادن هو اختصار للمقاطع المختلفة ، وذلك لتخفيض سمك المعدن وزيادة طوله من خلال جذبه من فتحة إسطمية قطرها الداخلي أصغر من قطر المعدن المراد سحبه شكل ٧ - ١٠ ، وعادة تتم عمليات السحب من خلال إسطمية واحدة ، أو عدة إسطميات تخفيض متدرجة.

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

المعادن التي تشكل بطريقة السحب هي الصلب ، والنحاس الأحمر وسبائكها ، والألومونيوم وسبائكها.



شكل ٧ - ١٠

عمليات سحب المعادن

(أ) سحب القضبان.

(ب) سحب المواسير.

تصنع إسطوانات السحب من مواد ذات صلادة عالية ، وتستخدم مواد للتزييت أثناء عمليات السحب ، لتخفيض الاحتكاك الناشئ بين المعدن أثناء سحبه ، وبالتالي تخفيض من القوة اللازمة للسحب ، ومن الطبيعي أن عمليات التزييت والتزليق تزيد من عمر الاسطمية ، كما تنعكس على جودة المشغولات المشكلة (المسحوية) من

خلال نعومة أسطحها.

معامل الاستطالة : Elongation Coefficient

يعرف معامل الاستطالة أثناء عمليات السحب من العلاقة التالية :-

$$\text{معامل الاستطالة} = \frac{\text{مساحة مقطع المعدن قبل السحب}}{\text{مساحة مقطع المعدن بعد السحب}}$$

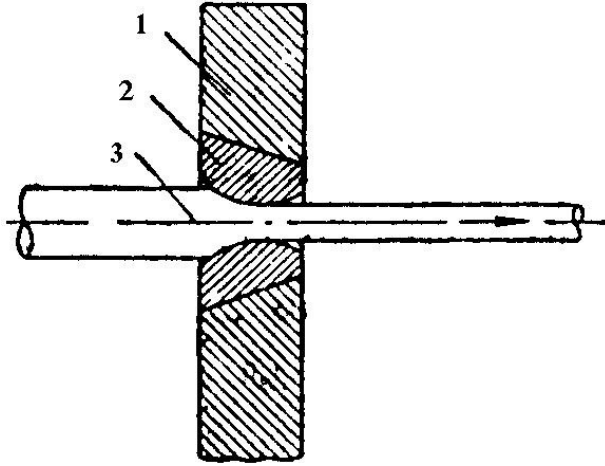
مميزات عمليات السحب : Metals Drawing Advantages

تتميز عمليات سحب المعادن بالآتي :-

١. دقة عالية في أبعاد المنتجات.
٢. نعومة الأسطح.
٣. يمكن الحصول على منتجات ذات أقطار وأبعاد صغيرة جداً.
٤. تحسين الخواص الميكانيكية للمنتجات.

سحب الأسلاك : Wires Drawing

تستخدم عمليات سحب الأسلاك في مجالات متعددة ، مما يعطي لهذه العملية أهمية خاصة . وتجرى عملية تخفيض أقطار الأسلاك من خلال شد السلك من داخل اسطمبة ذات فتحة بالقطر المطلوب للسلك كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل ٧ - ١١ ، وعادة تكون فوهة قالب السحب (الاسطمبة) ذات ثقب مستدق (مخروطي) ، وبذلك يخفض قطر السلك تدريجياً ، ويتم عملية تشكيل السلك في الجزء المخروطي بالاسطمبة.



شكل ٧ - ١١

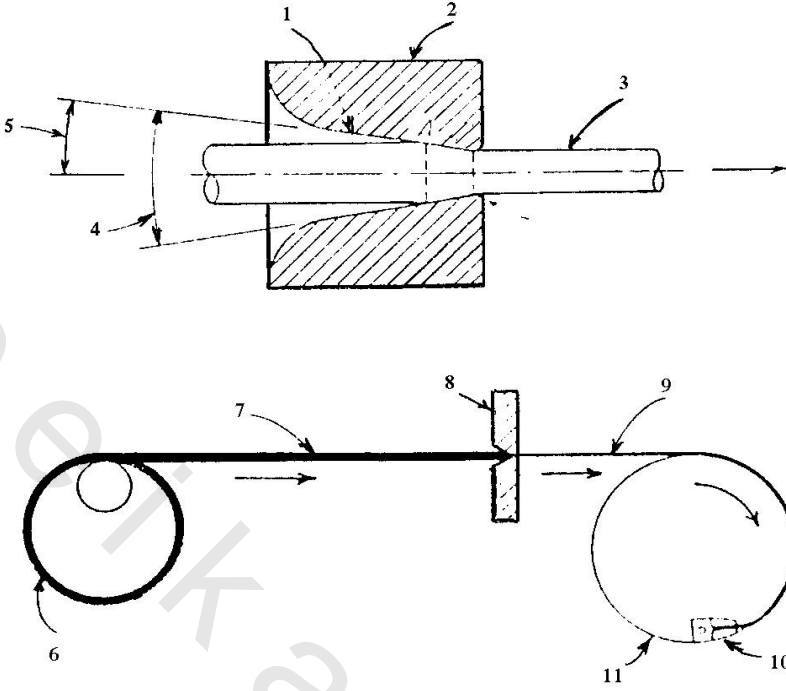
رسم تخطيطي لعملية سحب الأسلاك

١. لوحة السحب.

٢. اسطوانة السحب.

٣. السلك المراد تخفيض مقطعه.

تبدأ عملية سحب الأسلاك بأخذ طرف من السلك المطلوب تخفيض قطره ويدبب ويمرر من داخل ثقب الاسطوانة ، ويثبت باسطوانة السحب . ومن خلال دوران اسطوانة السحب الموضحة بشكل ٧ - ١٢ ، يتحرك السلك بداخل ثقب الاسطوانة لتتم عملية السحب بقطر السلك المطلوب.



شكل ٧ - ١٢

تجهيزات عملية سحب الأسلاك

١. فتحة مخروطية بالاسطمية لدخول السلك.

٢. إسطبة السحب.

٣. السلك بعد السحب.

٤. زاوية الاس.

٥. نصف زاوية الاسطمية.

٦. أسطوانة السلك بعد عملية السحب.

٧. السلك قبل السحب.

٨. اسطمية السحب.

٩. سمك السلك بعد السحب.

١٠. ماسك السلك لللفات الأولى.

١١. أسطوانة الإدارة.

يمكن بواسطة عملية سحب الأسلاك الحصول على أسلاك دقيقة ، حيث يصل تخفيض أقطار الأسلاك المسحوبة إلى ٠.٠٠٢ ملليمتر ، وذلك من أسلاك أقطارها تصل إلى ٨ ملليمتر.

