

سباكة المعادن

سبابة المعادن

تأليف

د. أحمد زكي حلمي

الكتاب : شبكة المعادن

المؤلف : د. أحمد زكى حلمي

المقاس : 17 X 24

الطبعة : الأولى

عدد الصفحات : 254 صفحة

الناشر : دارالمراجع العلمية

رقم الإيداع : 26565

الترقيم الدولي : 978-977-6571-06-8

© حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة لدار المراجع العلمية 2020

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

إهداء

إلى أخي / ممدوح زكي أحمد
وإلى أبنائه أجبائي
مروّة . صفا . أحمد
أهدي هذا الكتاب ..

مُقَدِّمَةٌ

السبك أو الصب يسمى بالإنجليزية Casting وهي عملية تشكيل معدن عن طريق صهره ، ثم صبه سائلاً في قالب به فجوات ذات شكل وأبعاد ، فيكتسب المعدن المنتج «المسبوك» شكلها ومقاساتها عندما يتصلب . يمكن اعتبار المصبوب منتجاً نهائياً أو اعتباره منتجاً نصف مصنع، حيث تجرى عليه عمليات التشطيب باستخدام آلات التشغيل بالقطع التي تنظفه وتزيل الزوائد الموجودة به.

تجرى عمليات السباكة في تصنيع قطع معدنية ذات أشكال معقدة، يصعب معها اقتصادياً تصنيعها بطرق أخرى . تستخدم في السباكة معادن سائلة أو مواد متنوعة يمزج مكوناتها وعندما يبرد ويتجمد الجزء المسبوك يتصلب مثل الخرسانة.

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 4000 سنة 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 تدريجياً، حتى وصلت إلى ما هي عليه الآن ، ولقد صقل العلم أسرار تلك الصناعة ووضع لها قواعد وأصول عامة.

يمكن تعريف عملية سباكة المعادن بأنها عملية تشكيل للحصول على منتج من خلال صب المعدن المنصهر في قالب رملي أو معدني، يحتوي على فراغ بشكل المسبوك (المنتج) المطلوب، ويرفع المسبوك من القالب الرملي بمجرد برودة المعدن وتجمده ، أما إذا كان القالب من النوع المعدني (المستديم) فإنه يمكن إخراج

المسبوك بمجرد فصل جزئي القالب عن بعضهما البعض بعد تمام التجمد.

يتناول هذا الكتاب الشرح التفصيلي لعمليات سباكة المعادن والأدوات والمعدات المختلفة المستخدمة ، ويتعرض إلى السباكة التقليدية .. السباكة في القوالب الرملية – السباكة في القوالب المستهلكة والقوالب الدائمة – السباكة بالطرق والأساليب الخاصة مثل .. السباكة في القوالب المعدنية – السباكة في القوالب القشرية – السباكة بالضغط – السباكة بالطرد المركزي – السباكة بالشمع الضائع وغيرها من أساليب السباكة الحديثة.

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

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

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

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

والله ولى التوفيق ،،

المؤلف

2019 / 11 / 1

الباب الأول

المواد الهندسية

مُهَيِّد

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 إنعكاس 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 المواد الهندسية كما هو موضح بشكل 1 - 1 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 1539 °م ، كثافته 7.78 جم/سم³.

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

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

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

معادن طرية Soft Metals مثل الرصاص Lead والقصدير Tin .

ثانيا : مواد غير معدنية Building materials

○ جميع المواد غير المعدنية المستخدمة في الصناعة بخلاف المواد الحديدية ، والمواد غير الحديدية ، تم تجميعها في مجموعات .. ويمكن تقسيمها إلى الآتي :-

مواد طبيعية Natural وتنقسم إلى الآتي :-

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

مواد إصطناعية Synthetic وتنقسم إلى الآتي :-

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

ثالثا : المواد المركبة Composite Materials

تنقسم المواد المركبة إلى الآتي :-

مواد مقواه بالحبيبات Particle – Reinforced materials.

مواد مقواه بالألياف Fiber– Reinforced materials.

رابعا : المواد المساعدة للتصنيع Auxiliary materials

تنقسم المواد المساعدة إلى الآتي :-

مواد اللحام واللصق Soldering and Adhesion materials

مواد التنظيف Cleaning materials

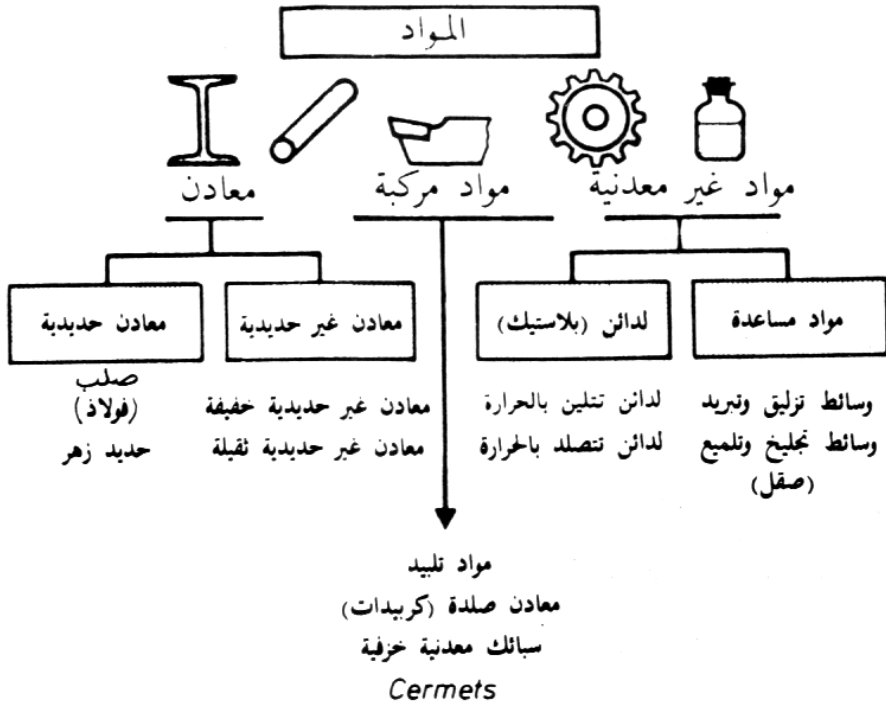
مواد حاكاة للتجليخ والتلميع Grinding and Polishing materials

مواد عازلة Insulators materials.

خامسا : مواد أخرى

مواد أخرى الغرض منها الطاقة مثل المياه والوقود والمفرقات ومواد

الطاقة النووية.



شكل 1 - 1

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 :-

1. أنواع المواد التي يمكن الحصول عليها وخواصها.
2. الإستعمال المطلوب.
3. طرق وأساليب التصنيع الممكنة لتلك المواد ، أى ملائمة خصائص المواد لأساليب التصنيع المختلفة ومدى تأثرها بتلك الأساليب.
4. التوفير النسبي في المواد ، مع الأخذ في الإعتبار 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 1 - 1 يوضح أمثلة لبعض المنتجات والخواص المطلوبة لكل منها.

جدول 1 - 1

أمثلة لبعض المنتجات والخواص المطلوبة

المنتج المطلوب	الخاصية
سلاسل	مقاومة للكسر
قضيب محور دوار	مقاوم لتآكل والبرى
نابض (ياي)	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 1 - 2 إلى الآتي :-

جدول 1 - 2

خواص المواد الهندسية

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

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 كالآتي :-

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

تعريف خواص المعادن:

لكل مادة خصائص ومميزات تحدد شخصيتها ومجال استخدامها ، كما إنها تلعب دوراً هاماً في اختيار أساليب التشغيل المناسبة لها ، ويمكن توصيف المادة

بمدي مقاومتها ومطاوعتها للقوى الواقعة عليها وبالتغيرات في المقاومة والانفعالات والاجهادات المؤثرة عليها أثناء التشغيل أو التشكيل ، ومن ثم فإن خواص مواد التصنيع المختلفة تحدد من خلال سلوك هذه المواد ، وتبعاً لذلك توجد مواد قابلة لعمليات التصنيع كالصب - الطرق - الدرفلة - اللحام - التشغيل بالقطع وغيرها من العمليات ، كما أنها تستخدم كأساس للمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة ، وعلى سبيل المثال فإن المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق عمليات السباكة مثل حديدي الزهر - الرصاص - سبائك النحاس - سبائك الألومنيوم ، والمواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ، الدرفلة، الثني ، مثل الصلب - النحاس - سبائك الألومنيوم ، والمواد القابلة للحام يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحام بالضغط مثل الصلب والمعادن غير الحديدية ، أما المواد القابلة للتشغيل بالقطع فيتم تشغيلها على آلات القطع المختلفة .. وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض .. فيما يلي عرض لأهم خواص المعادن :-

اللمعان :

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

اللون :

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

الوزن النوعي :

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

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

∴ وزن سم مكعب من المعدن = كثافته

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

جدول 1 - 3

الوزن النوعي للمعادن الشائعة الاستعمال

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

المقاومة : Toughness

عكس القساوة .. 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 صلادته عند إضافة جزء من النحاس ، كما أن الحديد تزداد صلادته 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

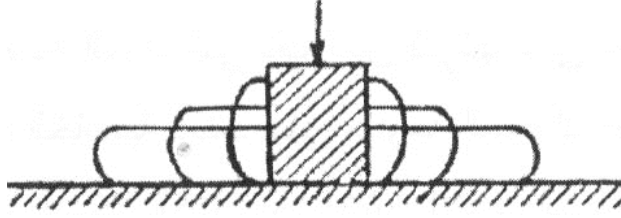
هي خاصية مقاومة سطح المادة للبرى نتيجة للإحتكاك.

(ج) صلادة الارتداد : Rebound Hardness

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

(د) صلادة التشكيل بالماكينات : Malleability

هي قدرة المادة على التشكيل بواسطة الطرق Hammering أو الدرفلة Rolling بدون كسر كما هو موضح بشكل 1 - 2 ، وهي خاصية مشابهة للمطولية ولكن لا يوجد علاقة مباشرة بينهما.



شكل 1 - 2

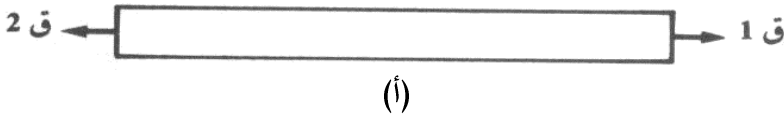
مادة مشكلة بالطرق تحت تأثير حمل الضغط

المرونة : Elasticity

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

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

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



(أ)



إختناق (عنق)

(ب)

شكل 1 - 3

عينة تعرضت لإجهاد شد

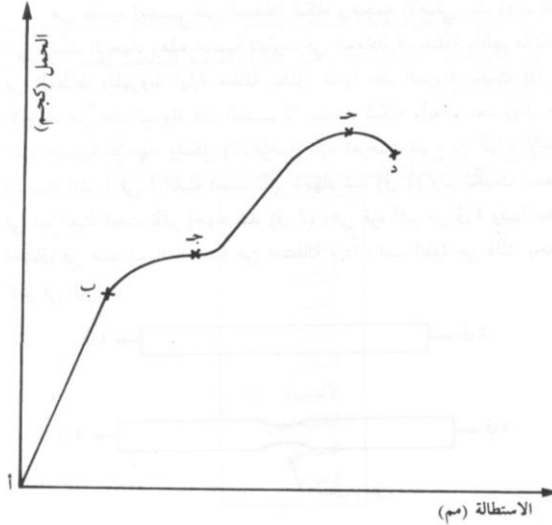
قوة التماسك :

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

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

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

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



شكل 1 - 4

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

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

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

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

اليونة : Cottony

عكس الصلادة ، وهي قابلية المعدن للثني والحنى والالتواء.

القصفة : Brittleness

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

الصلابة : Stiffness

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

الرجوعية : Resilience

هي كفاءة المادة لامتصاص طاقة الإجهادات المبذولة في حدود المرونة.

المتانة : Toughness

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

قابلية السحب :

هي استجابة المعدن للتمدد باتجاه الشد أو التشكيل بالطرق ، أو مقدرة الجسم على الاستطالة دون أن يحدث له كسر عندما تؤثر عليه قوة شد كما هو الحال عند سحب المعادن إلى أسلاك . تتوقف هذه الخاصية على قوة تماسك المعدن ، حيث أن التماسك يقاوم القوة اللازمة للسحب ، وتتوقف هذه الخاصية على درجة حرارة الجسم المسحوب ، حيث أن الأسلاك التي تسحب على البارد تكون قابليتها للسحب أكثر من الأسلاك التي تسحب على الساخن ، وهذه الخاصية ذات أهمية كبيرة بين المعادن التي تصنع منها المنشآت إذ يجب أن تكون قابلة للسحب 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 طرقه 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 150⁰ م يكون قبل للطرق وإذا زادت درجة الحرارة تحول إلى معدن هش مرة أخرى.

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

جدول 1 ـ 4

قابلية السحب والطرق لبعض المعادن الشائعة الإستعمال

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

قابلية التشكيل بالضغط والسلك :

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.

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 الصلابة.

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

جدول 1 - 5

درجات انصهار المعادن الشائعة الاستخدام

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

قابلية التبخر :

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

جدول 1 - 6 يوضح درجات حرارة غليان بعض المعادن.

جدول 1 - 6

درجات غليان بعض المعادن

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

مقاومة الصدم :

هي قدرة المعدن على مقاومة الضربات المفاجئة.

مقاومة الثني والالتواء :

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

توصيل المعادن للحرارة :

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

يقاس مقدرة المعدن على نقل الحرارة بكمية الحرارة التي ينقلها وحدة السطح من قطاع قضيب من معدن طوله (.. سم — بوصة) وحدة الأطوال ، علماً بأن نقل

المعدن للحرارة يرفع من حرارة المعدن نفسه ، وارتفاع درجة حرارة المعدن
تخفض من قوة تماسكه ، أي تخفض من مقاومته للإجهادات المختلفة.

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 1 - 7 يوضح قابلية المعادن الأكثر استخداماً للتوصيل بالحرارة
والكهرباء.

جدول 1 - 7

قابلية بعض المعادن للتوصيل بالحرارة والكهرباء

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

مقاومة العوامل الجوية :

تختلف المعادن في سهولة اتحادها بأكسوجين الجو أو غيره من الغازات الموجودة به مثل غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يساعد على أكسدة المعدن. أكاسيد المعادن ضعيفة المقاومة للإجهادات المختلفة ، فكلما زادت قابلية المعدن للتأكسد كلما إنخفضت مقاومتها ، لذلك كان من الضروري تغطية أسطح المصنوعات المعدنية بإحدى الطرق المعروفة لحمايتها من العوامل الجوية ، مثل تغطية الأدوات المنزلية بطبقة من النيكل .. لأن النيكل شديد المقاومة للعوامل الجوية ، ومن ثم وقاية المعدن الأصلي.

الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها لقوى إستاتيكية أوديناميكية:

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

التحميل :

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

1. حمل إستاتيكي : Static load

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

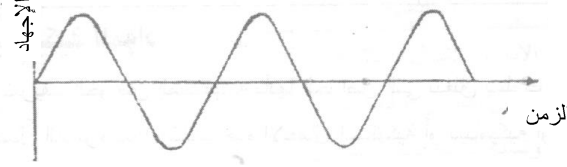
2. حمل ديناميكي : Dynamic load

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.

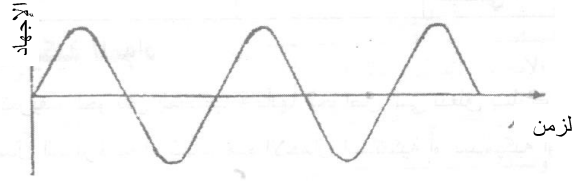
3. تحميل متكرر : Repeated loading

الذي يكون فيه تأثير الحمل على المادة عدة مرات ، حيث تتحمل المادة إجهادات معينة إذا كان الحمل مؤثراً لمرة واحدة ، بينما قد يكون هذا الحمل مؤثراً

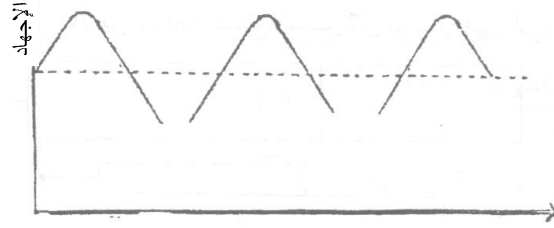
ويؤدي إلى إجهاد المادة تحت تأثير نفس الحمل أو أقل في حالة تكرره لعدة مرات.
يؤدي التحميل المتكرر إلى إجهادات متغيرة في حدود معينة كما هو موضح
بشكل 1 - 5 كالآتي :-



(أ)



(ب)



(ج)

شكل 1 - 5

تأثير الإجهادات على المادة عند التحميل المتكرر

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

الإجهادات : Stress

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

داخل المادة لتلك الأحمال.

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

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

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

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

حيث σ الإجهاد عند أي نقطة.

P الحمل أو القوة المؤثرة.

A مساحة المقطع المستعرض.

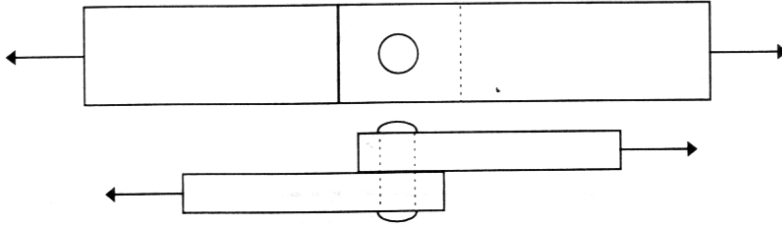
ويمكن استخدام العلاقة السابقة في بعض حالات القص الذي لا يؤثر فيها الحمل F بطريقة مركزية حقيقية ، ولكنه يؤثر في المستوى المراد حساب الإجهادات عليه ، وعلى سبيل المثال مسمار البرشام الموضح بشكل 1 - 6 يكون إجهاد القص المؤثر عليه كما هو موضح بالعلاقة التالية :-

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

حيث q إجهاد القص.