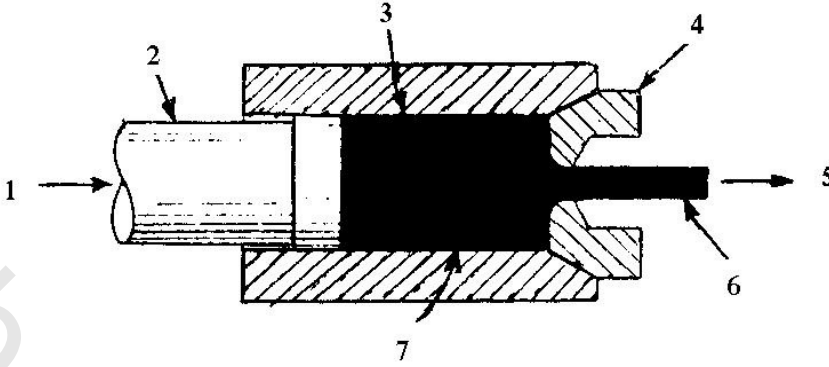
تصنع اسطمبة سحب الأسلاك من مواد ذات صلادة عالية ، وتستخدم مواد تزييت أثناء عمليات السحب ، وذلك لتخفيض من قوة الاحتكاك الناشئة بين السلك أثناء سحبه من الاسطمبة ، وتزيد من عمر قالب السحب ، كما يكسب السلك المسحوب سطحا ناعماً.

بثق المعادن

Metals Extrusion

عملية البثق هي إحدى عمليات التشكيل اللدن ، حيث يجبر المعدن الموجود داخل الاسطمبة على الخروج من خلال فتحة مشكلة ، تحدد شكل وأبعاد هذه الفتحة شكل مقطع المعدن المنتج كما هو موضح بشكل ٧ - ١٣ ، ويمكن تشبيه عملية البثق بأنبوبية معجون الأسنان عند الضغط عليها ، الذي يؤدي إلى خروج (بثق) المعجون منها . هذا يعني أنها عملية توجيه للمادة المراد بثقها من خلال الضغط عليها لينساب المعدن من فتحة معينة ، ويتخذ شكلاً معيناً محدداً.

تجرى عادة عملية بثق المعادن على الساخن ، أو على البارد ، حيث تستغل خاصية اللدونة.



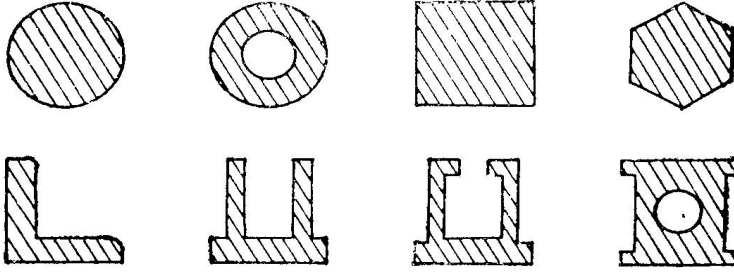
شكل ٧ - ١٣

عملية بثق المعادن

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

يكتسب المعدن المبتثق شكل ومقاس فتحة الاسطمية عند خروجه منها ، حيث يحتفظ بشكله كنتيجة للدونة التي يتمتع بها المعدن.

تستخدم عمليات البثق في إنتاج المواسير والقضبان ذات المقاطع المختلفة كما هو موضح بشكل ٧ - ١٤ ، وتتراوح أقطار الأعمدة المبتثوقة من ٥ إلى ٢٠٠ ملليمتر، وتصل أطوالها إلى ٢٠ متر.



شكل ٧ - ١٤

مقاطع الأعمدة المنتجة بالبثق

طرق البثق : Ways Of Extrusion

تنقسم طرق البثق إلى طريقتين أساسيتين كما هو موضح بشكل ٧ - ١٥ وهما

كالآتي :-

١. البثق المباشر.

٢. البثق الغير المباشر.

أولاً : البثق المباشر Direct Extrusion

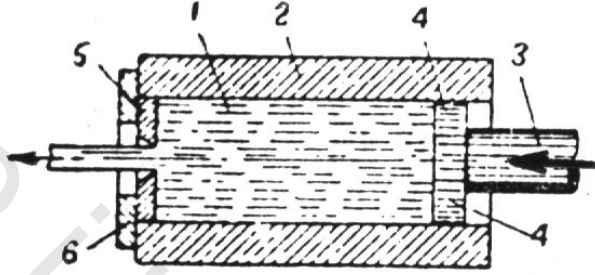
تسمى هذه الطريقة بطريقة البثق الأمامي ، حيث توضع كتلة المعدن المراد تشكيلها ، داخل وعاء الاسطمبة ، ويثبت في نهاية وعاء الاسطمبة فوهة ذات فتحة بالشكل والبعد المطلوب ، وعندما يضغط على المعدن من خلال ذراع المكبس ، يندفع المعدن من الفوهة المشكلة في نفس اتجاه حركة ذراع المكبس ، ويكون شكل مقطع المعدن المبتوق هو نفس شكل الفتحة المشكلة بالفوهة ، وتستمر عملية الكبس حتى يتم خروج المعدن كله.

ثانياً : البثق غير المباشر Indirect Extrusion

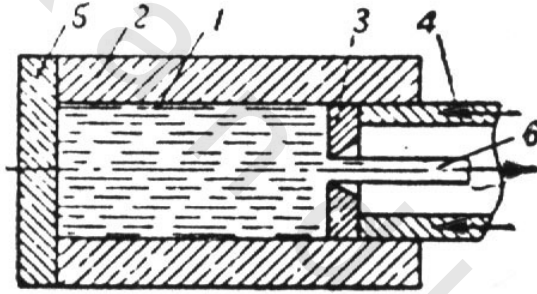
تسمى هذه الطريقة بطريقة البثق العكسية ، حيث توضع كتلة المعدن المراد تشكيلها داخل وعاء الاسطمبة ، وتجهز فتحة خروج المعدن في نهاية عمود المكبس ، لذلك يستخدم في هذه الحالة مكبس مجوف.

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

عند الضغط على المعدن من خلال ذراع المكبس ، يندفع المعدن المبثوق من فوهة المكبس المجوف في عكس اتجاه حركة ذراع المكبس ، ويكون مقطع المعدن المبثوق بنفس شكل وأبعاد فتحة التشكيل ، وتستمر عملية الكبس حتى يتم خروج المعدن كله.



(أ)



(ب)

شكل ٧ - ١٥

طرق البثق

(أ) البثق المباشر.

(ب) البثق الغير مباشر.

١. الخامة الساخنة.

٢. أسطوانة.

٣. ذراع المكبس.

٤. المكبس.
٥. الاسطمية.
٦. حلقة تثبيت الاسطمية.

عيوب عمليات البثق : Drawbacks Of Extrusion Operations

من أهم عيوب عملات البثق هو التآكل الشديد للأدوات العاملة ، والفاقد الذي قد يصل إلى ٤٥ % من المعدن المشكل . كما يستلزم لبثق المعادن على البارد ، ضغطا هائلا ، لذلك تعتبر معدات البثق لتشكيل المعادن على الساخن ، هي الأكثر انتشاراً.

سك المعادن

Metals Coining

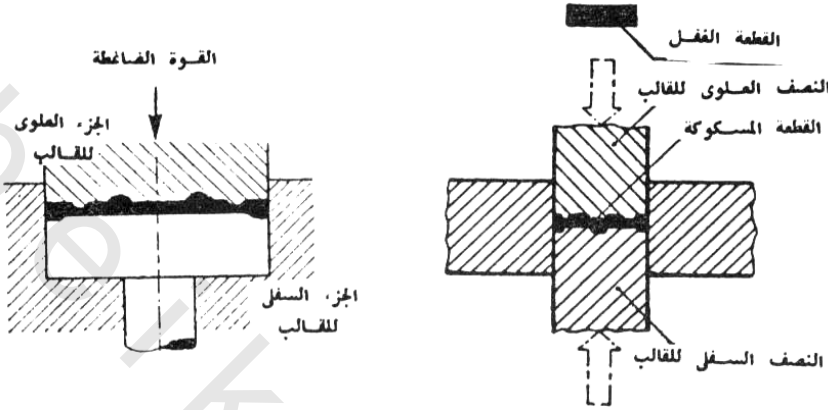
تجرى عملية السك Coining Operation الموضحة بشكل ٧ - ١٦ على الأجزاء المعدنية المسطحة من خلال تسليط ضغط بين سطحين مشكلين ، مع المحافظة على المادة المشكلة من الانسياب خارج حدود هذين السطحين ، وذلك باستعمال قوالب خاصة لهذا الغرض.

تصنع قوالب السك من الصلب المقاوم للانبعاج ، وتتكون عادة من جزأين أساسيين (قالب علوي وآخر سفلي) . تجهز أسطح القالبين العلوي والسفلي بأشكال مختلفة بالنقش ، حيث تشكل قوالب السك بتنوعات* وأحادي*.

تستخدم هذه العملية في سك قطع النقود المعدنية ، والشارات ، والأنواط ، واللوحات ، وبعض القطع الزخرفية وغيرها .

تحتاج عملية السك إلى مكابس لتسليط قوة كبيرة . يمكن تسليط قوة الضغط على الأجزاء المراد تشكيلها من الجهة العلوية فقط .. أي من جهة واحدة ، كما يمكن

تسليط الضغط من الجهة العلوية والسفلية معاً.. أي من الجهتين ، وذلك في حالات المعادن الصلدة أو ذات التخانات الكبيرة . وعادة تتم عملية السك في درجة الحرارة العادية .



شكل ٧ - ١٦

عملية السك

- * نتوءات : أي سطح غير مستوي ، حيث يوجد به أجزاء بارزة وأخرى منخفضة.
- * أخاديد : أضلاع بارزة تشبه الترترة .

تشكيل الألواح المعدنية

Sheet Metals Shaping

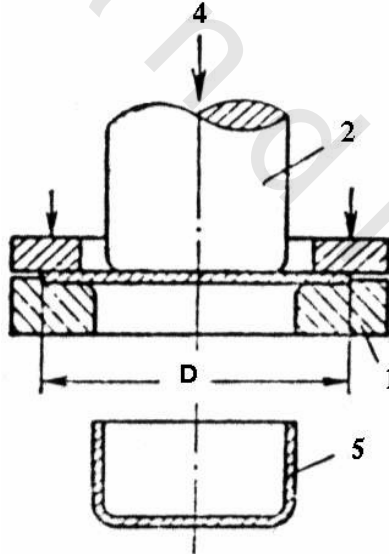
تشكل الألواح المعدنية بالضغط على البارد باستخدام قوالب التشكيل (الاسطمبات)، وتستعمل الألواح ، أو الأشرطة ، أو الخوص المعدنية بحيث يتناسب سمك المعدن المراد تشكيله مع قوالب التشكيل.

يجرى الكبس على إحدى المكابس ذات الحركة الميكانيكية أو الهيدروليكية ، ويمكن أن يكون الكبس بسيطاً ، أي على مرحلة واحدة ، أو كبس مركب ، أي على عدة مراحل.

تشكل الألواح المعدنية المصنوعة من الصلب الذي يحتوي على نسبة كربون منخفضة (الصلب الطري) ، والصلب الغير قابل للصدأ، وكذلك مختلف السبائك الغير حديدية.

للحصول على مشغولات مشكلة بالكبس كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل ١٧ - ٧ . تستخدم لذلك اسطمبة من جزئين ، الجزء السفلي هو أنثى الاسطمبة ١ ، والجزء العلوي هو ذكر الاسطمبة المكبس ٢ ، وتوضع الخامة ٣ ذات القطر D علي الجزء الأسفل للاسطمبة ١ ، وعن طريق المكبس ٢ ، تسحب الخامة بتأثير ذكر الاسطمبة ٢ ، وتتحول إلى الشكل المجوف ٥ المطلوب تشكيله.

يأخذ في الاعتبار الخلوص بين المكبس والاسطمبة لتجنب ثني المشغولة ، كما يجب أن يكون الجزء العامل بذكر المكبس (الجزء الأسفل) بشكل مستدير لتجنب حدوث قص للمشغولة ، ويمكن استعمال زيت لتخفيض الاحتكاك الناشئ بين الخامة والاسطمبة.



شكل ١٧ - ٧

تشكيل الألواح المعدنية بالكبس

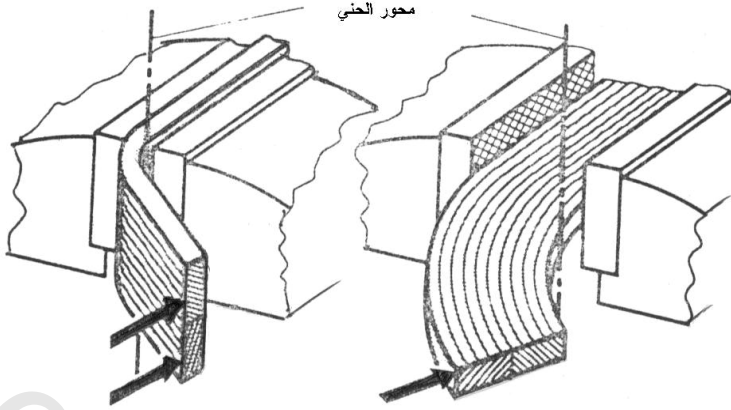
١. الجزء الأسفل للاسطمية.
٢. الجزء الأعلى للاسطمية.
٣. الخامة بالقطر D.
٤. المكبس.
٥. المنتج بعد عملية التشكيل.

التشكيل بالثني : BEND SHAPING

عملية الثني هي تغيير في شكل المادة المستوية إلى أشكال منحرفة بزوايا مختلفة عن طريق الضغط . يحدث ذلك في المواد ذات المقاطع الصغيرة أو المتوسطة ، ويمكن التشكيل بالثني على البارد أو على الساخن .

وشكل ٧ - ١٨ يوضح نماذج من المشغولات أثناء ثنيها . في هذه الحالة تسخن المشغولات في موضع ثنيها ، ويثبت أحد جانبي المشغولة في ملزمة ، ويترك على الطرف الآخر حتى تأخذ المشغولة الشكل المطلوب .

يلاحظ تعرض جزء من مقطع المشغولة أثناء عملية الثني إلى جهد شد ، حيث تنخفض مساحة مقطع الاستطالة تبعا لذلك . بينما يتعرض النصف الآخر للمقطع لجهد ضغط ، يترتب عليه زيادة مساحة المقطع ، لذلك يجب مراعاة هذه الانفعالات التي تحدث أثناء ثني المشغولات المختلفة .