F الحمل.

A مساحة المقطع المستعرض لمسمار البرشام.



شكل 1 - 6

إجهاد القص الواقع على مسمار البرشام

التشكيل والإنفعال : 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.

1. الحديد :

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

إذا تعرض الحديد إلى بخار ماء ساخن جداً ، فإنه يكون أكسيد حديد مغناطيسي، أما الأحماض فإنها تتفاوت مقدرتها على إذابة الحديد ، فمثلاً حامض الأيدروكلوريك يذيب الحديد سواء كان الحامض مخففاً أو مركزاً ، بينما يذوب

الحديد في حامض الكبريتيك المخفف ، وإذا غمس في حامض النيتريك المركز يتحول إلى حديد خامل كيميائياً.

2. الألومنيوم :

معدن أبيض يميل إلى اللون الأزرق - وزنه خفيف - درجة غليانه 1800°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 ، ويتحد الألومنيوم بالأكسجين الجوي أثناء الاحتراق عند درجات حرارة عالية قد تصل إلى 700°م .

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

3. النحاس :

النحاس معدن لونه أحمر يميل إلى السمرة - لين - ينصهر عند 1083°م ، إذا سخن النحاس في الهواء فإنه يغطي بطبقة من أكسيد النحاسيك الأسود ، من صفاته أنه لا يتأثر بالهواء الجاف ولكن يكون على أسطحه طبقة أكسيد نحاس (صدأ نحاس) ، وهي ذات لون أخضر تسمى لدى العامة بالزنجار ، وذلك عند تعرضه للهواء الرطب المحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون. صدأ النحاس مادة سامة تتكون من كربونات النحاس وإيدروكسيد النحاس ، يعتبر وقاية له من التآكل لأنه يذوب في الماء فيمنع استمرار الصدأ.

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

4. الرصاص :

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

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

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

5. الزنك (الغارصين) :

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

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

6. الفضة:

الفضة معدن أبيض لامع ينصهر عند 560°C - 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 يغطي بطبقة سوداء تسمى كبريتيد الفضة ، تذوب الفضة في حامض النيتريك المجفف والمركز ، وكذلك في حامض الكبريتيك المركز الساخن ، أما حامض الايدروكلوريك فليس له تأثير يذكر على الفضة.

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

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

جدول 1 - 8

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

المعدن	رمز المعدن	الكثافة النسبية	درجة حرارة الانصهار °م
الألومنيوم	Al (Aluminum)	2.7×10^3	660
البزموت	BI (Bişmuth)	9.8×10^3	271.3
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
التيتانيوم	Ti (Titanium)	4.5×10^3	1725
التجستن	W (Tungsten)	4.5×10^3	3410
الزئبق	Zn (Zinc)	7.1×10^3	419.5
الماغنسيوم	Mg (Magnesium)	1.7×10^3	651

الباب الثاني

أفران الصهر وإستخلاص المعادن

مَهْيَدُ

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 - الألومونيوم - الزنك - القصدير - الرصاص وغيرها ، من خلال صهرها وتكريرها عن طريق الأفران المختلفة أو بالترسيب أو بالتحليل الكهربائي.

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

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

تجهيز غفل الحديد : Pig Iron Preparation

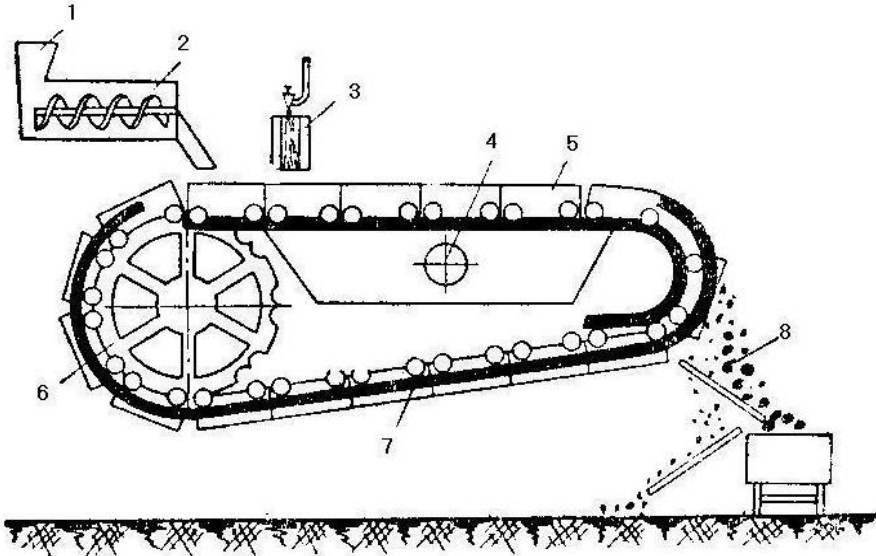
تجرى عمليات تجهيز غفل الحديد من خلال تكسير الأحجار الكبيرة بالطرق الميكانيكية إلى أحجام صغيرة ، ويغسل الخام بالماء للتخلص من الأتربة والرمل والطفل ... الخ ، ثم يفرز لاستبعاد المواد الغير حديدية ، ويتم ذلك باستخدام مغناطيسيات كهربائية ، حيث تلتقط الأجزاء التي تحتوي على حديد وتلقى المواد الأخرى الغير مغناطيسية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

وبذلك يتم الحصول على غفل غني بالحديد حيث تبلغ نسبة الحديد بالغفل إلى نحو 90 % تقريبا.

وتجرى عملية تلبيد الغفل للأحجار الصغيرة وغبار الخام المتطاير للحصول على أحجار كبيرة وشكل 2 - 1 يوضح ماكينة تلبيد الخام وهي عبارة عن جنزير يحتوي على عربات صغيرة تتحرك في دورة مغلقة وتحمل على القضبان الموجودة على هذه العربات طبقة يصل سمكها إلى 250 ملليمتر من خليط مبلل من الخام والوقود المفتت ، ويشعل الوقود بواسطة مشعل ، ويسحب تيار من الهواء من أعلى إلى أسفل، وتتولد عند اشتعال الوقود درجة حرارة ما بين 1200 إلى 1300⁰م، ويتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلى أجزاء كبيرة مسامية تصلح للصهر في الأفران العالية

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



شكل 2 - 1

رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تلبيد الخام

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

إنتاج الحديد الخام

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 0.1 % إلى نحو 3.7 % مع بعض العناصر الأخرى بنسب ضئيلة جداً مثل السيليكون - المنجنيز - الفوسفور - الكبريت

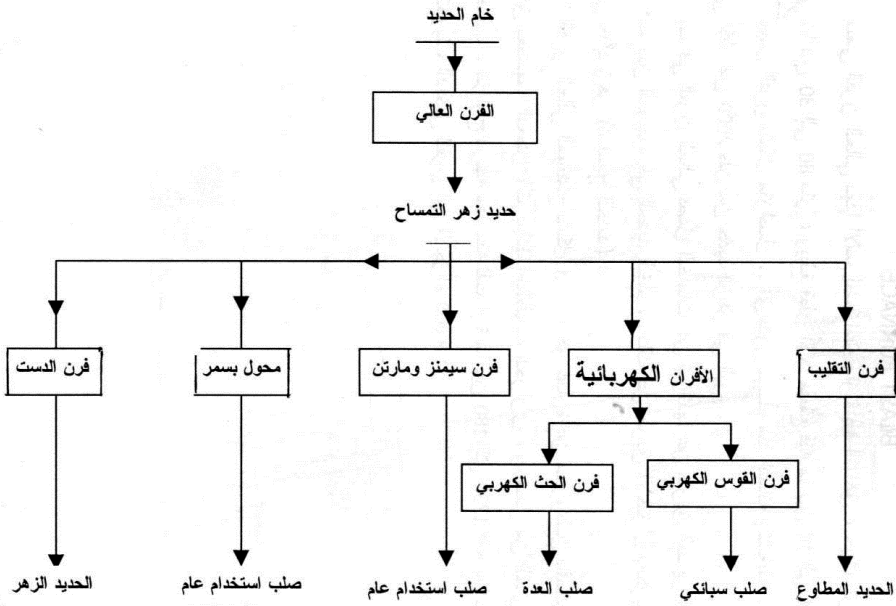
وعادة يكون معظم أنواع الحديد المستخدم هو عبارة عن سبيكة تحتوي علي الحديد والكربون .. الذي يوضع في المقام الأول.

ويمكن تلخيص عمليات إنتاج المعادن الحديدية المخلفة في الآتي :-

1. استخلاص الحديد الخام باستخدام الفرن العالي لإنتاج حديد زهر التماسيح.
2. استخدام حديد زهر التماسيح لإنتاج أنواع المواد الحديدية المستخدمة في

الصناعة مثل الحديد المطاوع - حديد الزهر - الصلب بأنواعه .. وذلك باستخدام أفران ومحولات مختلفة ، والغرض من ذلك هو تحسين الخواص الميكانيكية للمعادن المستخدمة كالشد - الضغط - وقابلية الاستطالة والتشكيل بصفة عامة ، من خلال الصهر والصب في قوالب ، أو السحب والدرفلة الخ.

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



شكل 2 - 2

رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها

الفرن العالي

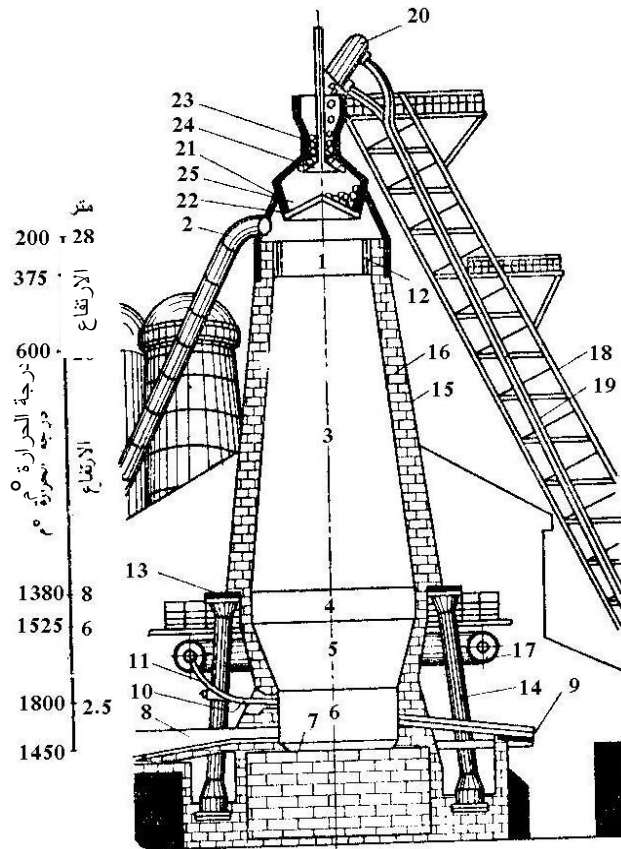
Blast Furnace

سمي الفرن العالي بهذا الاسم لضخامته وارتفاعه الشاهق ، حيث يتراوح ارتفاعه ما بين 30 إلى 80 متر ، ويبلغ قطر أكبر مقطع فيه ما بين 10 إلى 14 متر.

يعمل الفرن بشكل متواصل .. أي بدون توقف منذ إنشائه وتشغيله . يصل إنتاجه إلى أكثر من 2000 طن من حديد الزهر في اليوم.

يتم في الفرن العالي فصل الخامات عن شوائبها عن طريق الصهر للتخلص من الأكسوجين الموجود في الحديد الخام ، وذلك عن طريق الاختزال بالكربون ليتحول إلى حديد زهر (تماسيح الحديد).

الفرن العالي الموضح بشكل 2 - 3 هو عبارة عن مخروطين ناقصين مركبين فوق بعضهما البعض ، تم بنائهما بالطوب الحراري ، ومغطى من الخارج بغلاف من الصلب . تتراوح درجة مقاومته للحرارة ما بين 180 إلى 1730 °م ، ويمكن تقسيم التجويف الداخلي للفرن إلى الأجزاء التالية :-



شكل 2 - 3

رسم تخطيطي لمقطع بالفرن العالي

1.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 لخروج الغازات الناتجة عن عملية الصهر.

2.القصبه :

هي جزء أسطوانى مخروطى متصل بالقمة ، وهو كثر أجزاء الفرن اتساعاً وارتفاعاً . صممت القصبه بهذا الارتفاع وذلك لحدوث العمليات المختلفة من انتقال الحرارة والاختزال التي تؤدي إلى انصهار الحديد اسفل القصبه . تحمل القصبه على أعمدة سائدة من الصلب وترتكز على قواعد خرسانية.

3.منطقة الانصهار :

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

4.الأكتاف : هو جزء أسطوانى مخروطى ، أسفل القصبه.

5.الكور :

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

(أ) فتحة في القاع لخروج الزهر المنصهر.

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

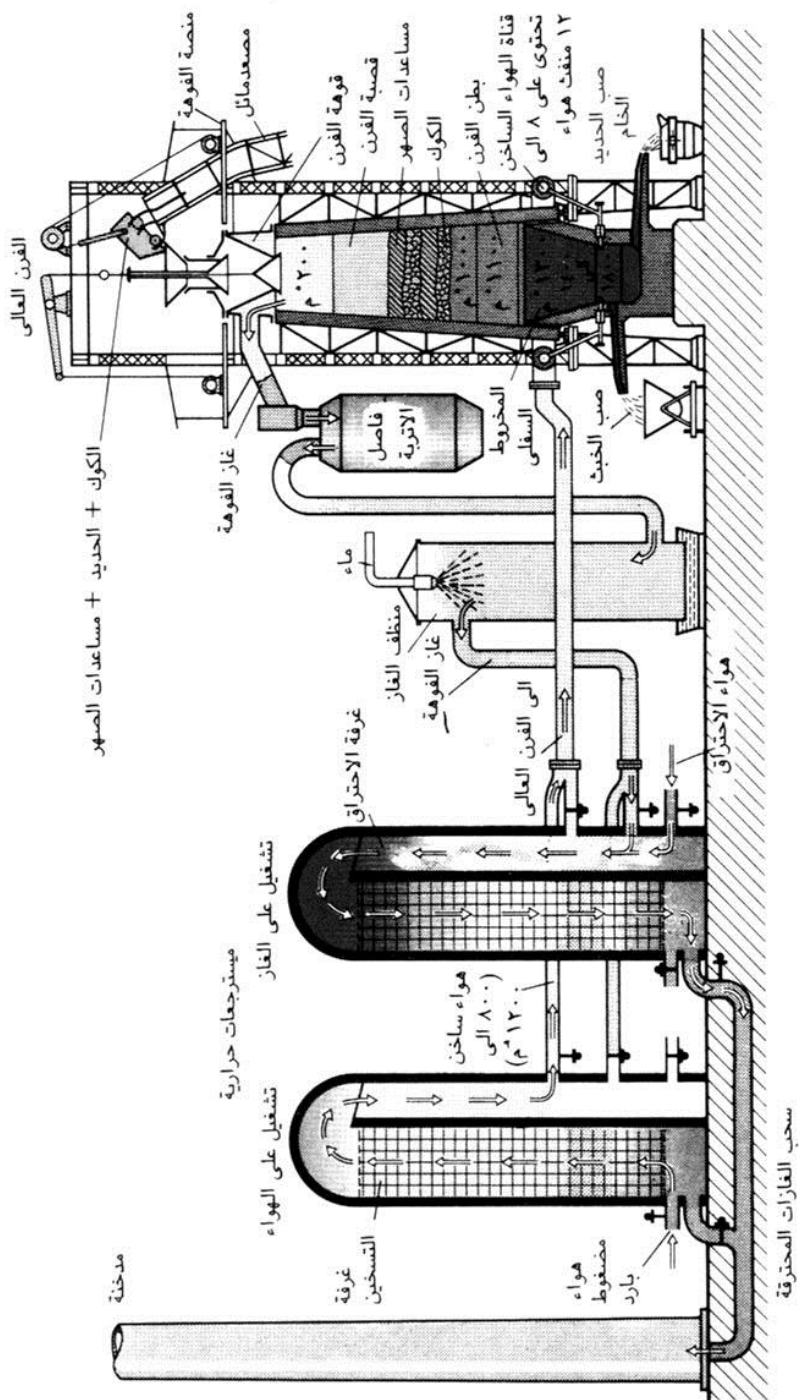
(ج) فتحات دخول الهواء الساخن للفرن ، توجد بأعلى الكور ، وتتكون ما بين

12 إلى 18 فتحة منتشرة على محيط دائرة واحدة . تصل درجة حرارة

الهواء الساخن إلى حوالي 1000 °م.

منشأة الفرن العالى : Blast Furnace Establishment

يحتاج الفرن العالى 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 العالى بمفرده بل يجب إنشاء وحدات بجواره للمساعدة في عمليات الصهر . وشكل 2 - 4 يوضح منشأة الفرن العالى.



شكل 2 - 4
منشأة الفرن العالي

شحنة الفرن العالي : Blast Furnace Charge

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

1. خام الحديد :

يشحن الفرن بـ 2 طن خام حديد قبل شحن خام الحديد إلى الفرن العالي ، ويتم تجهيزه بعدة عمليات تحضيرية كالآتي :-
(أ) تكسير الخام.

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

(ج) الأحجام الصغيرة والتربة يتم 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.

2. فحم الكوك :

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

3. مساعد صهر :

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

4. هواء ساخن :

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

الساخن الذي يصل إلى الأفران العالية الحديثة يصل ما بين 1300 إلى 3500 م3 / دقيقة ، تحت ضغط 1.4 إلى 2.1 ضغط جوي.