شكل ٧ - ١٨

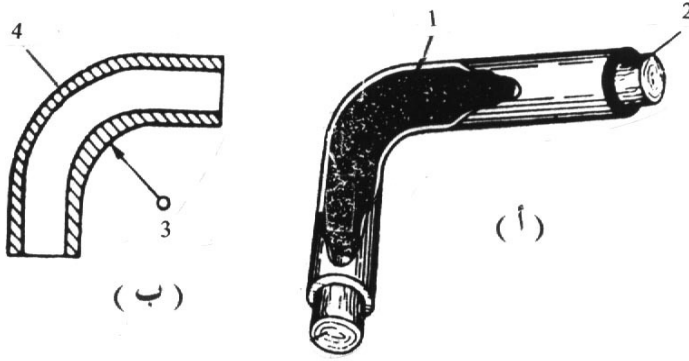
التشكيل بالثني

التشكيل بالحنى : Bend Shaping

تتشوه المواسير عند محاولة حنيها ، وتتعرض للتفطح عند نقطة الحني ، ولتجنب ذلك يجب ملئ المواسير المعدة لعملية الحني برمل ناعم جاف ، ثم تسد أطرافها بسدادات من الخشب كما هو موضح بشكل ٧ - ١٩ (أ).

وأثناء عملية حني الماسورة يزداد الحيز الداخلي نتيجة لتمدها ، مما يؤثر على وضع الرمل الموجود بداخلها ويجعله سائبا . لذلك يجب تكرار دفع السدادات إلى مسافة أعماق داخل الماسورة ، ويحدث بعض التغيرات للماسورة نتيجة لعملية الحني ، يترتب علب ذلك زيادة سمك الجدار الداخلي المنحني ، في حين ينخفض سمك الجدار الخارجي لنفس المنحنى كما هو موضح بشكل ٧ - ١٩ (ب).

وقد ينجم عن هذه التغيرات عيوب خطيرة نتيجة لاجهادات التي قد تتعرض لها الماسورة خلال فترة الاستعمال ، ويفضل لهذا السبب زيادة نصف قطر الانحناء ما أمكن ، وتحنى المواسير التي لا يتجاوز قطرها ٣ ملليمتر على البارد ، دون الحاجة إلى تسخينها.



شكل ٧ - ١٩

تشكيل ماسورة بالحنى بعد ملئها بالرمل

(أ) طريقة حنى المواسير بعد ملئها بالرمل.

(ب) التشوهات التي تحدث بالماسورة بعد عملية الحنى.

١. رمل يملأ تجويف الماسورة.

٢. سداة.

٣. زيادة سمك الجدار الداخلي للانحناء.

٤. فاض سمك الجدار الداخلي للانحناء.

تجهيزات حنى المواسير : Preparations Of Pipes Bending

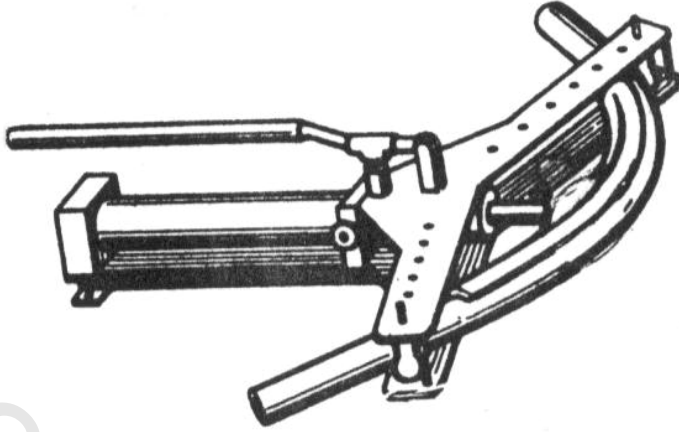
عند حنى المواسير المختلفة ، يفضل حنيها باستخدام التجهيزات الخاصة بذلك

وهي كما يلي :-

١. تجهيزة حنى المواسير :

تحتوي تجهيزة حنى المواسير الموضحة بشكل ٧ - ٢٠ على عدة قوالب

بمقاسات مختلفة لتناسب العديد من أقطار المواسير المراد حنيها.

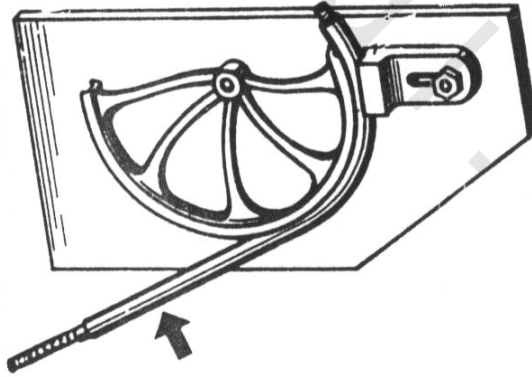


شكل ٧ - ٢٠

تجهيزة حني المواسير

٢. تجهيزة حني المواسير ذات النابض :

يستخدم نابض لولبي (ياي شد) بإدخاله بالماسورة ، بحيث يكون النابض (السوستة) المستخدمة ذات قطر أقل قليلا من القطر الداخلي للماسورة ، وتشكل الماسورة بحنيتها كما هو موضح بشكل ٧ - ٢١ ، وبعد الانتهاء من عملية التشكيل ، يسحب النابض اللولبي.



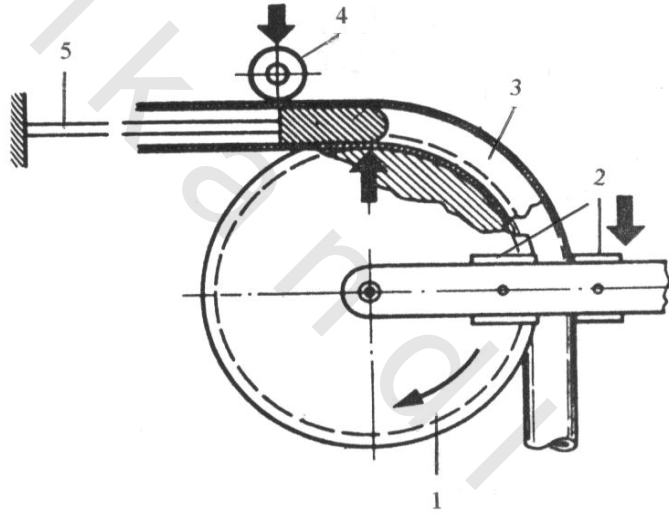
شكل ٧ - ٢١

تجهيزة حني المواسير ذات النابض

٣. تجهيز حني المواسير ذات الشاقة الدوارة :

تستخدم تجهيز حني المواسير ذات الشاقة الدوارة الموضحة بشكل ٧ - ٢٢ .
تحتوي على جزء خارجي منحنى ليتطابق مع الماسورة ، أما الجزء الداخلي فهو رولمان بلي.

يستعمل عمود معدني بطول مناسب بوضعه بداخل الماسورة ، بحيث يكون قطره أقل من القطر الداخلي للماسورة . الغرض من استخدام العمود هو المحافظة على عدم تشوه الماسورة ، كما يساعد طول العمود على عدم بذل طاقة كبيرة من الفني أثناء عملية الحني.



شكل ٧ - ٢٢

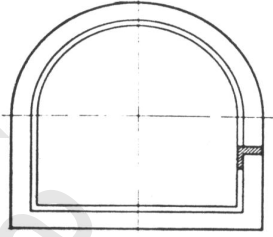
تجهيز حني المواسير ذات الشاقة الدوارة

١. بكرة كبيرة.
٢. جزئي الشاقة.
٣. الماسورة المطلوب حنيها.
٤. بكرة متحركة.
٥. عمود معدني مركب داخل الماسورة.

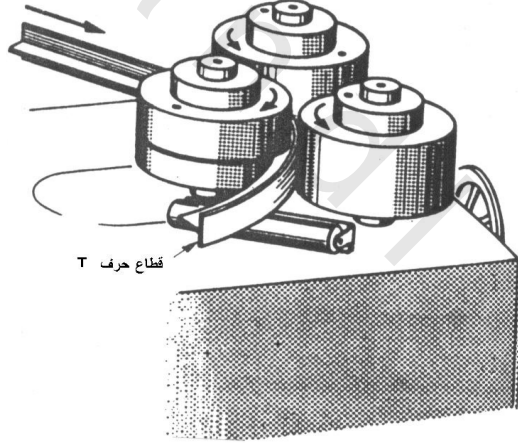
التشكيل بحني الأعمدة ذات القطاعات المختلفة :

عند تشكيل الأعمدة ذات القطاعات المختلفة والمعقدة والمراد حنيها مثل القطاعات التي على شكل حرف L أو حرف T وغيرها ، فإنه يجب تجهيز إطار كما هو موضح بشكل ٧ - ٢٣ (أ) ، يستعمل هذا الإطار في عملية التشكيل ، أو باستخدام تجهيزة حني القطاعات الموضحة بشكل ٧ - ٢٣ (ب).

تحتوي هذه التجهيزة على قوالب أسطوانية ذات أشكال مختلفة ، بحيث يتناسب شكل كل منها مع شكل مقطع الجزء المراد تشكيله.



(أ)



(ب)

شكل ٧ - ٢٣

التشكيل بحني الأعمدة ذات القطاعات المختلفة

(أ) تجهيز إطار لتشكيل الأعمدة ذات الأشكال المختلفة .

(ب) تجهيزة حني القطاعات ذات الأشكال المختلفة .

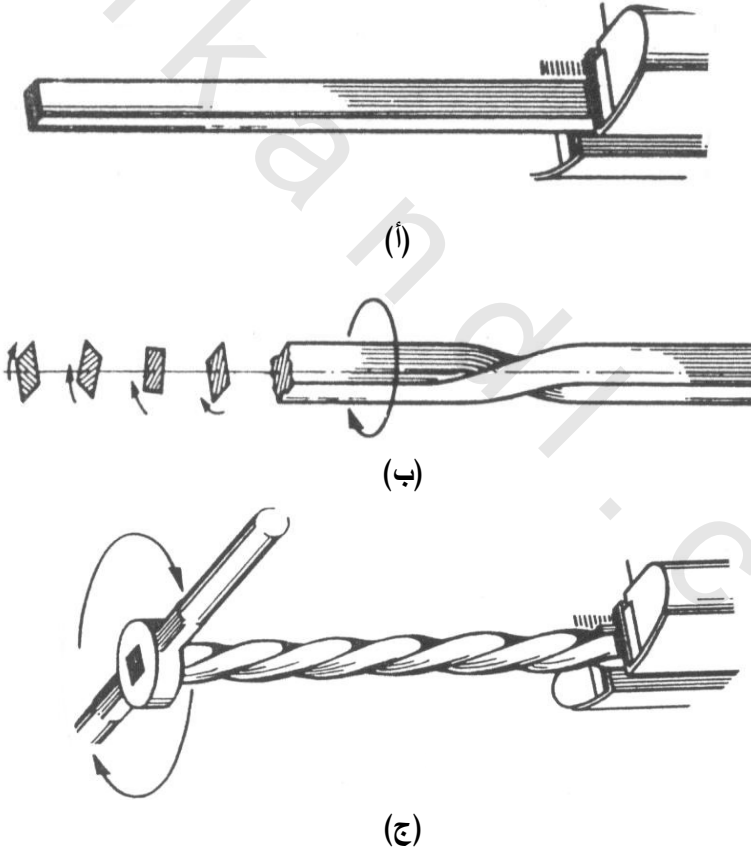
أساسيات تكنولوجيا التصنيع

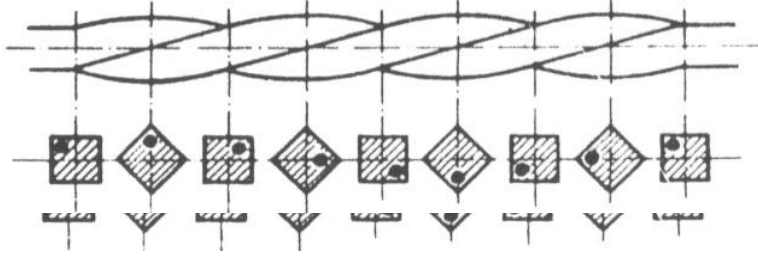
التشكيل باللي

Torsion Forming

يحتاج الأمر في كثير من الأحيان إلى تشكيل بعض الأعمدة المعدنية ذات المقطع المربع إلى شكل حلزوني.

يمكن أن يتم ذلك على البارد في حالة الأبعاد الصغيرة لمقاطع الأعمدة المراد تشكيلها ، حيث يثبت طرف العمود في ملزمة كما هو موضح بشكل ٧ - ٢٤ ، ويركب مقبض مناسب على العمود ، ويدار المقبض حول محوره عدة دورات ، حتى يتكون التشكيل الحلزوني بالشكل المطلوب.





(د)

شكل ٧ - ٢٤

تشكيل الأعمدة المربعة باللي

- (أ) العمود المربع قبل عملية اللي.
 (ب) حركة مقطع العمود أثناء التشكيل باللي.
 (ج) العمود في شكله النهائي بعد عملية التشكيل باللي.
 (د) حركة مقطع العمود بعد التشكيل النهائي.

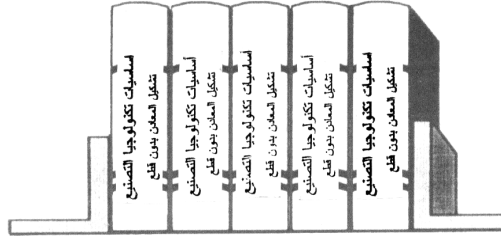
الخاتمة

أرجو أن يكون هذا الكتاب الذي بين يديك بعد وصوله إلى نهاية الباب السابع قد إكتمل ، في هذه المحاولة المتواضعة ، الغرض منها توصيل المعلومات الأساسية لعمليات تشكيل المعادن بدون قطع ، من خلال الشرح التفصيلي بمبدأ الصورة قبل الكلمة ، هذا بالإضافة إلى عرض المعادلات ذات العلاقة والتطبيق عليها بالأمثلة المحلولة.

أما الموضوعات التي لم تأخذ حقها من خلال الشرح التفصيلي في هذا الكتاب ، فقد يجد لها القارئ موضوعات كاملة في كتاب آخر أكثر تخصصاً.

أرجو أن يتقدم أحد الزملاء من أعضاء هيئات التدريس بكليات الهندسة أو بالمعاهد العليا الصناعية ، أو من لديه القدرة على الكتابة في أحد التخصصات الصناعية أو الهندسية ، بإصدار كتاب جديد يحمل إضافة أخرى ، لكي تكتمل المسيرة التعليمية على أكمل وجه ، وحتى تزدهر وتتألق المكتبة العربية.