العمليات التي تتم داخل الفرن العالي :

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

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

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

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

1. حديد زهر التماسيح :

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

2. الخبث :

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

3- الغازات :

تتكون الغازات المنتجة من أول أكسيد الكربون بنسبة 25 % تقريبا ، أما الغازات الباقية فهي مكونة من ثاني أكسيد الكربون وأكسجين وأوزون ، وهذه الغازات قابلة للاحتراق ، تستعمل في تسخين الهواء في منشأة الفرن ، كما تستخدم كوقود للمحركات الغازية ، وتسخين غرف فحم الكوك ، وفي التدفئة.

ملاحظة :

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

إنتاج حديد الزهر

Cast Iron Production

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

فرن الدست

Cupola Furnace

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

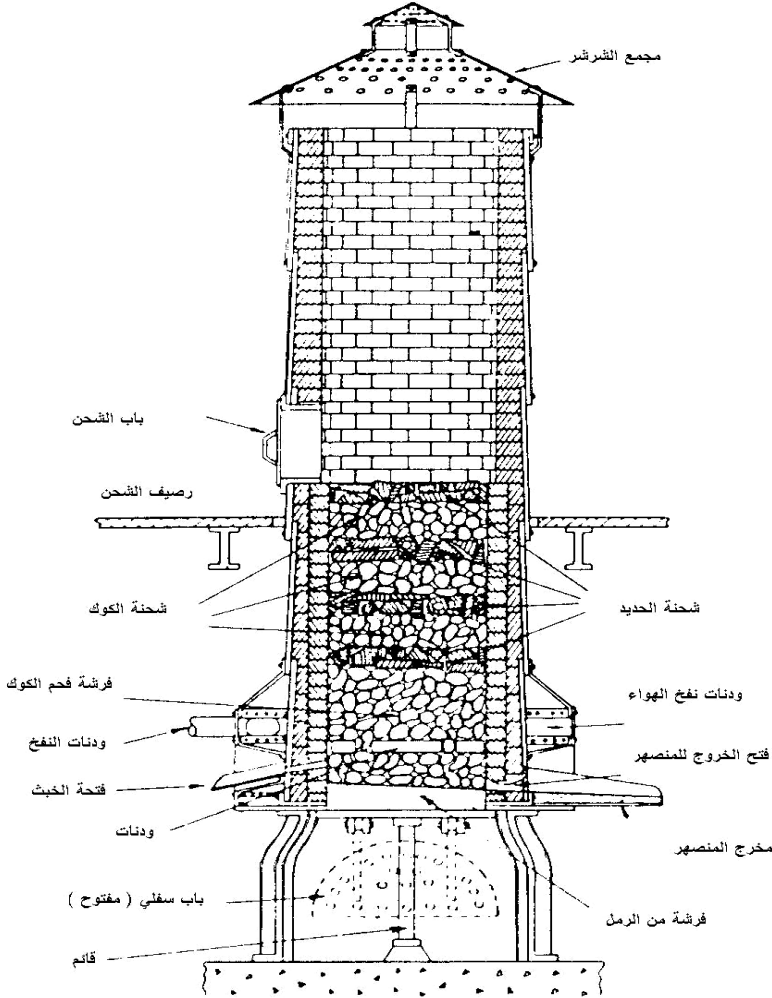
يسمى فرن الدست بفرن الصهر المستمر .. بمعنى أن عمليتي شحن الفرن واستخراج المعدن المنصهر منه يمكن أن تتم في آن واحد بدون أي تعارض بينهما ، مما يتيح تدفق المعدن المنصهر داخل خزان ملحق بالفرن ، بحيث يمكن استخدام كميات كبيرة من المعدن المنصهر مرة واحدة ، وذلك عند صب القوالب ذات الأحجام الكبيرة من المسبوكات.

يتكون فرن الدست الموضح بشكل 2 – 5 من اسطوانة رأسية طويلة مصنوعة من ألواح الصلب التي يتراوح سمكها من 6 إلى 18 ملليمتر ، تبطن بالطوب الحراري . يوجد حول الجزء الأسفل بالفرن صندوق هواء ، وهو الذي يوصل الهواء إلى داخل الفرن عن طريق ودنات ، ومن الطبيعي وجود مراوح لإمداد الصندوق بالهواء اللازم.

يشحن الفرن من خلال فتحة عليا على ارتفاع يصل إلى 6 متر ، ويوجد بقاع الفرن بابين منفصلين ، يكون شكل الفرن عند غلق البابين أشبه بالاسطوانة

القائمة ، نهايتها السفلي مغلقة ونهايتها العليا مفتوحة على المدخنة . تدك قاعدة الفرن بأعلى البابين المغلقين برمل المسبك ، ويمكن تفريغ الفرن عند إسقاط هذين البابين.

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



شكل 2 - 5

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 100 إلى 1600°م ، حيث يصب المعدن المنصهر في بواتق مبطنة من الطين الحراري ، وتنقل البواتق عن طريق حوامل خاصة لصب المعدن المنصهر في القوالب المجهزة.

تسخن أفران الدست الكبيرة عن طريق أوناش خاصة تستعمل لرفع المواد إلى منطقة الشحن بالفرن . جدول 2 - 1 يوضح الشحنة التي تحتوي على المواد المختلفة التي توضع في فرن الدست ، والمواد المنتجة منه.

جدول 2 - 1

يمثل شحنة فرن الدست والمواد المنتجة

المواد التي توضع بالفرن	المواد المنتجة من الفرن
1.0 طن من حديد زهر خام وحديد خردة	0.98 طن حديد زهر منصهر
0.15 طن فحم كوك	0.5 طن خبث
0.03 طن مساعد صهر	غازات المستفاد منها
1.20 طن هواء	غازات مفقودة بالجو

مميزات فرن الدست :

- يتميز فرن الدست عن أفران الصهر الأخرى المستخدمة في المسابك بالمميزات التالية :-
1. تركيبه بسيط.
 2. سهل الاستعمال.
 3. اقتصادي في استهلاكه للوقود.
 4. إنتاجية عالية.
 5. يمكن استخدامه بنظام الإنتاج المستمر أو الإنتاج المرحلي.
 6. إمكانية التحكم في التركيب الكيميائي لحديد الزهر المنصهر المنتج.
 7. إمكانية الحصول على درجة الحرارة المناسبة لتوفير السيولة المناسبة واللازمة للمعدن المنصهر.

مميزات حديد الزهر المنتج من الفرن الدست :

- يتميز حديد الزهر المنتج من الفرن الدست (الكيوبولا) بالمميزات التالية :
1. انخفاض درجة انصهاره للمعدن حيث تصل ما بين 1150 إلى 1200 °م.
 2. يحتوي على نسبة كبيرة من الكربون تتراوح ما بين 2 % إلى 4 %.
 3. طول فترة سيولة المعدن المنصهر.
 4. رخيص الثمن.
 5. يحتوي بداخله على نسبة من الجرافيت الحر ، الذي يعمل على تحسين الأداء الزيتي له ، ومن ثم فإنه يساعد على تخفيض معامل الاحتكاك مع المواد الأخرى، لذلك يستخدم في صناعة المنزلاقات الطويلة للماكينات.

إنتاج الحديد المطاوع

Wrought Iron Production

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

يحتوي الحديد المطاوع على نسبة عالية من الحديد تتراوح ما بين 99 %

إلى 99.7 % ، ويعتبر الحديد المطاوع من أطرى المعادن الحديدية.

خواص الحديد المطاوع : Properties Of Wrought Iron

أهم خواص الحديد المطاوع هي :-

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

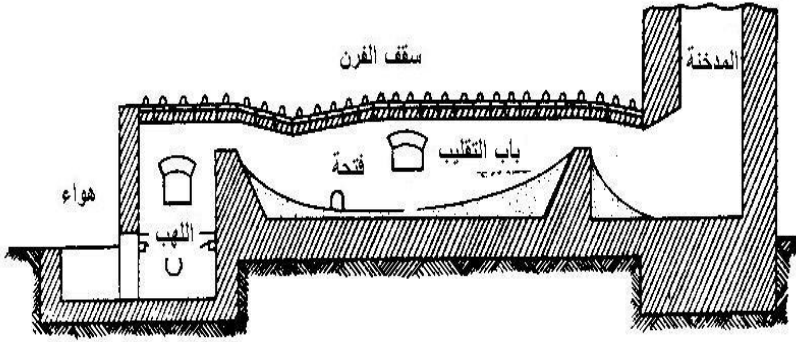
فرن التقلب

Pudding Furnace

فرن التقلب الموضح بشكل 2 — 6 يسمى أيضا بالقرن 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.

تُبطن قاعدة فرن التقلب بطبقة من أكسيد الحديد عند تشغيله ، ثم توضع تماسيح الحديد الخام في مجمرة الفرن ، ثم يسقط عليها لهب الوقود المحترق في الموقد ، وعند ابتداء انصهار الحديد ، تبدأ عملية خلط الحديد بواسطة قضبان حديد من خلال البوابة الخاصة بذلك ، وتضاف كمية أخرى من أكسيد الحديد وتستمر عملية الخلط ، وبعد حوالي 30 دقيقة تقريبا يتحول الحديد إلى عجينة ، وتتم أكسدة

الحديد المضاف لتتكون أكاسيد السيليكون والفوسفور والكبريت على شكل خبث ، أما أكاسيد الكربون فإنها تصعد إلى أعلى الفرن وتتحول إلى لهب وتخرج كغازات عادمة من خلال المدخنة ، تصاحب هذه العملية غليان الشحنة ، وعندما تنخفض كمية الكربون الموجودة في الحديد ، تنخفض ميوعته ويصعب تقليبه ، كما يصعب خلطه ، ويحول الحديد إلى شكل كتل منصهرة ، ثم تجزأ إلى كتل صغيرة ، يتراوح وزن الكتلة إلى ما بين 30 إلى 60 كيلو جرام ، ثم تخرج هذه الكتل من الفرن وتطرق بالمطارق الآلية للتخلص من الجزء الباقي من الخبث الذي يحتويها ، ثم تنقل إلى ماكينات الدرفلة لتحويلها إلى قضبان بمقاطع بأشكال مختلفة.



شكل 2 - 6

فرن التقلب لصناعة الحديد المطاوع (الصلب الطري)

استعمالات الحديد المطاوع : Uses Of Wrought Iron

- يستعمل الحديد المطاوع في العديد من المنتجات الصناعية .. أهمها الآتي :-
1. عمل السلاسل الحديدية - خطاطيف الأوناش - الأجزاء المفصلية - الأبواب وملحقاتها .. كما يستعمل في صنع بعض المعدات الزراعية.
 2. 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 3 % إلى 5 % ، أما حديد الزهر فإنه يحتوي على نسبة كربون تتراوح ما بين 2 % إلى 4.5 % ، بينما يحتوي الصلب بأنواعه المختلفة على نسبة كربون تتراوح ما بين 0.1 % إلى 1.5 %.

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

1. المحولات .. (محول بسمر - محول توماس).
2. فرن سيمنز مارتن.
3. الأفران الكهربائية.

محول بسمر

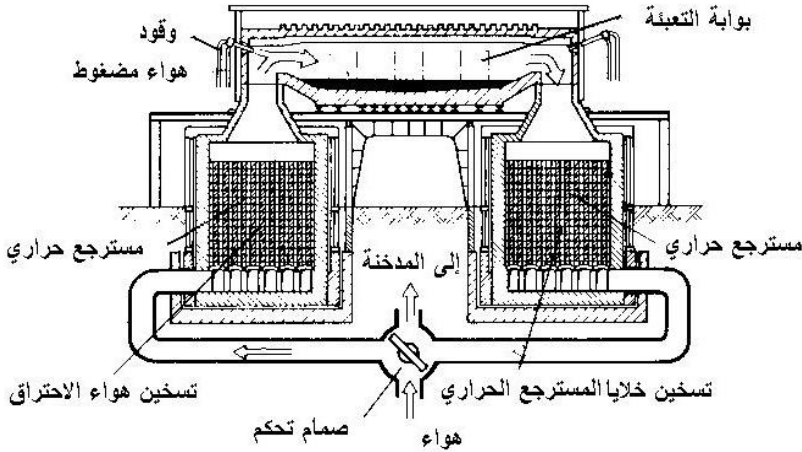
Bessmer Converter

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

محول بسمر الموضح بشكل 2 - 7 عبارة عن وعاء أسطواني على هيئة

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

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



شكل 2 - 7

الأوضاع المختلفة لمحول بسمر

التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي) :

تتم عملية التحويل الخام المنصهر والمأخوذ من الفرن العالي مباشرة ، للحصول على صلب بطريقة بسمر ، باستخدام محول حامضي .. أي باستخدام فرن مبطن بطوب حراري خاص يحتوي على 90 % 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 2 ضغط جوي ، ثم يدار الفرن تدريجياً إلى الوضع الرأسي (وضع التشغيل) ، ثم تجرى عملية التحويل.

عملية التحويل :

تنقسم عملية التحويل إلى ثلاثة مراحل كالآتي :-

المرحلة الأولى :

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

المرحلة الثانية :

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

المرحلة الثالثة :

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

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

ملاحظة :

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

محول توماس

Thomas Converter

اقترح توماس الإنجليزي الجنسية عام 1878 م بتحويل الحديد الخام الذي يحتوي على نسبة كبيرة من الفوسفور إلى الصلب ، من خلال صنع محوله الذي سمي باسمه (محول توماس) ذات سعة أكبر 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 10 % إلى 15 % من وزن المعدن المطلوب تحويله وذلك قبل البدء في عملية التحويل ، ثم يصب الحديد الخام ، ويوجه تيار الهواء المندفَع 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 :

1. 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.

2. الخبث : SLAG

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

فرن سيمنز مارتن

Siemens Martin Furnace

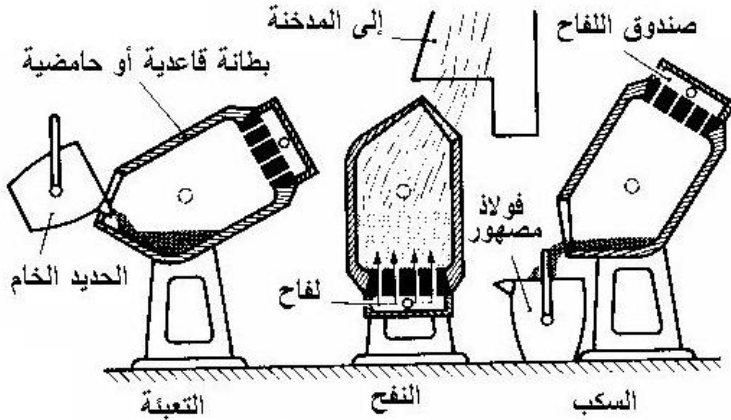
فرن سيمنز مارتن الموضح بشكل 2 — 8 سمي بهذا الاسم نسبة إلى مخترعه ، كما سمي بفرن المجرمة المفتوحة Open Hearth Process ، يبنى الفرن بالطوب الحراري ويغلف بألواح من الصلب ، يصل طول الفرن إلى 25 متر وعرضه 7 متر، ويتراوح سعته إلى ما بين 20 إلى 500 طن. يعمل الفرن على تصفية المعدن المنصهر في مجرمة مفتوحة ، وقد طورت عملية احتراق الوقود في هذا الفرن بحيث يكون فرنًا عاكسًا.

يندفع الهواء الساخن 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 1800 إلى 2000 °م مع سطح الشحنة المنصهرة ، ويتم ذلك عن طريق الإمرار التبادلي لغازات التسخين خلال خلايا المسترجعات الحرارية ، حيث تسخين أحدهما في حين يقوم الآخر بتسخين هواء الاشتعال في نفس الوقت ... وهكذا . وغالبا يضاف الأكسجين إلى هواء الاحتراق لرفع درجة الحرارة في الفرن.

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

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



شكل 2 - 8

فرن سيمنز مارتن

منتجات فرن سيمنز مارتن : Siemens 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 ، وقاليتيه
لعمليات الحداة واللحام ، كما يمكن تصليده إذا ارتفعت نسبة الكربون فيه عن
0.5%.

الأفران الكهربائية

Electrical Furnaces

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

مميزات الصهر الكهربائي :

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

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

عيوب الصهر الكهربائي :

يعتبر العيب الوحيد هو ارتفاع ثمن الكهرباء ، وهو المصدر الحراري
للصهر ، لذلك تستخدم الأساليب الكهربائية غالباً 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.

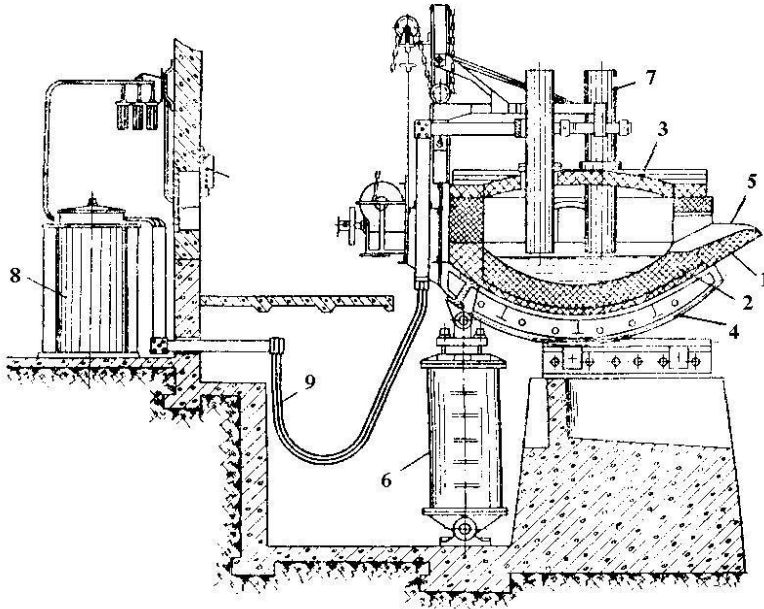
فرن القوس الكهربائي : Electric Arc Furnace

فرن القوس الكهربائي الموضح بشكل 2 – 9 يحتوي على أقطاب كربونية

، يعمل الفرن بمبدأ استغلال الحرارة المتولدة من القوس الكهربائي المنبعث من الأقطاب إلى المعدن المنصهر ليصل درجة حرارته إلى 3400°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 180 طن ، وتمكن درجات الحرارة العالية في الفرن بالدرجة الأولى من خلط الصلب بمعادن ذات درجة انصهار عالية مثل التنجستين والتتالوم .



شكل 2 - 9

فرن القوس الكهربائي

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

منتجات أفران القوس الكهربائي : Electric Arc Furnaces Products

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

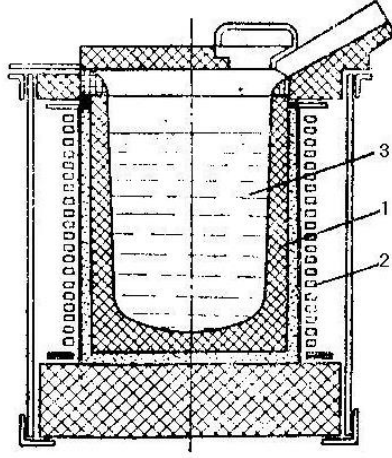
فرن الحث الكهربائي : Electric Induction Furnace

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

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

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

سعة الأفران العالية التردد لا تزيد عن 8 طن.



شكل 2 - 10

فرن الحث الكهربائي

1. بوتقة مقاومة للحرارة .

2. ملف على نحاس ذات مقطع مستطيل .

3. المعدن المنصهر .

منتجات أفران الحث الكهربائي :

Electric Induction Furnace Production

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

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 2 - 2 الذي يوضح نسبة الكربون داخل الصلب ، ومجال استخدام كل منها.

جدول 2 - 2
مجالات استخدام الصلب الكربوني

الاسم	النسبة المئوية للكربون	الاستخدامات
الصلب الرخو (الصلب المنخفض الكربون)	0.1 – 0.125	قضبان السلك ، والأشواق الرقيقة ، والأثابيب المصمتة المسحوبة .. الخ
	0.3 – 0.15	ألواح الغلايات ، وأعمال الكباري ، والقطاعات الإنشائية ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، وأعمال الورش العامة .
الصلب المتوسط الكربوني	0.3 – 0.5	أعمدة الدوران ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، ومواسير ، والأسلاك ، والأجهزة الزراعية .
	0.5 – 0.7	اليايات ، وعجلات السكك الحديدية ، وقوالب الحدادة الكبيرة ، وحبال السلك ، والمطارق ، وعدد تشكيل البرشام .
	0.7 – 0.9	اليايات وقوالب الحدادة الصغيرة ، والحدود القاطع للمقصات ، والمقاطع على البارد ، والمقاطع المستخدمة في ورش النجارة .
الصلب العالي الكربوني	0.9 – 1.1	أجنات القطع على البارد ، وقوالب الكبس ، والسنايك ، ولقم قطع أسنان القلاووظ ، وأدوات أعمال النجارة ، وأعمدة المحاور .
	1.1 – 1.4	شفرات الخلاقة ، والمبارد اليدوية ، وبنط المثقاب ، ومحددات القياس ، وأدوات قطع الماكينات .

إنتاج المعادن غير الحديدية وسبائكها

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.

Uses Of Steel : **غفل النحاس**

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 بيرييت النحاس ، حيث يحتوي على نحاس بنسبة 32 %.

Copper Extraction : **استخلاص النحاس**

يستخلص النحاس من خاماته بإحدى طريقتين هما :-

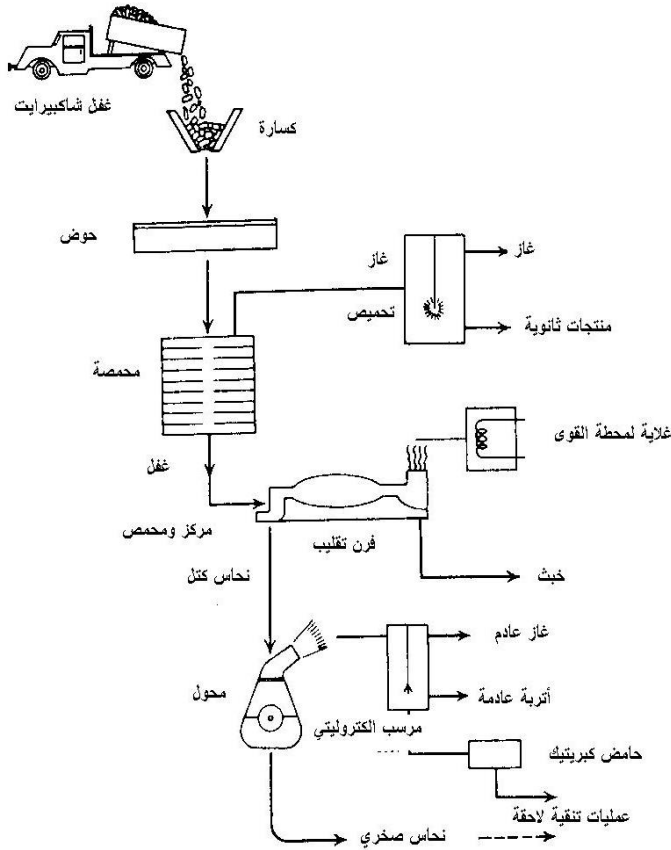
1. الطريقة الجافة.

2. الطريقة الرطبة.

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

الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس :

تتكون الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس والموضحة بشكل 2 - 11 من عدة مراحل هي :-



شكل 2 - 11

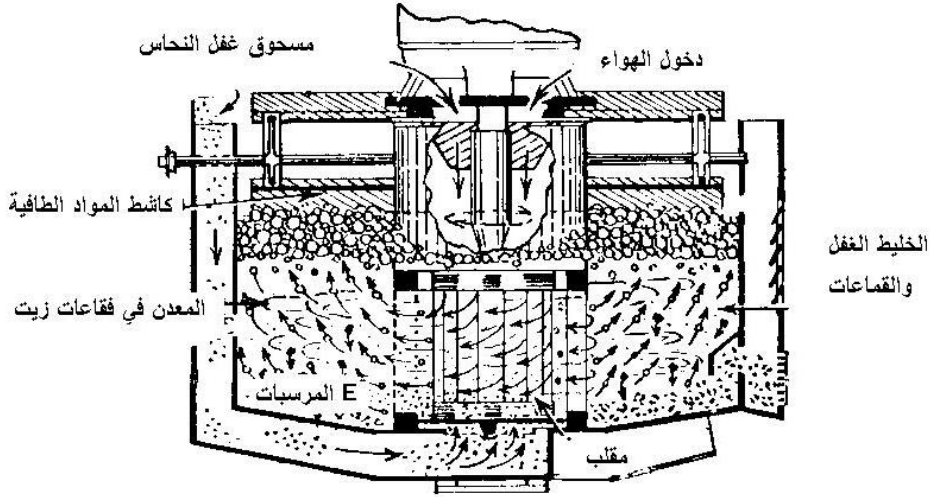
رسم تخطيطي لخريطة استخلاص النحاس بالطريقة الجافة

أولاً : تكسير الغفل في كسارات خاصة.

ثانياً : خلط الغفل المكسر مع الجير ومساعد الصهر (سيليكون).

ثالثاً : تخليص الغفل من الشوائب والأثرية العالقة كما هو موضح بشكل 2 - 12

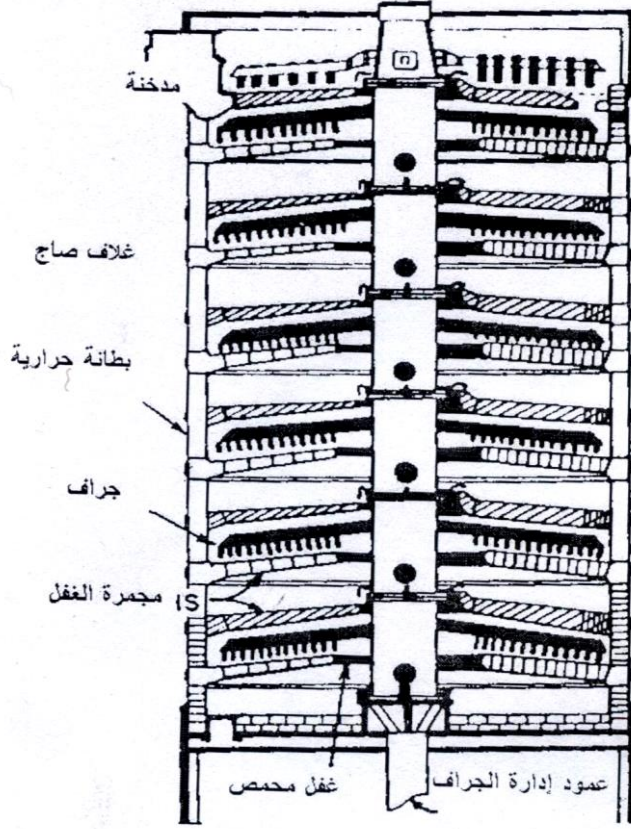
، ويتم ذلك بطريقة التقويم في حوض ماء ، حيث تبدأ حبيبات الغفل الغير مبتلة بتكوين فقاعات وتطفو على سطح الماء ، ويرسب الباقي في القاع ، وعادة يضاف زيت بترول للماء ، ونفخ الهواء في الماء للتعجيل بالطفو ، حيث تلتصق فقاعات الهواء المتكونة بحبيبات الغفل وتطفو على شكل زيت يمكن إزالته بسهولة.



شكل 2 - 12

خليط تقويم لفصل غفل النحاس عن المواد العالقة به

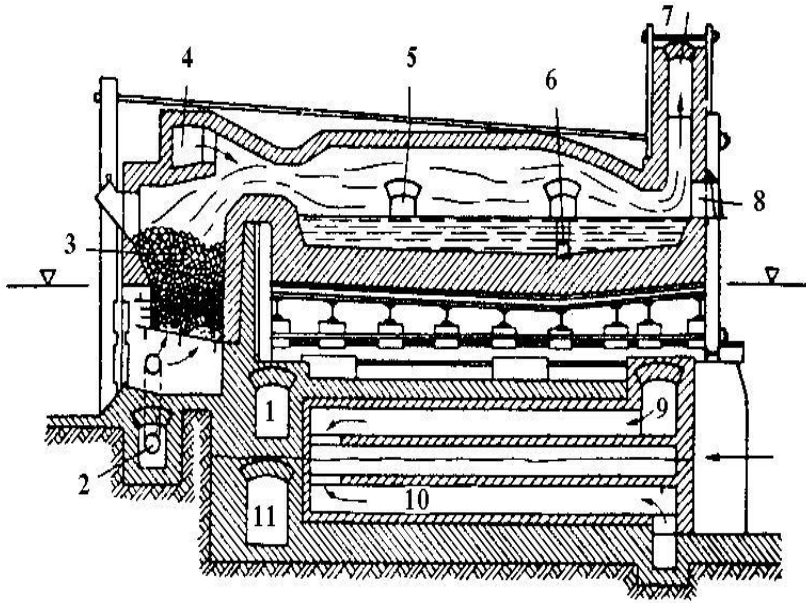
رابعاً : تحميص الغفل جزئياً بالتسخين ، حيث يتكون خليط من مركبات كبريتيد النحاس وأكاسيد الحديد ، ويسمى هذا الخليط بالكالسين . يتم التحميص عند درجة حرارة ما بين 800 إلى 1000⁰ م في أفران عاكسة كما هو موضح بشكل 2 - 13.



شكل 2 - 13

تحميص غفل النحاس

خامسا : صهر الكالسين مع حجر الجير (كمساعد صهر) في فرن يشبه فرن التقليل الموضح بشكل 2 - 14 ، حيث يتم التخلص من معظم مركبات الحديد في صورة خبث ، حيث يتبقى غفل النحاس ملبداً مع باقي مركبات حديد الخبث الذي يسمى بالنحاس الصخري.

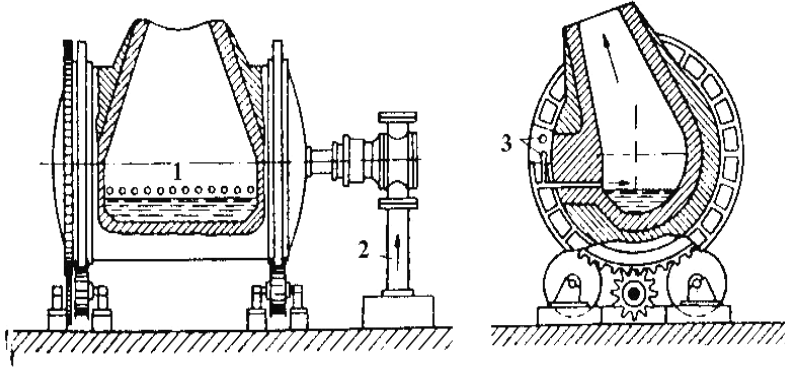


شكل 2 - 14

فرن التقليل لاستخلاص النحاس

1. هواء الاشتعال.
2. المدخل الأول للهواء.
3. مولد غاز.
4. تسخين هواء المدخل الثاني.
5. أبواب الشحن والتفريغ.
6. فتحة التفريغ.
7. مخرج الغازات إلى دورة التسخين.
8. مخرج الخبث.
9. غازات العادم.
10. هواء.
11. إلى المدخنة.

سادسا : صب النحاس الصخري في محول يشبه محول بسمر الموضح شكل 2 - 15 ، حيث يتم نفخ سطح المعدن المنصهر بالهواء من الفتحات 1 المقاومة في المداخل 2 عن طريق قنوات هوائية 3 ، ويستمر النفخ لفترة تتراوح ما بين 4 إلى 5 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 2 - 15

محول نفخ النحاس

1. منافس النفخ.

2. مدخل هواء النفخ.

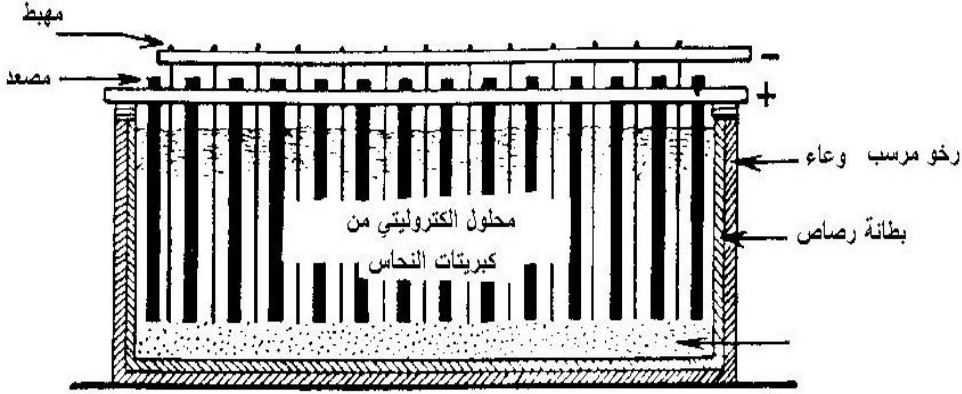
3. قنوات هواء النفخ.

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 98 % إلى 99 % 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 2 -

16 ، 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 2 - 16

خلية ترسيب كهربائية لإنتاج النحاس النقي

الطريقة الرطبة لاستخلاص النحاس :

تستعمل هذه الطريقة للخامات الإكسيدية الفقيرة ، حيث يفتت الخام إلى حبيبات صغيرة ، وتجرى 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 الألومنيوم

Production Of Aluminium

الألومنيوم معدن حديث الاكتشاف ، تم استخلاصه لأول مرة عام 1825 م ، ويعتبر الألومنيوم من أكثر المعادن انتشاراً في الكرة الأرضية ، وأكثر المعادن

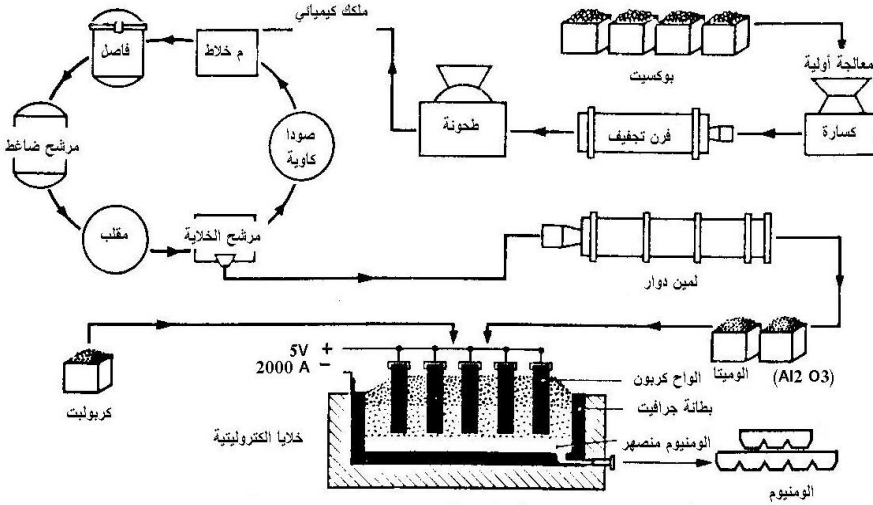
غير الحديدية استخداماً.

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

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

يتم استخلاص الألومنيوم من خام البوكسايت بطريقة التحليل لأكهربائي ، وشكل 2 - 17 يوضح خريطة استخلاص الألومنيوم من البوكسايت.