والله موفق ، ،



المراجع

١. مدخل في هندسة الإنتاج .. تأليف الأستاذ / حسن حسين فهمي ، أ.د. جلال شوقي .. مكتبة الأنجلو المصرية .. القاهرة .. مصر.
٢. هندسة لحام المعادن .. تأليف أ.د. أحمد سالم الصباغ .. دار الشروق .. الطبعة الثانية .. القاهرة .. مصر.
٣. المدخل إلى هندسة الإنتاج .. تأليف أ.د. أحمد سالم الصباغ .. عالم الكتب .. القاهرة .. مصر .
٤. مقدمة في هندسة الإنتاج .. تأليف / أعضاء هيئة التدريس بقسم هندسة الإنتاج .. كلية الهندسة .. جامعة الإسكندرية .. دار المعارف .. الإسكندرية .. مصر .
٥. تكنولوجيا هندسة الإنتاج .. تأليف أ.د. محمد نصر الدين ديمير .. دار الراتب الجامعية .. بيروت .. لبنان.
٦. أشغال المعادن .. الأسس التكنولوجية .. تأليف / هاينزجراف .. ترجمة م.عبد المنعم عاكف .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
٧. تشكيل المعادن بدون قطع .. الأسس التكنولوجية .. تأليف / ف.بتراك .. ترجمة م.حسن محمود إسماعيل ، م.محمد عبد المجيد نصار .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.

٨. المعاجم التكنولوجية التخصصية .. (معجم المصطلحات التكنولوجية الأساسية) .. تصنيف د.م. حماد يوسف حماد ، د.م. محمود فوزي عبد العزيز ، م. محمد عبد المجيد نصار .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
٩. تكنولوجيا المعادن .. تأليف / مالميشيف. ج ، نيكولايف. ي ، شوفالوف .. دار مير للطباعة والنشر .. الاتحاد السوفيتي .. موسكو.
١٠. مبادئ الهندسة الحرارية والهيدروليكا .. تأليف / أ.تشيرنوف ، نزييسريبر بنيكوف ، ف.سيليتسكى .. دار مير للطباعة والنشر .. موسكو.
١١. علوم صناعية .. ميكانيك .. تأليف السيدة / فوزية كاظم حسين وآخرين .. مؤسسة التعليم المهني .. الجمهورية العراقية.
١٢. أساسيات لحام المعادن .. منشورات الثانوية الفنية .. طرابلس .. ليبيا.

الموضوع	الصفحة
إهداء	٥
مقدمة	٧

الباب الأول

استخلاص وإنتاج المعادن

الفصل الأول

خامات التصنيع

تمهيد	١١
المواد الهندسية	١٢
إختيار المواد الهندسية	١٤
خواص المعادن	١٦
الخواص الفيزيائية	١٧
الخواص الكيميائية	١٧
الخواص الفنية (التكنولوجية)	١٨
تعريف خواص المعادن	١٩
اللمعان	١٩
اللون	١٩
الوزن النوعي	١٩
جدول الوزن النوعي للمعادن الشائعة الاستعمال	٢٠
المتانة	٢٠
الصلادة	٢٠
المرونة	٢٢
قوة التماسك	٢٣

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

٢٤	.....	معايير المرونة
٢٥	.....	الدونة
٢٥	.....	الهشاشة
٢٥	.....	المطيلية
٢٦	.....	الليونة
٢٦	.....	القصفة
٢٦	.....	الصلابة
٢٦	.....	الرجوعية
٢٦	.....	المتانة
٢٦	.....	قابلية السحب
٢٧	.....	قابلية الطرق
٢٧	.....	جدول قابلية السحب والطرق لبعض المعادن الشائعة الإستعمال
٢٨	.....	قابلية التشكيل بالضغط والسلك
٢٨	.....	قابلية الشد
٢٨	.....	قابلية اللحام
٢٨	.....	قابلية الصهر
٢٩	.....	جدول درجات غليان بعض المعادن
٣٠	.....	قابلية التبخر
٣٠	.....	مقاومة الصدم
٣١	.....	مقاومة الثني والالتواء
٣١	.....	توصيل المعادن للحرارة
٣١	.....	توصيل المعادن للكهرباء
٣٢	.....	جدول قابلية بعض المعادن للتوصيل بالحرارة والكهرباء
٣٢	.....	مقاومة العوامل الجوية

الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها لقوى إستاتيكية أو ديناميكية	٣٢
التحميل	٣٣
الإجهادات	٣٤
التشكيل والإنفعال	٣٦
تأثر المعادن بالعوامل الكيميائية	٣٦
جدول أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة	٤٠

الفصل الثاني

إستخلاص وإنتاج المعادن

تمهيد	٤١
استخلاص الحديد الغفل	٤٢
تجهيز غفل الحديد	٤٢
إنتاج الحديد الخام	٤٤
إنتاج المعادن الحديدية	٤٤
الفرن العالي	٦٤
منشأة الفرن العالي	٥٠
شحنة الفرن العالي	٥٢
العمليات التي تتم داخل الفرن العالي	٥٣
منتجات الفرن العالي	٥٤
إنتاج حديد الزهر	٥٥
فرن الدست	٥٥
تشغيل فرن الدست	٥٨
مميزات فرن الدست	٥٩
مميزات حديد الزهر المنتج من فرن الدست	٥٩
إنتاج الحديد المطاوع	٦٠

- ٦٠ خواص الحديد المطاوع
- ٦١ فرن التقليل
- ٦٢ استعمالات الحديد المطاوع
- ٦٢ إنتاج الصلب
- ٦٣ طرق إنتاج الصلب
- ٦٣ محول بسمر
- ٦٤ التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي)
- ٦٥ عملية التحويل
- ٦٦ محول توماس
- ٦٦ التحويل باستخدام محول توماس (التحويل القاعدي)
- ٦٧ منتجات محولات بسمر وتوماس
- ٦٧ فرن سيمنز مارتن
- ٦٧ منتجات فرن سيمنز مارتن
- ٦٩ الأفران الكهربائية
- ٧٠ أنواع الأفران الكهربائية
- ٧٠ فرن القوس الكهربائي
- ٧٢ منتجات أفران القوس الكهربائي
- ٧٢ فرن الحث الكهربائي
- ٧٣ منتجات أفران الحث الكهربائي
- ٧٣ استخدامات الصلب
- ٧٤ جدول مجالات استخدام الصلب الكربوني
- ٧٥ إنتاج المعادن الغير حديدية وسبائكها
- ٧٥ إنتاج النحاس
- ٧٦ الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس

٨١	الطريقة الرطبة لاستخلاص النحاس
٨٢	إنتاج الألومنيوم
٨٣	خواص الألومنيوم
٨٣	استعمال الألومنيوم وسبائكه
٨٤	إنتاج القصدير
٨٤	خواص القصدير
٨٤	استعمال الألومنيوم
٨٥	إنتاج الزنك
٨٥	خواص الزنك
٨٦	استعمال الألومنيوم
٨٦	إنتاج الرصاص
٨٦	خواص الألومنيوم
٨٧	استعمال الألومنيوم