درجة حرارة منخفضة نسبياً .. حوالي 660 °م



شكل 2 - 17

خريطة استخلاص الألومنيوم من البوكسايت

خواص الألومنيوم : Aluminum Properties

يتميز الألومنيوم بخواصه الجيدة ، مما أدى إلى انتشاره واستخدامه في

العديد من الصناعات ، وأهم خواص الألومنيوم وسبائكه هي الآتي :-

1. خفيف الوزن.
2. جيد التوصيل للحرارة والكهرباء.
3. مقاومته عالية للصدأ.

4. انصهاره عند درجة حرارة منخفضة نسبياً.

استعمالات الألومنيوم وسبائكه : Uses Of Aluminum And Its Alloys

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

الاستعمالات :-

1. يستعمل الألومنيوم مع سبائك النحاس في صناعة الأسلاك الكهربائية في التوصيلات البعيدة ، ومقومات التيار والمكثفات وغيرها.
2. يستخدم في تصنيع الأواني المنزلية ، والمعلبات ، وآلات المستخدمة في صناعة الألبان والحلويات والسكر.
3. يستخدم في إطارات النوافذ والأبواب ، وفي أعمال التسخين والتدفئة.
4. يستخدم في صناعة هياكل الطائرات ، كما يدخل في صناعة المركبات الفضائية والأقمار الصناعية ، وذلك لمتانته وخفة وزنه وقابليته العالية للتوصيل الحراري.
5. يستخدم في صناعة أجزاء عديدة لمحركات الاحتراق مثل الهياكل والأسطوانات والمكابس وغيرها ، وفي بناء السفن النهرية ، وقوارب النجاة .
6. 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 بـ بجر القصدير ، تكون نسبة القصدير في الخام عادة صغيرة جداً ، حيث تبلغ من 0.25 % إلى 1 % ، أما الباقي فهو مواد عازلة عبارة عن كوارتز وشوائب أخرى، وتصل نسبة القصدير في الخامات الغنية إلى ما بين 2 % إلى 6 % .

يجرى على الخام المستخرج التركيز والتحضير ، وبعدها يصهر الخام المركز لاختزاله في أفران عاكسة ، حيث يختزل ثاني أكسيد القصدير عند درجة

حرارة 800° م بواسطة أول أكسيد الكربون والكربون الصلب ، ويحتوي القصدير المنتج على كثير من الشوائب والتي تصل نسبتها إلى 3 % ، أما الأنواع الجيدة من القصدير فإنها تحتوي على 99.99 % من عنصر القصدير.

خواص القصدير : Tin Properties

1. ذات لون أبيض لامع مائل للزرقة.
2. معدن طرى (أطري من الزنك).
3. ينصهر عند درجة حرارة 330 °م.
4. يتحد مع النحاس مكونا البرونز.

استعمالات القصدير : Uses Of Tin

1. يستعمل مع الرصاص لتكوين سبائك لحام السمكرة.
 2. يستعمل مع الرصاص والأنتمون لتكوين السبيكة المستخدمة في صناعة حروف الطباعة.
 3. يستعمل أيضا مع النحاس والأنتمون لصناعة كراسي المحاور.
 4. يستخدم لتغطية أسطح النحاس لحمايتها من الصدأ.
 5. 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 (الخرصين) من خامات الزنك ، ويعتبر من أهم خاماته ، حيث يحتوي على 30 إلى 50 % خرصين . ويجري استخلاص الزنك بإحدى طريقتين هما :-

1. طريقة التقطير.
 2. 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. يترسب 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 99.95 % من عنصر الخارصين.

خواص الزنك : Zinc Properties

1. لونه أبيض مائل للزرقة.
2. ينصهر عند درجة حرارة 420 °م.
3. يتداول في الأسواق على شكل ألواح أو مسحوق بالكيلوجرام.

استعمالات الزنك : Uses Of Zinc

- يستعمل الزنك في صناعات مختلفة أهمها الآتي :-
1. البطانات الخاصة بالمبردات.
 2. في صناعة الألواح والمواسير المجلفنة.
 3. الطلاء المقاوم للصدأ.

إنتاج الرصاص

Lead Production

يستخلص الرصاص من خاماته ، وتتراوح نسبة الرصاص بالخام المتوسط ما بين 6 % إلى 16 % ، 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 عل شوائب بنسبة تصل إلى 1.5 % ، ويحتوي الرصاص بعد تنقيته على نحو 99.95 % من عنصر الرصاص .

Lead Properties : خواص الرصاص

1. لونه رمادي مائل للزرقة ، ذو سطح غير لامع.
2. ينصهر عند درجة حرارة 327.5 °م.
3. معدن ثقيل ، يتداول في الأسواق بالكيلوجرام.
4. معدن طري ، سهل التشكيل ، يتأكسد بسرعة في الهواء.

Uses Of Lead : استعمالات الرصاص

1. يستعمل مع القصدير لتكوين سبائك تستخدم في عمليات لحام السمكرة.
2. يستعمل مع الأنثيمون في صناعة الرصاص الصلب.
3. تستعمل مركباته (أكسيد الرصاص الأصفر) في صناعة الزجاج والكريستال والفخار.

الباب الثالث

سباكة المعادن

Metals Casting

مَهْيَدٌ

تصهر المعادن وتصب في قوالب تحتوي 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 سباكة المعادن قد تطورت ، شأنها شأن الصناعات الميكانيكية الأخرى.

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

ويتناول الطرق المختلفة لختم القوالب الرملية .. (الختم في الريزق - الختم في الأرض - الختم بالفورمة - الختم بالماكينات)، ويتعرض لعمليات سباكة المعادن بالطرق الخاصة الحديثة مثل .. السباكة في القوالب المعدنية - السباكة بالطرد المركزي - السباكة بالنماذج المنصهرة - السباكة في القوالب القشرية - السباكة بالشمع الضائع.

كما يتعرض لأفران الصهر المختلفة ، ومميزات التشكيل بالسباكة ، 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 بالسباكة 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 4000 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 صناعته 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 ، يحتوي 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 4000 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 السباكة مع بعض الصناعات البدائية الأخرى ، كالحدادة واللحام في صنع الأسلحة والعدد اليدوية والأدوات والسلع الزخرفية ... 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 والماكينات وعلى أية حال .. فقد أصبحت صناعة السبابة شأنها شأن الصناعات الميكانيكية الأخرى ، حيث التطوير والتحسين مستمر.

تعريف السبابة : Casting Definition

هي إحدى أهم وأقدم عمليات التصنيع ، حيث يتم فيها صهر المادة المراد سبكها سواء كانت مادة حديدية أو غير حديدية حتى تصل إلى درجة حرارة معينة، يتم بعدها صب المصهور في قالب ، هذا القالب به التجويف الذي يمثل شكل المنتج المطلوب ، وعندما تبرد المادة وتتصلد يتم فتح القالب لإخراج المنتج الذي يكون قد أخذ نفس شكل الفراغ داخل القالب.

السبابة 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.

مميزات سبابة المعادن :

تتميز عمليات سبابة المعادن بالآتي :

1. يمكن استخدام عمليات السبابة في إنتاج الأشكال المعقدة التي تحتوي على تشكيلات داخلية وخارجية.
2. بعض أنواع عمليات السبابة يمكنها إنتاج الشكل بأبعاده النهائية أي بالدقة النهائية المطلوبة ، وبالتالي لا يتم إدخال المنتج لأي مرحلة تشغيل أخرى على أي ماكينة.

3. يمكن استخدام عمليات السباكة لإنتاج الأشكال الضخمة جدا والتي قد تصل زنتها إلى 100 طن وأكثر.
4. تستخدم عمليات السباكة على أي معدن يمكن الوصول به بالتسخين إلى درجة الانصهار
5. بعض أنواع عملية السباكة تصلح للإنتاج الكمي.

عيوب السباكة :

1. تأثر عمليات السباكة على بعض الخواص الميكانيكية للمادة.
2. عمليات السباكة العادية تكون غير دقيقة نسبيا.
3. خشونة الأسطح الناتجة من السباكة كما في السباكة الرملية
4. ظهور بعض عيوب السباكة مثل وجود فجوات داخل المسبوك وتسمى (البخبة).
5. درجة الأمان في عمليات السباكة أقل نسبيا من باقي أغلب العمليات الصناعية وذلك بسبب التعامل مع معادن منصهرة ذات درجات حرارة عالية ، وكذلك التأثيرات البيئية للعمليات السباكة.

الأدوات والمعدات المستخدمة في سباكة الرمال :

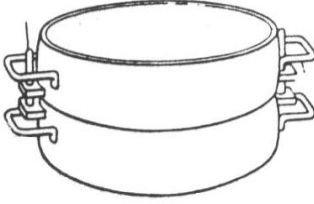
Sand Cast Equipments

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

1. الروازق : Moulding Boxes

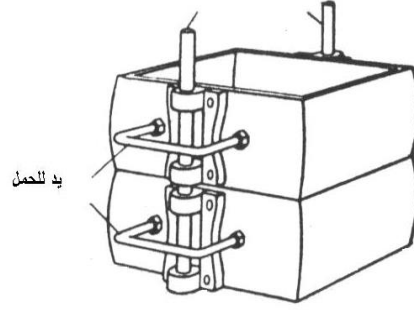
تجهز القوالب الرملية بالدك في هياكل ذات جسادة ومتانة عالية تسمى بالروازق . تصنع الروازق من الزهر أو الصلب أو من سبائك الألومنيوم بأشكال وأحجام مختلفة لتناسب المسبوكات المراد إنتاجها ، فيمكن أن يكون شكل الريزق مربع - مستطيل - مستدير كما هو موضح بشكل 3 - 1.

خوابير التثبيت



(ب)

خوابير التثبيت



(أ)

شكل 3 - 1

الروازق

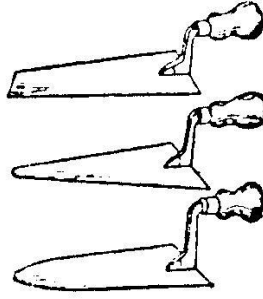
يتكون الريزق من جزئين .. يمكن التعبير عنهما ، بالجزء العلوي والجزء السفلي للريزق ، أو بريزق علوي وريزق سفلي . يثبت الجزئين العلوي والسفلي للريزق عن طريق دلائل ، كما توضع خوابير في الثقوب المعدة لذلك بحيث يأخذ وضعاً ثابتاً.

يتم اختيار الريزق بالحجم المناسب للنموذج ، بحيث لا تقل المسافات حول النموذج وجدران الريزق عن 50 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 إلي سهولة خروج الغازات من القالب.

2. التراولة :

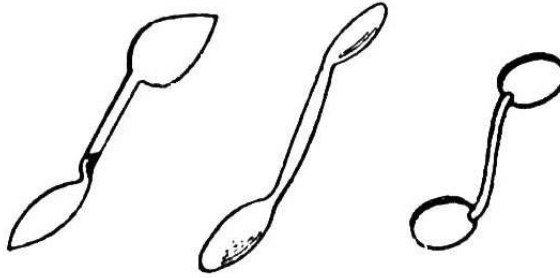
التراولة الموضحة بشكل 3 - 2 تشبه المسطرين المستعمل في البناء ، وتستخدم في سوية وتنعيم الأسطح المستوية للقالب بعد تشكيله.



شكل 3 - 2
التراولة

3. ملعقة الرمل :

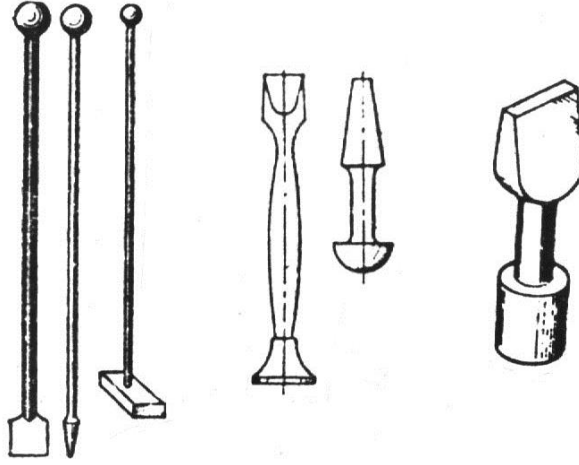
ملعقة الرمل الموضحة بشكل 3 - 3 تسمى إسبتولية ، وتستخدم في إزالة حبيبات الرمل الزائدة بغرض تنظيف القالب ، وشق قنوات الصب وعمل الترميمات المختلفة بالقالب ، كما تستخدم في تشطيب الأماكن الضيقة.



شكل 3 - 3
ملعقة الرمل

4. الرملية اليدوية :

الرملية اليدوية الموضحة بشكل 3 - 4 تستخدم في دك الرمل في القالب ، وتوجد بأشكال وأحجام مختلفة مدببة (سهمية الشكل) - مستديرة - مسطحة - مخروطية الخ.

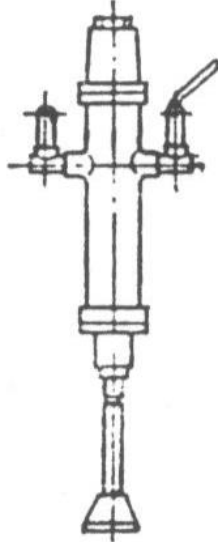


شكل 3 - 4

الرمليّة اليدويّة

5- الرملية الآلية :

الرمليّة اليدويّة الموضحة بشكل 3 - 5 تستخدم في دك رمل القوالب الكبيرة ، أو القوالب الأرضية في عمليات الختم الأرضي ، وهي تعمل بالهواء المضغوط.

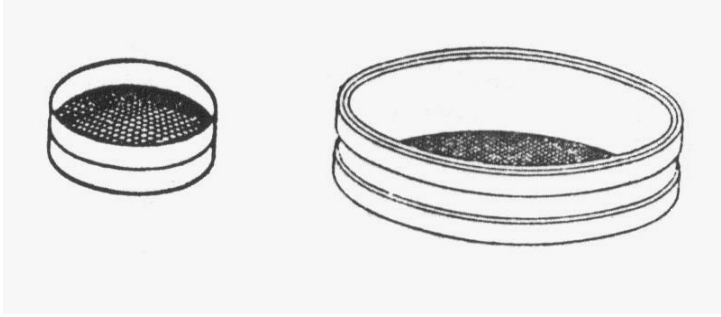


شكل 3 - 5

الرمليّة الآليّة

6. الغربال :

الغربال الموضح بشكل 3 - 6 يسمى أيضا بالمنخل ، ويستخدم في تنقية رمل الوجه من خلال حجزه للشوائب والأجسام الغريبة العالقة به ، ولتزويد القالب بالرمل الناعم حول النموذج.



شكل 3 - 6

الغربال

7. المنفاخ :

المنفاخ الموضح بشكل 3 - 7 (أ) يستخدم في طرد الرمل المتواجد في فراغ القالب.

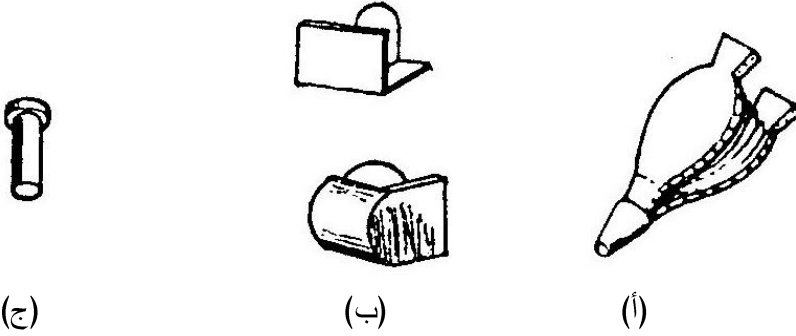
8. الركنية :

الركنية الموضحة بشكل 3 - 7 (ب) تستخدم لتسوية الأركان وفتح المجارى والقنوات.

9. المصب والمصعد :

المصب والمصعد الموضحان بشكل 3 - 7 (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 ، وخروج الغازات.



شكل 3 - 7

بعض الأدوات المستخدمة في السبابة

(أ) منفاخ. (ب) ركنية. (ج) المصب أو المصعد.

10. الفرشاة :

الفرشاة الموضحة بشكل 3 - 8 ، تصنع عادة من الكتان ، تستخدم بعد غمرها في الماء لترطيب أركان وتجاويف القالب قبل سحب النموذج ، لتجنب انهيار الرمل وسهولة خرج النموذج.



شكل 3 - 8

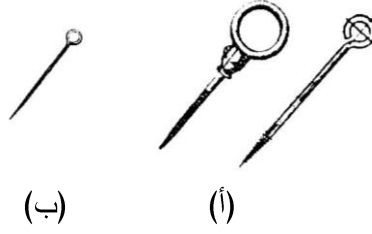
الفرشاة

11. شوكة الرفع :

شوكة الرفع الموضحة بشكل 3 - 9 (أ) هي شوكة ذات أطراف مدببة أو مقلوطة، تستخدم في سحب النموذج من القالب.

12. شوكة التنفيس :

شوكة التنفيس الموضحة بشكل 3 - 9 (ب) توجد بأشكال مختلفة ، يمكن أن تكون مستقيمة أو منحنية . تستخدم لعمل ثقب تنفيس بالقالب ، الغرض من هذه الثقوب هو خروج الغازات.



شكل 3 - 9

شوكتي الرفع والتنفيس

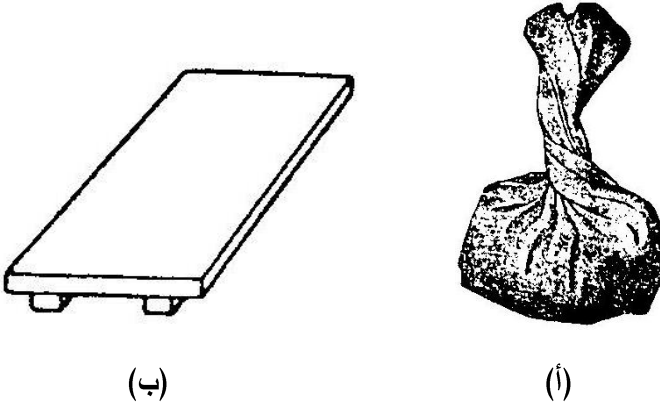
(أ) شوكة الرفع . (ب) شوكة التنفيس .

13. كيس التعبير :

كيس التعبير الموضح بشكل 3 - 10 (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.

14. لوحة التشكيل :

لوحة التشكيل الموضحة بشكل 3 - 10 (ب) تستخدم لوضع الريزق والنموذج عليها لإعداد القالب.



شكل 3 - 10

بعض الأدوات المستخدمة في السباكة

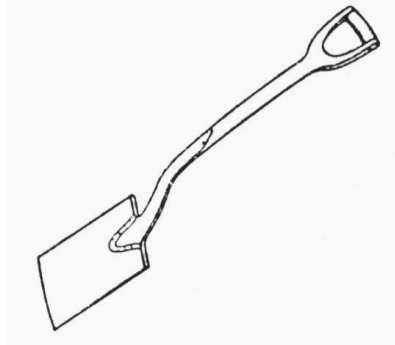
(أ) كيس التعبير . (ب) لوحة تشكيل.

15. صندوق الرمل :

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

16. الكريك :

الكريك الموضح بشكل 3 - 11 يستخدم في نقل الرمل إلى الريزق.



شكل 3 - 11

الكريك

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

رمل السبابة ورمل الدليك

تصنع القوالب الرملية من مواد تسمى بخلائط السبابة وتصنع الدلائيك من خلائط الدليك ، وعلى الرغم من إستعمال القوالب المعدنية في الإنتاج المسبكي الحديث إلا أن 90 % من المسبوكات لا تزال تنتج عن طريق القوالب الرملية من رمل السبابة الذي يتكون أساساً من الرمل والطين مع بعض الإضافات. يجب أن يكون رمل السبابة والخلائط التي تجهز منه للسبابة ولصناعة الدليك رخيصة وأن تكون عجنتها ذات خواص معينة .. كالمقاومة — إنفاذية الغازات — مقاومة للحرارة — طول مدة الإستعمال والإنضغاط.

يتكون الرمل الطبيعي المستخدم في صناعة القوالب والدلائيك من رمل الكوارتز الذي ينصهر عند درجة حرارة حوالي 1770 °م، 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. تصنع القوالب الرملية من خلائط تسمى بخلائط السباكة ، وتصنع الدلائيك من خلائط الدليك

مواصفات رمل المسبك ورمل الدلائيك :

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

1. سهل التشكيل :

هي قدرة القالب الذي يحتوى على رمل المسبك على اتخاذ شكل النموذج المختوم بدقة ، والاحتفاظ بهذا الشكل عند سحب النموذج ، علماً بأن الرمل المشكل الذي يحتوى على طفل (مواد طينية) يتزايد قدرته على التشكيل عند احتوائه على ماء بنسبة حتى 8 %.

2. نفاذية الغازات :

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

3. مقاومة الحرارة :

تحدد قدرة الرمل على تحمله لدرجة الحرارة العالية للمعادن المنصهرة والمصبوبة في القوالب ، دون أن ينصهر أو يحترق ملتصقاً بسطح المسبوكية. وعندما تكون مقاومة الرمل للحرارة منخفضة ينتج عن ذلك تكون طبقة من المعدن المحترق على سطح القطعة المسبوكية .. الأمر الذي يؤدي إلى تشغيلها وتشطبيها على الآلات القاطعة بتكاليف مرتفعة.

4. توصيل الحرارة :

يجب أن يكون خاصية الرمل المستعمل في المسبك ذي توصيل حراري منخفض ، لكي يبرد القالب الرملي بعد صبه في وقت كاف ، بحيث لا تتأثر بنية المسبوكات . ولا يمكن استعمال الرمل بحالته الطبيعية لصناعة القوالب والداليك ، بل يجب أن يحتوى رمل المسبك على خليط من عدة مواد مختلفة ، تعطى الخواص المطلوبة ، لذلك عند اختيار خلائط 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).

5. 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.

6. طول مدة الاستعمال :

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

تحدد خصائص الرمل والخلائط بإجراء إختبارات لها في مختبرات الرمل على أجهزة خاصة ، ولا يمكن إستعمال الرمل المستخرج بحالته الطبيعية لصناعة القوالب والداليك ، إذ يجب فى الغالب أن يكون الخليط المسبكي وخليط الداليك من عدة مواد مختلفة، ويمكن تقسيم خلائط المسبك إلى الآتي :-

○ حسب نوع المعدن - إلى خلائط لسباكة الزهر أو الصلب أو المعادن غير الحديدية.

○ حسب حالة الرمل فى القالب - إلى خلائط لقوالب رطبة وجافة.

○ حسب إستعمالها فى القالب - إلى خليط ظهارة وخليط حشو وخليط عام.
يمكن إجراء جميع أنواع السباكة بالختم فى الرمل الرطب فى جميع الأحوال
إلى خليط يسمى بالرمل القليل العضوية الذي يحتوى على 8 - 15 % طين و
4.5 - 5.5 % رطوبة.
يضاف إلى خلط سباكة الزهر غبار الفحم الحجري لتجنب إحتراق الرمل
والتصاقه بالمسبوكات.

يستعمل للقوالب الجافة ما يعرف برمل المسبك المدهن ، ويحتوى على 20
% طين، كما يجب أن تكون حبيبات الرمل به أكبر من تلك المستعملة للقوالب
النيئة ، وتضاف إلى الخليط المستعمل للقوالب الجافة لتحسين عجنته وإنضغاطه
إضافات عضوية هى الفحم النباتي والنشارة وغيرهما ، وينثر خليط الظهارة أو
ينخل على شكل طبقة سمكها 20 - 30 مم على النموذج لتكوين السطح الداخلى
العامل للقالب الذى يتلامس مع المعدن السائل، ويملاً باقى القالب بخليط الحشو
الأرخص والأقل جودة بدكة فى الريزق.

يتكون خليط الحشو أساساً من الرمل الراجع .. أى الرمل المحترق بعد
إخراج المسبوكات ، ويضاف إليه الماء وأحياناً الرمال الطينية والكورانتزية لجعله
طازجاً.

يجب أن تكون خلاط الظهارة أكثر جودة من خلاط الحشو ولذلك يضاف
إليها عند تجهيزها 40 % من الرمل الطازج.

يستعمل للختم الميكانيكى عند الإنتاج بالجملة ما يعرف بالرمل العام أو
الموحد ويملاً به الريزق كله . ويضاف عند تجهيز الخليط المسبكي العام إلى
الرمل المحترق السابق استعماله قبل ذلك بنسبة 7 - 15 % من المواد الطازجة
(الرمال الطينية) ، ويمكن أن يكون خليط الدليك من نوعين حسب التركيب ..
رملياً طينياً ، أو خليط يعتمد على مواد رابطة خاصة.

تستعمل كمادة رابطة لخليط الدليك بالإضافة إلى الطين زيت الكتان وبديلانه
(الرماتول ومحاليل الزيوت النباتية والشحوم فى اللاكيه الكيوسيني وغيرها) ،
والقفونية والقار والبيتومين والقلوى الكبريتى والأسمنت . وبعد تجفيف الداليك فى

درجة الحرارة المناسبة تأخذ الدلائك المتانة المطلوبة ، ولحماية المسبوكات من التصاق الرمل المحترق بها يغطى سطح تجويف القالب و سطح الدليك بطبقة رقيقة من مواد خاصة مضادة لالتصاق الرمل المحترق ، حيث يغطى سطح القوالب الرطبة لسباكة الأجزاء الزهر بطبقة رقيقة من الفحم الخشبي المسحوق أو الجرافيت المسحوق وذلك بهز كيس من قماش رقيق ممتلئ بالرماد فوق القالب ويرش سطح القوالب الرطبة لسباكة الصلب بمسحوق الكوارتز .

ولما كان الغبار لا يلتصق بسطوح القوالب الجافة والدلائك فإنها تغطى بطلاءات السباكة.

ترش الأسطح العاملة بالجرافيت المسحوق أو بدائله لمنع التصاق الرمل بالنموذج أو بصندوق الدليك ، كما يرش سطح إنفصال القالب برمل نهري ناعم جاف يسمى برمل الفصل حتى يمكن فصل نصفى القالب دون إتلاف سطح الإنفصال.

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

8. اقتصادي : تكاليفه رخيصة الثمن.

تكنولوجيا تجهيز خلأط المسبك والدليك والمواد المساعدة:

تتكون عملية تحضير خلأط المسبك والدليك من العمليات التالية :-

1. عملية التجهيز الأولى للمواد الرملية - الطينية الطازجة المستخرجة من المحاجر.

2. التجهيز الأولى للرمل المستعمل (الرمل المحترق) الذي يحصل عليه بعد إخراج المسبوكات.

3. تجهيز خليط من المواد المكونة المجهزة تجهيزاً أولياً.

المصطلحات المستخدمة في تسمية رمل المسبك :

لا يمكن استعمال الرمل المستخرج بحالته الطبيعية من الأرض لصناعة القوالب الرملية والدلائك ، 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 :-

1. 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 25 ملليمتر.

2. 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 :-

1. الرمل : Sand

يوجد بالمخلوط بنسبة من 50 % إلى 95 % من الرمل النقي.

2. الطفل : Sand

يعتبر الطفل والماء هما المواد الرابطة لرمل المسبك . يحتوى رمل المسبك SAND على نسبة من 2 % إلى 50 % طفل ، الذي يعتبر المصدر الرئيسي للمطاوعة ومقاومة الإجهادات بالقالب الرملي.

3. الماء : Water

يكتسب خليط رمل المسبك المطاوعة (قابليته للتشكيل) عند إضافة الماء بنسبة تتراوح من 1.5 % إلى 8 % إلى الخليط المكون من الرمل والطفل.

تحضير المواد الرملية - الطينية الطازجة :

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

يوجد في المسابك الحديثة أفران ميكانيكية لتجفيف المواد الرملية .. الطينية ، يمكن أن تكون بشكل رأسي أو بشكل أفقي . تستخدم هذه الأفران لطحن خليط الرمل بصورة أسهل وأسرع ، بحيث تسمح بضبط ترطيب الخلائط ضبطاً صحيحاً ، ويجرى نخل رمال المسبك بواسطة مناخل مختلفة الأنواع.

تحضير الرمل المستعمل (المحروق) : Preparation Of Burnt (Used) Sand :

يحضر الرمل المحروق الذي سبق استعماله بالقوالب الرملية والمستخرج من الروازق من خلال العمليات التالية :-

1. تكسير كتل الرمل المحترقة بتمريرها في اسطوانات ناعمة آلية.
2. فصل الجزيئات المعدنية العالقة به باستخدام فاصلات مغناطيسية.
3. فصل الجزيئات الكبيرة والمواد الغريبة عن طريق استخدام مناخل أسطوانية يدوية، أو مناخل اهتزازية آلية.
4. يفرغ الرمل من الخلاط في صناديق خزن نسع ما يكفى ساعتين أو ثلاث ساعات ، حيث تتوزع الرطوبة على الرمل توزيعاً أكثر تساوياً وانتظاماً.
5. بقاء الرمل فترة .. ثم يخلل في مخلخلات الرمل.

تكنولوجيا تجهيز خلائط المسبك والدليك والمواد المساعدة:

- تتكون عملية تحضير خلائط المسبك والدليك من العمليات التالية :-
1. عملية تجهيز الأول لمواد الرملية الطينية الطازجة المستخرجة من المحاجر.
 2. التجهيز الأول للرمل المستعمل (المحترق) الذي يحصل عليه بعد إخراج المسبوكات.
 3. تجهيز خليط من المواد المكونة المجهزة تجهيزاً أولياً.

قسم تحضير الرمل :

يوجد بالمسابك الحديثة أقسام لتجهيز الرمل .. وهي عبارة عن مجموعة معقدة من التركيبات الميكانيكية التي تجهز خلائط المسبك والدليك ، ومن الناقلات المستعملة لنقل المواد الخام وتوصيل الخلائط الجاهزة إلى أماكن استعمالها

مجموع النموذج وصندوق الدليك

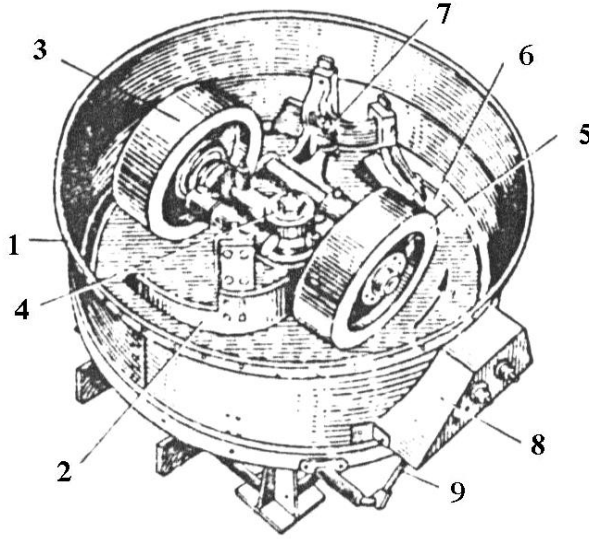
لإعداد القالب لصب المعدن فإنه يجب وجود نموذج يشابه الشكل الخارجي

للجزء المراد سباكته ، أما التجاويف الداخلية فإنها تتكون من خلال وضع قوالب معينة (دلايك) في القالب ، وتجهز هذه الدلايك في صندوق الدليك من خليط مناسب.

خلاط الرمل:

تجرى عادة تحضير خليط الرمل الطازج في خلاط الرمل كالموضح بشكل 3 — 12 وهو عبارة عن وعاء أسطواناني ثابت يحتوى بداخله على عجلتين ذات أسطح خارجية ناعمة 3 ، 5 يدوران حول محور رأسي 4 كما يدوران حول محورهما الأفقي . يتوجه الرمل المصبوب في الوعاء الأسطواناني 1 باستمرار عن طريق النصابين الموجهين ، حيث يوجه النصاب 2 الرمل إلى أسفل العجلة 3 ، ويوجه النصاب 7 الرمل إلى أسفل العجلة 5 ، ثم يتجه الرمل المطحون إلى خارج الوعاء بواسطة النصابين من خلال الفتحتين 6 المثبتين على طرفي قاع الوعاء . وتفتح الفتحتين 6 وتغلقان عن طريق أسطوانات هوائية موضوعة في الصندوق 8 بواسطة الشدادات 9.

ينعم الرمل نتيجة الاحتكاك الشديد للعجلتين بالرمل ، كما تتوزع الرطوبة على الرمل كله توزيعاً منتظماً ، ثم يتوجه الرمل الناعم من الخلاط إلى صناديق خزن تسع ما يكفي ساعتين أو ثلاث ساعات من العمل ، حيث تتوزع الرطوبة على الرمل كله توزيعاً أكثر تساوياً وانتظاماً.



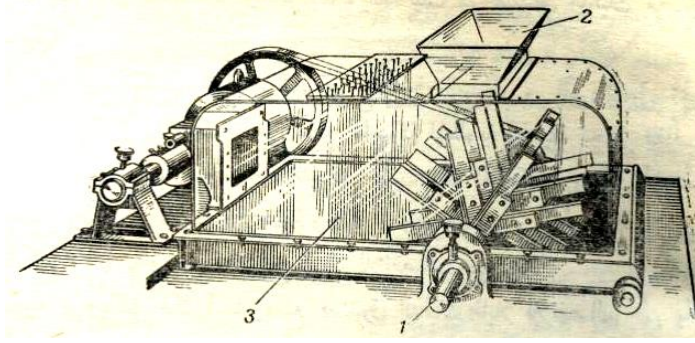
شكل 3 - 12

تحضير الرمل الطازج باستخدام خلاط رمل

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. وعاء أسطواني. | 5. عجلة. |
| 2. نصاب. | 6. فتحة خروج الرمل. |
| 3. عجلة. | 7. نصاب. |
| 4. محور رأسي. | 8. صندوق. |
| | 9. شدادتين. |

مخلل الرمل :

يتكون مخلل الرمل الموضح بشكل 3 - 13 من عمود أفقي 1 عليه أنصبة مثبتة وجنازير 3 معلقة تعليقاً حراً في الغطاء ، يصب الرمل الساق تجهيزه بخلاط الرمل في قمع الماكينة 2 باستمرار ليتساقط على الأنصبة التي تلقية على الجنازير المعلقة 3 التي تقوم بخلخلته ، ثم يقع الرمل على الجهة الأخرى من الجنازير ويتجه إلى فتحة الخروج ومخلخلات الرمل ذات إنتاجية عالية (10 - 80 مم³ / ساعة) وتستعمل عادة في المسابك الآلية للإنتاج بالجملة ، ويخلل الرمل عند تجهيز كميات محدودة من خلال تقلبيه بالكريك فقط.



شكل 3 - 13

مخلل الرمل

رمل الدلييك Core Sand :

رمل الدلييك 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 الدلييك هو مخلوط الرمل .. يتميز مخلوط رمل الدلييك بالخواص التالية :-

1. سهل التشكيل.
2. مقاومته مرتفعة للإجهادات ، وخاصة بعد عملية التجفيف والتحميص.
3. ذو قوام متماسك.
4. سهولة إزالته من المصبوبات بعد تجمدها.
5. الاحتفاظ بخواصه عند تخزينه وهو محمص لفترات طويلة.