الباب الثاني سبابة المعادن

٩١	تمهيد
٩٢	نبذة تاريخية
٩٢	تاريخ وتطور سبابة المعادن
٩٣	تعريف السبابة
٩٣	الأدوات والمعدات المستخدمة في سبابة الرمال
١٠١	رمل المسبك
١٠١	مواصفات رمل المسبك
١٠٤	المصطلحات المستخدمة في تسمية رمل المسبك

- ١٠٤ مكونات رمل المسبك
- ١٠٥ تحضير خليط الرمل الطازج
- ١٠٦ تحضير الرمل المستعمل (المحروق)
- ١٠٧ رمل الدليك
- ١٠٧ المواد المستخدمة في صناعة الدلايك
- ١٠٩ إختيار رمل الدليك
- ١٠٩ صناعة الدلايك
- ١٠٩ تجهيز الدلايك يدويا
- ١١٢ تجهيز الدلايك باستعمال فورمة
- ١١٣ تجهيز الدلايك آليا
- ١١٤ أساليب السباكة
- ١١٤ قوالب السباكة
- ١١٥ أنواع قوالب السباكة
- ١١٥ السباكة في القوالب الرملية
- ١١٦ خطوات السباكة الرملية
- ١١٧ تشكيل وتجهيز النموذج
- ١١٨ الشروط الواجب توافرها عند تصنيع النماذج
- ١١٨ سماح الإنكماش
- ١٢٠ سماح التشغيل
- ١٢٠ سماح السحب
- ١٢٠ دوران الأركان
- ١٢١ ركائز الدليك
- ١٢١ سطح الإتصال
- ١٢١ خواص النموذج

١٢١	تجهيز القالب الرملي
١٢٥	تجهيز الدليك
١٢٨	صهر المعادن
١٢٨	صب المعدن المنصهر في القالب
١٢٨	نزع القطعة المسبوكة وتنظيفها
١٣٠	فحص المسبوكات
١٣١	طرق تجهيز القوالب الرملية (ختم النماذج)
١٣٢	الختم في الريزق
١٣٢	الختم في الأرض
١٣٣	الختم بالفورمة
١٣٦	الختم بالماكينات
١٣٧	مميزات الختم بالماكينات
١٣٨	نظام الصب
١٤١	السباكة في القوالب المعدنية
١٤٤	مميزات السباكة في القوالب المعدنية
١٤٤	عيوب السباكة في القوالب المعدنية
١٤٥	السباكة بالطرد المركزي
١٤٦	مميزات السباكة بالطرد المركزي
١٤٧	السباكة بالشمع الضائع
١٤٨	أفران الصهر
١٤٨	مميزات التشكيل بالسباكة
١٤٩	عيوب المسبوكات (أسبابها - طرق تلافيها)
١٥١	تمرينات على عمليات السباكة في القوالب الرملية
١٦٩	قواعد وإرشادات السلامة في عمليات سباكة المعادن

- الأدوات والأجهزة الوقائية ١٦٩
- القواعد العامة لارشادات السلامة بورش السباكة ١٧١

الباب الثالث

الحدادة اليدوية

- تمهيد ١٧٥
- تشكيل المعادن بالحدادة ١٧٦
- أهمية عمليات الحدادة ١٧٧
- مميزات تشكيل المعادن بالحدادة ١٧٨
- أساليب الحدادة ١٧٩
- الحدادة اليدوية ١٨٠
- المواد المعدنية القابلة للتشكيل بالحدادة ١٨٠
- الشروط الواجب توافرها في المعادن القابلة للطرق ١٨١
- تجهيزات وإجراءات عمليات الحدادة ١٨١
- أنواع الفحم المستخدم في أفران الحدادة ١٨٨
- معدات وعدد الحدادة اليدوية ١٨٩
- فرن الحدادة (الكور) ١٨٩
- فرن الحدادة المتحرك ١٩٤
- السندان ١٩٥
- أنواع السندان ١٩٦
- زهرة التشكيل ١٩٨
- المطارق ٢٠٠
- قوالب التشكيل والقطع ٢٠١
- المقاطع ٢٠٦

٢٠٧	الملاقط
٢١٠	العمليات الأساسية للحدادة اليدوية
٢١٣	التسوية
٢١٦	العيوب التي قد تحدث في بعض عمليات السحب والكبس
٢١٨	النثي
٢٢٠	الثقب
٢٢٢	القطع
٢٢٣	اللحام
٢٢٧	تمرينات على عمليات تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية

الباب الرابع

الحدادة بالماكينات

٢٤٣	تمهيد
٢٤٤	نبذة تاريخية
٢٤٤	المطرقة ذات العجلة المسننة
٢٤٥	عيوب المطرقة ذات العجلة المسننة
٢٤٦	تطور المطارق
٢٤٧	مطرقة أوليفر
٢٤٩	تطور صناعة الحدادة
٢٥٠	الحدادة بالمكابس والمطارق الآلية
٢٥١	المطارق الآلية
٢٥٢	أساس عمل المطرقة الساقطة
٢٥٣	الحدادة بالمطارق الساقطة
٢٥٤	المطرقة الساقطة

٢٥٥	المطرقة الساقطة ذات اللوح
٢٥٦	مميزات منتجات المطارق الساقطة
٢٥٦	المطرقة ذات النابض
٢٥٨	مميزات المطرقة ذات النابض
٢٥٨	عيوب المطرقة ذات النابض
٢٥٨	المطرقة الهوائية
٢٦٢	المطرقة البخارية
٢٦٥	مميزات المطرقة البخارية
٢٦٦	حساب طاقة الطرق لمطرقة بخارية
٢٦٧	مطارق الضربة المضادة
٢٦٩	المكابس
٢٧٠	مميزات المكابس
٢٧٠	أنواع المكابس
٢٧٠	المكابس الميكانيكية
٢٧٠	المكابس الهيدروليكية
٢٧١	مكابس الأعمدة المقلوطة
٢٧٢	مميزات مكابس الأعمدة المقلوطة
٢٧٣	المكابس المرفقية
٢٧٥	مميزات المكابس المرفقية
٢٧٦	المكابس الهيدروليكية
٢٧٦	قوة ضغط المكابس الهيدروليكية
٢٧٧	مكابس الحدادة الهيدروليكية
٢٨١	مميزات المكابس الهيدروليكية
٢٨١	عيوب المكابس الهيدروليكية

٢٨١	خواص الزيوت الهيدروليكية
٢٨٢	إرشادات عند العمل على ماكينات الحدادة
٢٨٣	قوالب التشكيل (الاسطوانات)
٢٨٥	الوضع الصحيح للخامة الساخنة في قالب التشكيل
٢٨٦	طرق نزع القطع المشكلة من القوالب
٢٨٨	تشكيل المعادن في القوالب المفتوحة والمغلقة
٢٨٨	التشكيل في القوالب المغلقة
٢٩٠	مميزات التشكيل في القوالب المغلقة
٢٩١	التشكيل في القوالب المفتوحة
٢٩٢	مثال على الحدادة في القوالب المفتوحة
٢٩٥	حياة قالب التشكيل
٢٩٥	تصنيع قوالب التشكيل
٢٩٦	مميزات تشكيل المعادن بالقوالب
296	القواعد الأساسية لتصميم قوالب التشكيل
٢٩٩	التشكيل بحدادة الضغط
٣٠٠	العيوب الشائعة في المطروقات
٣٠١	معالجة المطروقات
٣٠١	العيوب التي تحدث في الصلب المطروق بسبب التسخين الخاطئ
٣٠٢	فحص واختبار المطروقات
٣٠٤	اقتصاديات صناعة المطروقات
٣٠٧	المعاملات الحرارية