المواد المستخدمة في صناعة الدلاييك :

يعتبر الرمل من المكونات الأساسية بالدلاييك ، يضاف إليه مواد رابطة الغرض منها هو تماسك ومتانة الرمل الأخضر وأيضا الرمل المحمص . يتكون مواد الدلاييك من الآتي :-

1. **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.

2. 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 إلي الآتي :-

(أ) المواد الرابطة العضوية : Organic Binder Materials

هي مواد قابلة للاحتراق ، وتتلف وتفقد خاصية الربط والتماسك عند حوالي 900 °م ، ومع ذلك فهي تساعد على مقاومة خليط الدلايك 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 الدلايك . من أهم مميزات المواد غير العضوية أنها تعطى 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 رطبا مقاومة عالية للإجهادات.

اختبار رمل الدليك : Core Sand Test

يختبر مخلوط رمل الدليك بالمختبرات الخاصة لسباكة 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.

3 – مجموع النموذج وصندوق الدليك

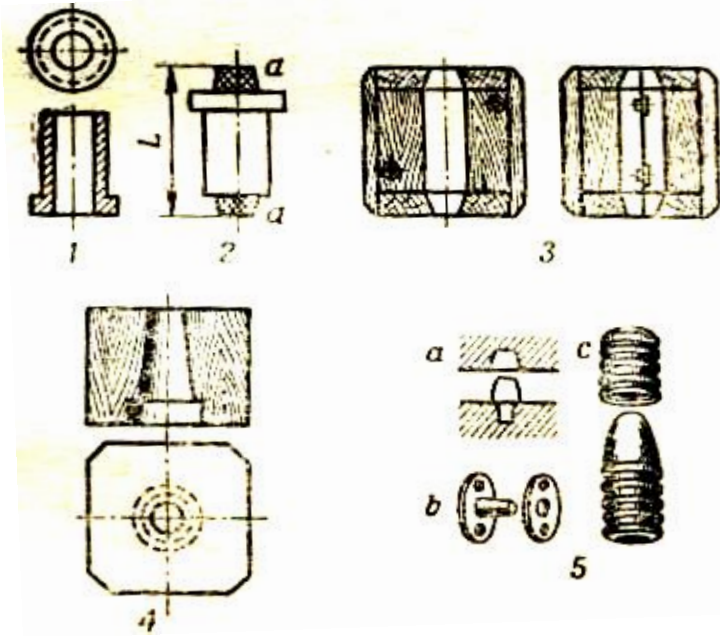
لإعداد القالب لصب المعدن نحتاج الى نموذج يشايه شكله الخارجى شكل المسبوكة المطلوبة ، وتتكون التجاويف الداخلية المسبوكة بوضع قلوب معينة (دلالك) فى القالب . وتجهز الدلاليك فى صندوق الدليك من خليط مناسب.

يتوقف تركيب مجموعة النموذج وصندوق الدليك التى تشمل النموذج وجميع صناديق الدليك على شكل المسبوكة المطلوبة وطريقة تجهيز القالب.

تجهز مجموعة النموذج وصندوق الدليك حسب رسم المسبوكة ، ويمكن أن تصنع النماذج وصناديق الدليك من قطعة واحدة أو من قطعتين أو أكثر بحيث تكون قابلية للإنفصال.

يصنع النموذج قابلاً للإنفصال حتى يمكن سحبه من القالب بسهولة ، وبالمثل فكثيراً ما يصنع صندوق الدليك قابلاً للإنفصال حتى يكون من السهل تجهيز الدليك فيه وإخراجه منه دون تلف كما هو كوضح بشكل 3 – 14.

تصنع جدران النموذج الرأسية مسلوكة قليلاً لتسهيل إخراج النموذج من القالب وتجعل السلبية فى النماذج الخشبية عادة فى حدود 1 – 3° وتصنع النماذج المعدنية للختم بالماكينات بسلبية 0.5 – 1.0°.



شكل 3 - 14

مجموعة ختم النماذج

1. مسبوكة جاهزة لجلبة
 2. النموذج اللازم لها الذي يختلف عن المسبوكة بكونه مصمتاً وليس مجوفاً كما أن به بروزات aa تسمى (بدليل الدليك) ، تستعمل لتكوين طبقات فى القالب ليرتكز عليها الدليك عند وضعه بها.
 3. صندوق دليك من نصفين للجلبة.
 4. صندوق دليك من قطعة واحدة لدليك مخروطى الشكل.
 5. دسر خشبية ومعدنية a , b , c لتوصيل أجزاء النموذج وصناديق الدليك.
- ولما كان المعدن المصبوب فى القالب ينكمش عند التجمد والتبريد ، فإن النموذج يجب أن يصنع بمقاسات أكبر قليلاً من مقاسات المسبوكة ، بحيث يكون مقدار الإنكماش الطولى للسبائك النحاس والألومنيوم 1.0 - 1.5 % . وكثيراً ما تستعمل لسهولة القياس عند صنع النماذج (مسطرة إنكماش) وبها يؤخذ بعين الإعتبار الإنكماش الطولى للسبائك الصناعية المعنية.

يراعى عند صنع النموذج إعطاء زيادات في الأبعاد للتشغيل الميكانيكى ، أى زيادة سمك طبقة المعدن التى سنجرى عليها عمليات التشغيل على آلات الورش. تعطى عند الختم بالماكينات إعطاء زيادات في الأبعاد المراد تشغيلها على آلات القطع أقل مما تعطى عند الختم اليدوى نظراً لأن السبابة فى هذه الحالة أكثر دقة ، وتحدد المواصفات القياسية أو الشروط الفنية معدلات الزيادات في الأبعاد لغرض التشغيل على المخارط والمقاشط وآلات التفريز .

يستعمل الخشب لصنع النماذج وصناديق الدليلك فى الإنتاج الفردى وبالمجموعات الصغيرة ، وتستخدم المعادن عند الإنتاج بالجملة. يجب أن يكون الخشب المستعمل لصنع معدات الختم على شكل الواح ومجففاً جيداً وألا يحتوى على أكثر من 10% رطوبة.

ولتجنب الإعوجاج تلتصق عدة طبقات من الخشب بالغراء ، ثم تربط تحت الضغط فى منجلة حتى تجف لتكون الخامة التى تستعمل لصنع النماذج وصناديق الدليلك . وبعد ذلك تشغل هذه الخامة يدوياً أو بالماكينات.

أبعاد النموذج والصندوق :

تراجع جميع أبعاد النموذج أو الصندوق حسب أبعاد المسبوكية ، وتسوى الخشونات والحفر بمعجون يصنع من مسحوق الطباشير وزيت الزيتون أو الغراء ، ثم يدهن النموذج بطلاء زيتى ويطلّى بلاكية قلوئى للحصول على سطح عامل ناعم ولمنع إمتصاص الخشب للرطوبة من رمل السبابة والدليلك .

تطلّى نماذج مسبوكات الزهر عادة باللون الحمر ، وتطلّى نماذج المسبوكات من سبائك النحاس الأصفر والمستعملة لسبابة الصلب باللون الأزرق.

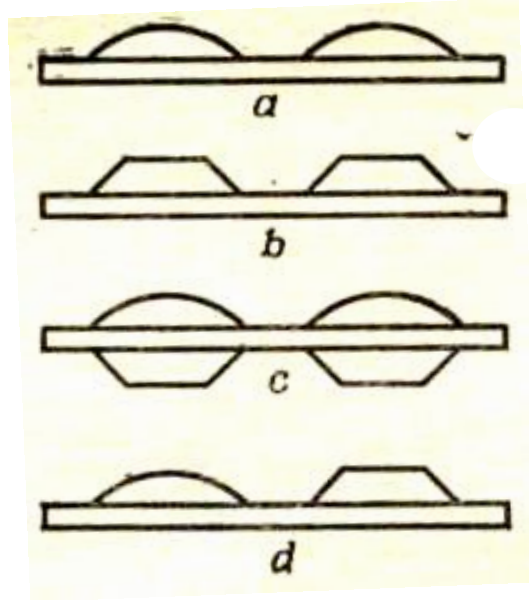
النماذج المعدنية :

تستعمل النماذج المعدنية على نطاق واسع فى الإنتاج المسبكى الحديث كما تستعمل عند الختم بالماكينات . تتميز هذه النماذج على النماذج الخشبية بكونها أكثر دقة وأطول عمراً وذات سطح أنعم.

تركب النماذج المعدنية عادة على لوحة معدنية وتسمى اللوحة وأجزاء النموذج المركبة عليها تركيباً متيناً (بلوحة النموذج) . شكل 3 – 14 السابق

يوضح طرق وضع أجزاء النموذج على اللوحة ، بحيث يمكن أن تكون لوحات النماذج بجهة واحدة كما هو موضح ب a , b ، عندما تثبت أجزاء النموذج العلوية فقط أو السفلية فقط على ناحية واحدة من اللوحة ، أو بجهتين كما هو موضح ب c .

عندما تثبت أجزاء النموذج بالتماثل بالنسبة لسطح الانفصال على ناحيتي اللوحة ، أو عكسية (الشكل السابق 3 — 15 d) ، عندما يثبت نصف النموذج على ناحية واحدة من اللوحة بحيث يمكن أن يكملا بعضهما عند إدارتها 180° ، كما تثبت على لوحة النموذج نماذج مانعات الخبث وقنوات التغذية وقواعد المصبات ، مما يخلص فني السباكة من عمل كبير متعب لتجهيز أجزاء نظام الصب.



شكل 3 — 15

أنواع الختم

a , b .. بجهة واحدة.

c بجهتين.

d قابلة للعكس.

صناديق الدلييك المعدنية :

تصنع صناديق الدلاييك المعدنية إما من قطعة واحدة مسبوكة مع تشغيل ميكانيكى بسيط ، أو بالتشغيل الميكانيكى على مخارط نسخ خاصة ، وتصنع النماذج المعدنية وصناديق الدلييك من سبائك الومنيوم خفيفة ، ويستعمل نادراً الزهر والبرونز والنحاس الأصفر .

صناعة الدلاييك

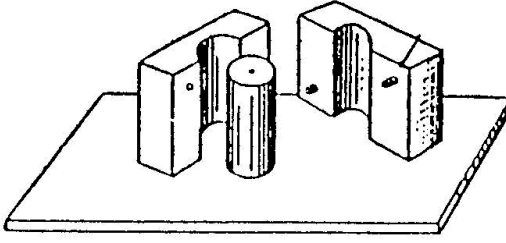
Cores Manufacturing

تستعمل الدلاييك لتكوين الفراغات اللازمة للمسبوكات . وتتعرض لاجهادات مختلفة أثناء صب المعادن المنصهرة في القوالب ، حيث تؤثر ضغوط المعادن المنصهرة التي تحاط بها من جميع الجهات وتعرضها للكسر أو التثني ، ومن ثم فإنه يجب أن تكون الدلاييك مصنوعة بمتانة عالية مع الجودة في نفاذية الغازات ، لذلك فإن الدلاييك تصنع من مخلوط يحتوى على رمل من أجود الأنواع ، وهو العنصر الأساسى ، مضافاً إليه مواد رابطة مناسبة.

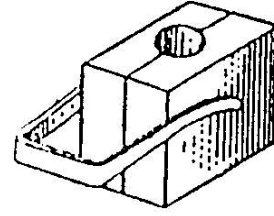
تجهيز الدلاييك يدوياً : Manual Cores Preparation

تستعمل صناديق لتجهيز الدلاييك 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 3 - 16 (أ).

عند تصنيع الدلييك يوضع صندوق الدلييك على لوحة خشبية ، ويجمع نصفى الصندوق ويحكم من خلال قامطة ، ثم يوضع مخلوط رمل الدلييك من الفتحة العليا للصندوق حتى يمتلأ تماماً ، ويدك جيداً ، ثم تنزع القامطة ، ويبعد نصفى الصندوق عن بعضهما ليظهر الدلييك الموضح بشكل 3 - 16 (ب).



(ب)



(أ)

شكل 3 - 16

الدليك وصندوق الدليك

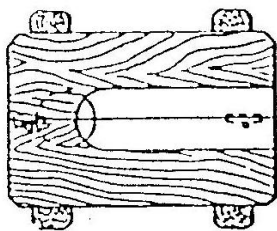
(أ) صندوق الدليك.

(ب) الدليك بعد تجهيزه.

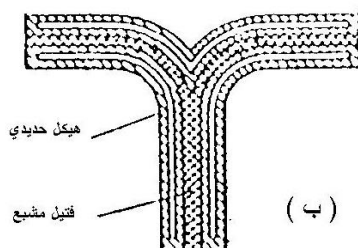
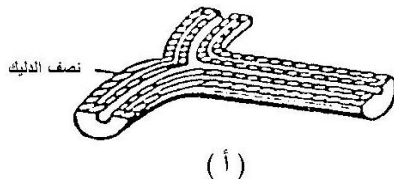
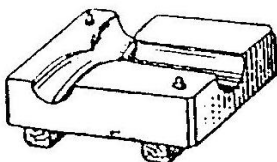
يمكن صناعة الدليك من قطعة واحدة أو من قطعتين ، كما تصنع الدلائيك ذات الأشكال الصعبة من عدة قطع ، ثم تلتصق مع بعضها البعض بمواد رابطة تتحمل درجات حرارة العالية للمعدن المنصهر أثناء صبه بال قالب ، كما يمكن تجهيز الدلائيك ذات الأشكال الخاصة والمعقدة شكل 3 - 17 (أ) وذلك بمليء مخلوط الرمل في كل نصف صندوق على حدة ودكه ، وينزع نصفي الدليكين ، ويجففان ، ثم يلصقان باستخدام مواد لاصقة مناسبة مثل طين الصلصال ، أو ماء ساخن مع نشا.

ولتحسين التهوية تنقب 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 3 - 17 (ب).



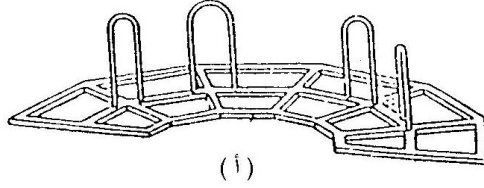
أحد نصفي صندوق الدليك



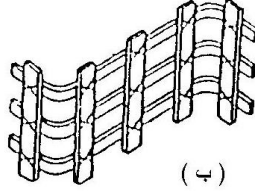
شكل 3 - 17

تجهيز الدلايك

وعند تجهيز الدلايك المكونة من نصفين ، يفضل حفر قناة أو قنوات للتهوية في مستوى سطح الانفصال في إحدى أو في كلي النصفين ، كما يمكن تزويد الدلايك المختلفة الأشكال وخاصة الأشكال المعقدة أثناء دكها بهياكل من الزهر المسبوك كما هو موضح بشكل 3 - 18 (أ) ، أو بخص حديدية مجمعة باللحام كما هو موضح بشكل 3 - 18 (ب) وذلك للرفع من متانتها.



(أ)



(ب)

شكل 3 - 18

تجهيز الدلايك ذات الأشكال المعقدة

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

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

تجهيز الدلايك باستعمال فورمه :

Preparation Of Cores By Using A Pattern

تستعمل لصنع الدلايك الكبيرة بشكل أجسام دورانية ماكينة عبارة عن قاعدتين من الزهر شكل 3 - 19 . فتركب على المحور المعدنى المستدير ماسورة 1 بها عدد من الثقوب ، ثم يوضع المحور بطرفيه فى تجويفى القاعدتين ويدار بواسطة اليد .

لتحسين إنقاذية الدليك للغازات وتداعية بلف حبل مجدول 2 حول الماسورة ، ثم يمل الحبل بالماء ويحاط بطبقة من طين التشكيل . بعد ذلك تثبت بطول الدليك فورمة خشبية 3 بوظيفة القاطع . ثم تدار الماسورة عن طريق اليد فنقطع الفورمة الطين الزائد ويأخذ الدليك الشكل المطلوب .

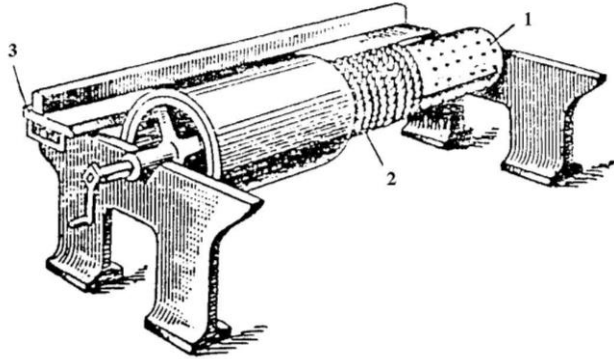
تستعمل فى الورش الحديثة لسباكة المعادن لتجهيز الدلايك استعمالاً واسعاً الماكينات وماكينات الرج (الهز) وماكينات قذف الرمل (قاذفات الرمل) التى تشبه إلى حد كبير ماكينات الختم . ويتسع فى صناعة الجملة والإنتاج فى

مجموعات ، استخدام ماكينات نافخة للرمال لصنع الدلائك وتقوم هذه الماكينات بملء صناديق الدليك بالرمال (نفخ الرمل).

تستعمل لصناعة الدلائك الأسطوانية ذات الأحجام الكبيرة ماكينات خاصة شكل 2 - 16 وهي عبارة عن قاعدتين من الزهر ، يركب عليهما محور معدني مستدير ، ينتهي بمقبض يمكن دورانه باليد.

يركب على المحور المستدير ماسورة كبيرة 1 تحتوى على أعداد كبيرة من الثقوب ، ثم يوضع المحور المستدير في تجويف القاعدتين ، ويدار عن طريق المقبض اليدوي.