الباب الخامس

أساسيات تكنولوجيا التصنيع

تشكيل المعادن بالوصل

٣١٣	تمهيد
٣١٤	التشكيل بالوصل
٣١٥	الوصل المؤقت
٣١٥	الوصل بالمسامير الملولبة والصواميل
٣١٦	المسامير
٣١٧	الصواميل
٣١٧	الوصلات الملولبة
٣٢٠	الوصل بالتيل
٣٢٠	أنواع التيل
٣٢٤	الوصل بالخوابير
٣٢٤	أنواع الخوابير
٣٢٩	الوصل بالأعمدة المخددة
٣٣٠	الوصل شبه المؤقت .. (الغير دائم)
٣٣٠	الوصل بمسامير البرشام
٣٣٠	أنواع مسامير البرشام
٣٣٣	الوصلات الانضغاطية
٣٣٤	طرق الوصل بالضغط
٣٣٦	الوصل الدائم
٣٣٦	الشروط الواجب توافرها في عمليات اللحام
٣٣٨	اللحام بالسبائك الغير حديدية
٣٣٩	اللحام بالقصدير (اللحام الرخو)
٣٤٠	طرق اللحام بالقصدير
٣٤١	الشروط الواجب توافرها للحصول على لحام رخو مثالي

أدوات لحام القصدير	٣٤٢
اللحام بالمونة (اللحام الصلب)	٣٤٦
سبائك اللحام الصلدة	٣٤٨
مساعداات اللحام	٣٤٩
مميزات اللحام الصلب	٣٥٠

الباب السادس

اللحام

تمهيد	٣٥٣
اللحام	٣٥٤
تعريف اللحام	٣٥٤
تصنيف عمليات اللحام	٣٥٥
اللحام بالصهر	٣٥٥
اللحام بالضغط والحرارة	٣٥٦
اللحام بغازات الاحتراق	٣٥٧
لمحة تاريخية عن الاستيلين	٣٥٨
اللحام بغاز الاكسي استيلين	٣٥٨
تجهيز غاز الاستيلين	٣٦٠
أسباب استخدام غاز الاكسي استيلين في اللحام	٣٦١
شبكات الغاز المركزية	٣٦٢
مميزات شبكات الغاز المركزية	٣٦٣
الأدوات والمعدات المستخدمة في لحام الاكسي استيلين	٣٦٤
أسطوانات الأكسوجين	٣٦٥
أسطوانات الاستيلين	٣٦٦
صمامات الأمان	٣٦٨

٣٦٩	مشعل اللحام
٣٧١	المشعل الحاقن
٣٧١	نظرية عمل المشعل الحاقن
٣٧٢	مشعل الضغط المتعادل
٣٧٣	نظرية عمل مشعل الضغط المتعادل
٣٧٤	الشروط الواجب توافرها في مشعل اللحام
٣٧٤	أسلاك اللحام
٣٧٥	مساعداات اللحام
٣٧٥	منظمات الضغط
٣٧٧	خراطيم توصيل الغاز والأكسوجين
٣٧٨	منظفات رؤوس اللحام
٣٧٩	ولاعة إحتكاكية
٣٨٠	مفاتيح الربط
٣٨١	وصلات اللحام
٣٨٣	تكنولوجيا اللحام الغازي
383	اللحام التقدمي
٣٨٤	مميزات اللحام التقدمي
٣٨٥	اللحام التقهقري
٣٨٥	مميزات اللحام التقهقري
٣٨٦	الشروط الواجب توافرها في عمليات اللحام
٣٨٧	لهب الاكسي استيلين
٣٨٧	أنواع لهب الاكسي استيلين
٣٨٨	ضبط لهب الأكسي إستيلين
390	قابلية المعادن الحديدية للحام

قابلية المعادن غير الحديدية للحام	٣٩١
مميزات اللحام بالأكسي استيلين	٣٩١
عيوب اللحام بالأكسي استيلين	٣٩١
القطع بلهب الأكسي استيلين	٣٩٢
تعريف القطع بلهب الأكسي استيلين	٣٩٢
نظرية القطع	٣٩٢
شروط القطع باللهب	٣٩٤
مشعل القطع	٣٩٥
أنواع مشاعل القطع	٣٩٦
عمليات قطع المعادن باللهب	٣٩٨
تأثير التوجيه الصحيح والسرعة في القطع	٤٠٠
عمليات اللحام والقطع أسفل سطح الماء	٤٠١
العوامل التي تؤدي إلى نجاح عمليات اللحام والقطع بالماء	٤٠٢
إجراءات الأمان والسلامة في عمليات اللحام والقطع باللهب	٤٠٣
تخزين الأسطوانات	٤٠٤
تداول الأسطوانات	٤٠٤
العمل في أماكن مغلقة	٤٠٥
اللحام بالقوس الكهربائي	٤٠٥
مبدأ عمل القوس الكهربائي	٤٠٥
أنواع اللحام بالقوس الكهربائي	٤٠٦
استخدام التيار المستمر	٤٠٦
استخدام التيار المتغير	٤٠٩
مميزات ماكينات لحام التيار المتغير	٤١١
أسلاك اللحام (الالكترودات)	412

٤١٣	الأدوات والمعدات المستخدمة في لحام القوس الكهربائي
٤١٦	لحام الترميت
٤١٧	اللحام بالضغط والحرارة
٤١٨	اللحام بالحدادة
٤١٨	لحام المقاومة الكهربائية
٤١٩	لحام النقطة
٤٢٠	أقطاب ماكينة لحام النقطة
٤٢١	دورة لحام النقطة
٤٢٢	لحام الخط
٤٢٤	الوقاية من مخاطر اللحام بالكهرباء
٤٢٤	الوقاية من الحرائق

الباب السابع

تشكيل المعادن بالضغط

429	تمهيد
٤٣٠	تشكيل المعادن
٤٣٠	عمليات تشكيل المعادن
٤٣١	التشكيل على البارد
٤٣١	مميزات التشكيل على البارد
432	التشكيل على الساخن
٤٣٢	مميزات التشكيل على الساخن
٤٣٢	درفلة المعادن
٤٣٣	عمليات الدرفلة
٤٣٤	درفلة المعادن على الساخن
٤٣٤	درفلة المعادن على البارد

٤٣٤	ماكينات الدرفلة
٤٣٨	درفلة القطاعات المختلفة
٤٤١	درفلة المواسير
٤٤٣	تشكيل المواسير الملحومة
٤٤٤	سحب المعادن
٤٤٦	مميزات عملية السحب
٤٤٦	سحب الأسلاك
٤٤٩	بثق المعادن
٤٥١	طرق البثق
453	عيوب عمليات البثق
٤٥٣	سك المعادن
٤٥٤	تشكيل الألواح المعدنية
456	التشكيل بالثني
٤٥٧	التشكيل بالحنى
٤٥٨	تجهيزات حنى المواسير
٤٦١	التشكيل بحنى الأعمدة ذات القطاعات المختلفة
٤٦٢	التشكيل باللي
٤٦٥	الخاتمة
٤٦٧	المراجع