ولتحسين نفاذية الدليك للغازات ، يلف حبل مجدول 2 حول الماسورة 1 ، ثم يبلل الحبل بالماء ويحاط بطبقة من المخلوط الرمل الخاص بالدلائك . ويحدد قياس القطر الخارجي لأسطوانة الدليك أثناء تصنيعها من خلال تثبيت قطعة خشبية 3 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 3 - 19

تجهيز دليك أسطواني بقطر كبير باستخدام فورمة

1. ماسورة طويلة ذات قطر كبير.
2. حبل مجدول.
3. قطعة خشب طويلة.

تجهيز الدلائيك آليا : Mechanical Predation Of Cores

تجهز الدلائيك في ورش السباكة الحديثة آليا باستخدام ماكينات خاصة لذلك ، حيث توجد ماكينات لتجهيز الدلائيك بطرق مختلفة مثل ماكينات الكبس - ماكينات الرج (الهز) - ماكينات القذف بالرمل ، كما تستعمل ماكينات أخرى لملي صناديق الدلائيك بطريقة نفخ الرمل .
تتميز ماكينة تصنيع الدلائيك بطريقة النفخ بإنتاجها الكمي ذو الجودة العالية .

6 - تجفيف القوالب والدلائيك :

تصنع قوالب السباكة اللازمة لصب المسبوكات السمكية الجدران والنقيلة والمعقدة الشكل والكثيفة من رمل ختم دهني أو من الطين . ولرفع متانة القوالب وإنقاذية الغازات بها ولتقليل تكون البخار بها عند صب المعدن تجفف هذه القوالب ، وإن كانت عملية التجفيف تعقد عملية الغنتاج وترفع من تكاليف المسبوكات وعند صب المعدن تحاط الدلائيك في القالب بالمعدن السائل الموجود في درجات حرارة عالية لذا يجب أن تكون الدلائيك عالية المقاومة ومنفذة للغازات فلهذا فإن الدلائيك الرطبة في الأماكن التي تتطلب ذلك

وتجفف القوالب الرملية المعتادة والدلائيك المصنوعة من الطين مع إضافات عضوية في أفران التجفيف عند درجات حرارة لا تزيد عن 300 - 350 م°
شكل 108 فرن تجفيف دورى العمل بالتسخين المستمر ذو رفوف متحركة

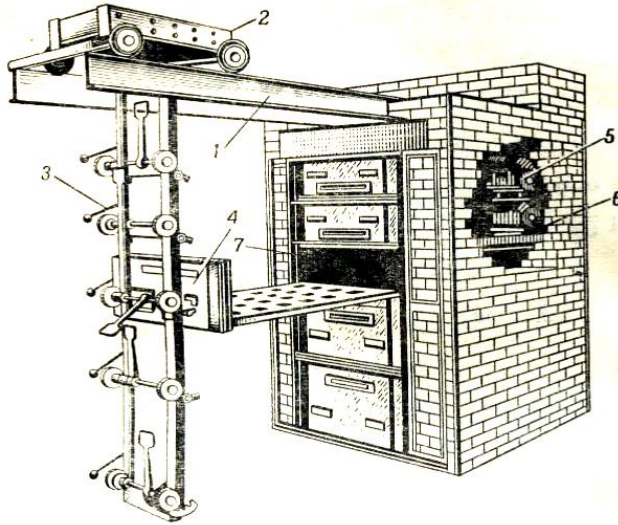
فرن التجفيف الدورى العمل :

يستعمل فى الإنتاج المسبكى لتجفيف القوالب التى يمكن نقلها ، وتنتشر انتشاراً واسعاً فى المسابك أفران التجفيف الغرفية ذات العربات المنزلقة ، وتوضع القوالب والدلائيك على العربات التى تنزلق على قضبان إلى غرفة الفرن خلال باب فى الجدار الطرفى للفرن . وافران هذا النوع قد تكون نافذة أو مسدودة .
تستعمل لتجفيف الدلائيك الصغيرة على نطاق واسع دواليب التجفيف وهى عبارة عن غرفة مستمرة التسخين شكل 3 - 20 .

تتحرك على العارضتين 1 عربة 2 يثبت بها إطار معلق ذو تركيبة لقطر الرفرف وسحبها من الدولاب . ويقرب الرفرف وسحبها من الدولاب . ويقرب العامل الإطار إلى واجهة دولاب التجفيف ، ويعشق الخطاطيف 4 بالبروز الموجود بالجدار الأمامي لأي رف وذلك بإدراة اليد 3 ، ثم يسحب الرف من الدولاب وعليه الدلائيك الجافة وذلك بتحريك العربة في اتجاهه وينزلق الجزء الخلفي من الرف على عجلتين صغيرتين 3 على الزاويتين 6 بداخل الدولاب يغلق الجدار الخلفي 7 للرف في وضعه الجديد بعد سحب الدولاب ، فيمتنع بذلك تسرب الغازات منه . ويركب فوق الرفرف المتحركة غطاء السحب الغازات المتكونة عند تجفيف الدلائيك .

وتستعمل لتسخين دواليب التجفيف جميع أنواع الوقود - الصلب والسائل والغازي

تستعمل بالإضافة إلى أفران التجفيف المتقطعة العمل بمسابك المصانع الميكانيكية الكبرى أفران تجفيف متواصلة العمل ذات نظام لنقل الدلائيك وتكون هذه الأفران رأسية أو أفقية .



شكل 3 - 20

فرن تجفيف دوري العمل بالتسخين المستمر ذو رفوف متحركة

1. عوارض.
2. عربة بإطار.
3. مقبض.
4. خطاطيف.
5. عجلات.
6. زوايا.
7. الجدار الخلفي.

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 :-

- 1 . السباكة في القوالب الرملية.
 - 2 . السباكة في القوالب المعدنية.
 - 3 . السباكة بالطرد المركزي.
 - 4 . 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 :-

1. 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.

2. 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 40 قطعة دون أن يستهلك.

3. القوالب المعدنية : Metal Moulds

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

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 :-

1. تشكيل وتجهيز النموذج.
2. تجهيز القالب الرملي.
3. تجهيز الدليوك .. في حالة وجود فراغ في الجزء المراد سباكته.
4. صهر المعدن.

5. صب المعدن المنصهر في القالب.

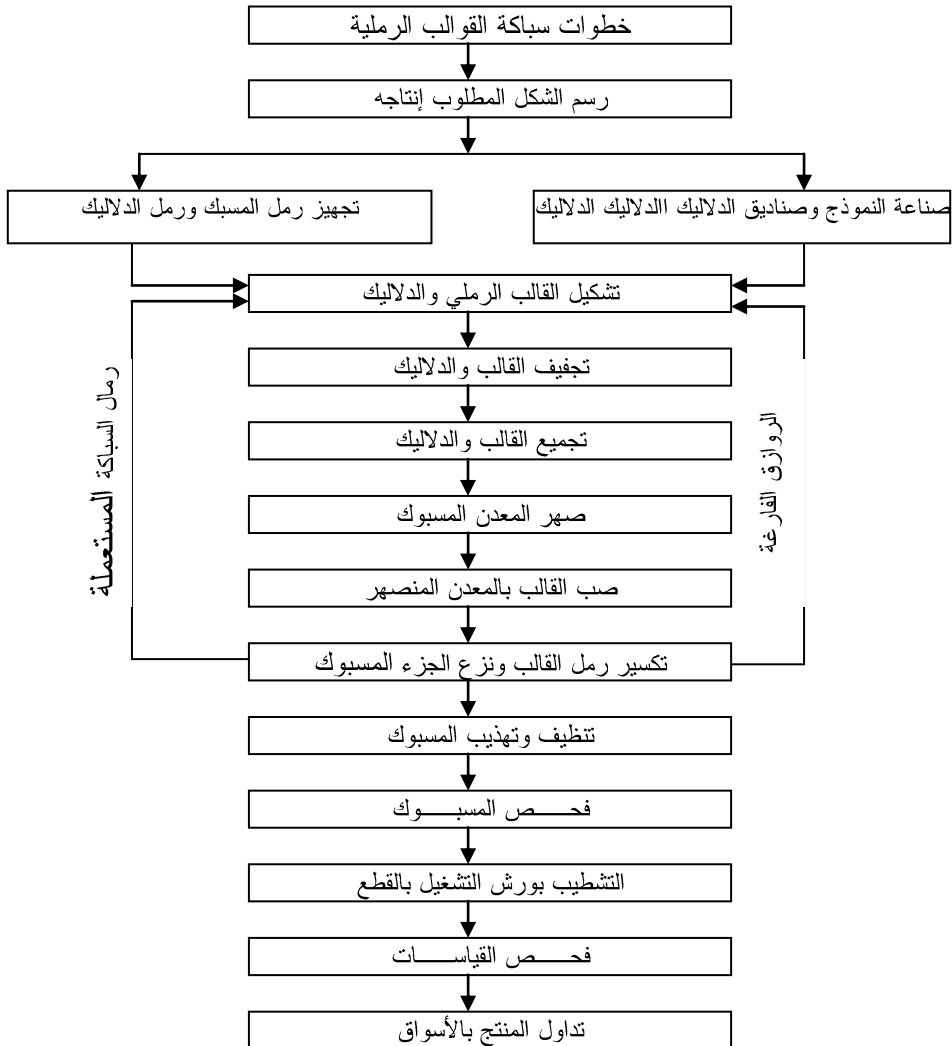
6. نزع القطعة من القالب وتنظيفها.

7. فحص المسبوكات.

خطوات السبابة الرملية : Steps Of Sand Casting

يمكن تلخيص خطوات العمل لإنتاج المشغولات المختلفة بطريقة السبابة في

القوالب الرملية في تخطيط 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.

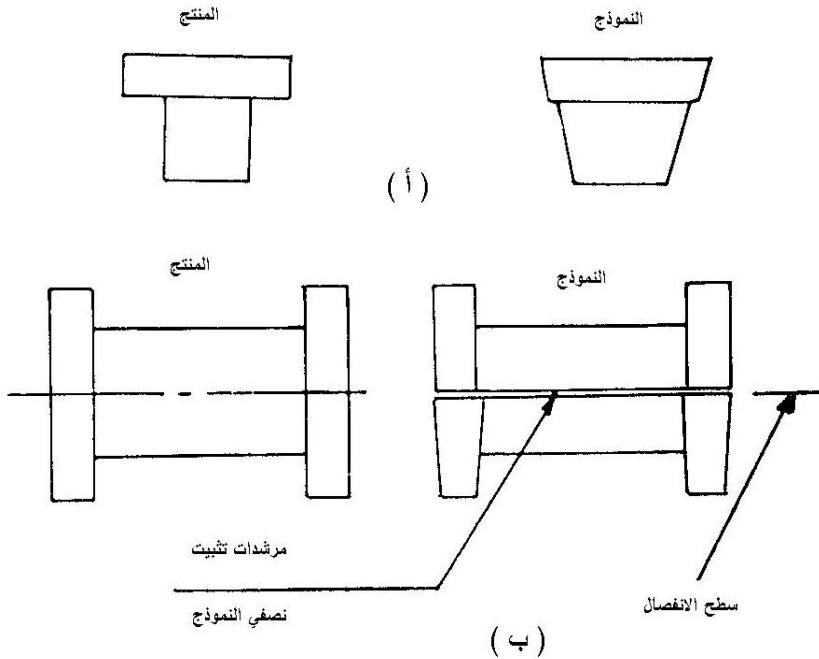
يصنع النموذج (الأورنيك) من أجود أنواع الخشب ، مثل خشب الصنوبر الأبيض، وذلك في حالة عدم زيادة العدد المطلوب سباكته عن 30 قطعة . كما تستعمل الأخشاب الصلدة مثل خشب الماهوجني والبلوط والزان ، وذلك في حالة تجهيز 100 قالب تقريبا.

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 التواءه ، كما يفضل أن يطلى 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 3 - 21 (أ) ، إذا كان شكل المنتج المطلوب سباكته يسمح بذلك ، ويلاحظ أن النموذج يشكل بإستدقاق .. (بزواية ميل) وذلك لسهولة نزع من القالب دون تشوه الفجوة ، كما يمكن تشكيل النموذج من قطعتين أو أكثر شكل 3 - 21 (ب) في حالة تعذر تشكيله من قطعة واحدة.



شكل 3 - 21

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) كالآتي :-

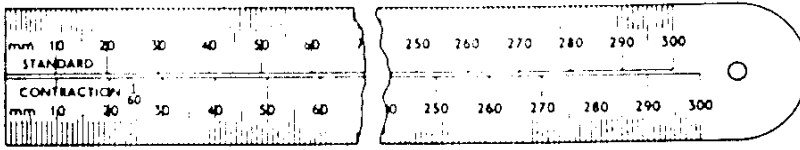
1. سماح الانكماش : Shrinkage Allowance

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 3 - 22.

مثال :

جزء مسبوك من حديد الزهر طوله متر واحد ، يتقلص بمقدار 9 ملليمتر .. هذا يعنى أن جزء طوله 1009 ملليمتر يصل طوله بعد الانكماش إلى 1000 ملليمتر .. أي واحد متر.

لذلك فإن مسطرة الانكماش في حديد الزهر تصنع بحيث يكون طولها الفعلي 1009 ملليمتر ، وتقسم المسطرة على أجزاء متساوية على أساس أن طولها متر واحد .. كما لو كانت مسطرة عادية.



شكل 3 - 22

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 3 - 1 الذي يوضح الانكماش التقريبي الذي يحدث لبعض المعادن.

جدول 3 - 1

الانكماش التقريبي لبعض المعادن

النسبة	الانكماش التقريبي لكل متر	المعدن
120 :	8 - 9 ملليمتر	حديد زهر
60 : 1	16 - 18 ملليمتر	صلب
60 : 1	16 - 18 ملليمتر	نحاس اصفر
77 : 1	13 ملليمتر	ألومنيوم

2. 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 3 ملليمتر ، أما قيمتها في المسبوكات الغير حديدية فهي 1.5 ملليمتر .

3. 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 (بزواية ميل بسيطة من 1 إلى 3 درجات) ، وذلك لتهيئة خلوص بين النموذج والقالب الرملي في اللحظة التي يبدأ فيها سحب النموذج.

4. 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.

5. ركائز الدليك : Core Prints

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

6. 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 (الأرانيك) من مواد بالخواص التالية :-

1. سهولة التشكيل.
2. خفيفة الوزن.
3. مقاومة للتآكل.
4. يمكن طلاء أو صقل أسطحها.
5. لا تتأثر أبعادها بالرطوبة.

ثانيا : تجهيز القالب الرملي Sand Moulding Preparation

تسمى هذه الطريقة بطريقة السباكة 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 50 ملليمتر ، وذلك للسماح لعملية الدك حول النموذج ، لיתماسك القالب الرملي . ويتم طبع (ختم) القالب من خلال تسلسل خطوات العمل الموضحة بشكل 3 - 23 وهى كالآتي:-

1. يوضع النصف الأسفل للنموذج على اللوحة الخشبية ، بحيث تكون في وسط الريزق تماما.
2. 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.
3. يرفع الجزء الأسفل للريزق بمحتوياته مع اللوحة الخشبية ويقلب بحيث يكون نصف النموذج في قمة الريزق ، وينظف السطح بفرشاة تنظيف.
4. 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.

5. 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.

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

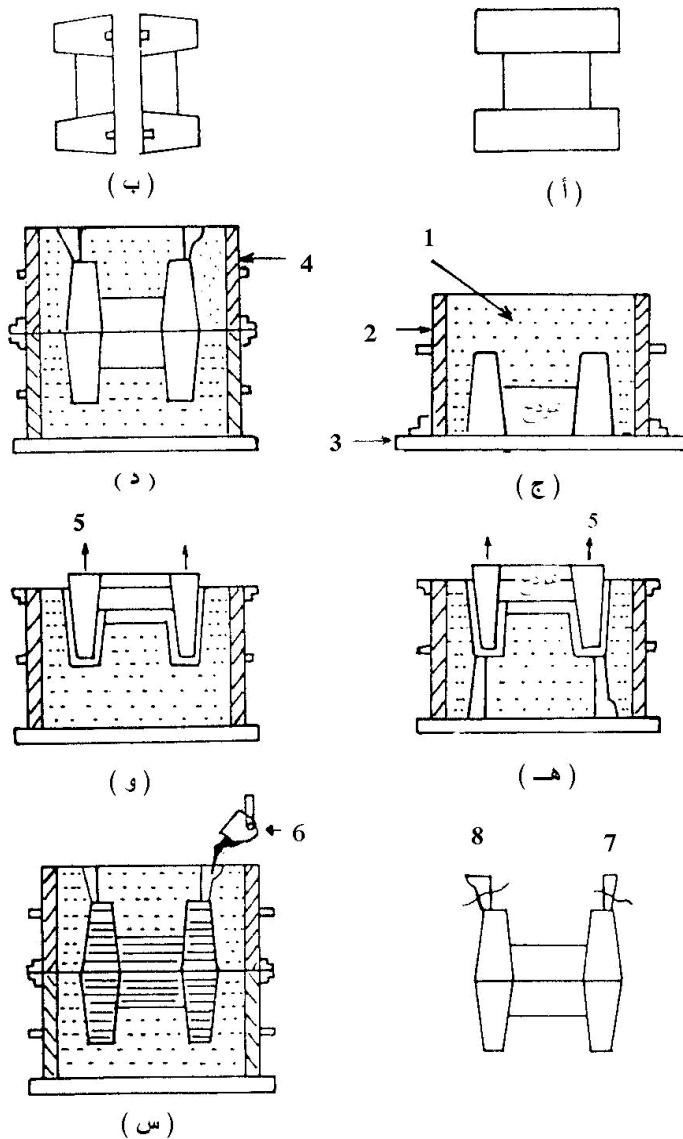
7. تعالج الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح ويرش مسحوق الفحم الخشبي لنعومة أسطح الجزء المسبوك.

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

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

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

11. 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 3 - 23

تسلسل خطوات تجهيز القالب الرملي بالريزق

(ا) الجزء المطلوب سباكته .

(ب) نموذج من جزئين .

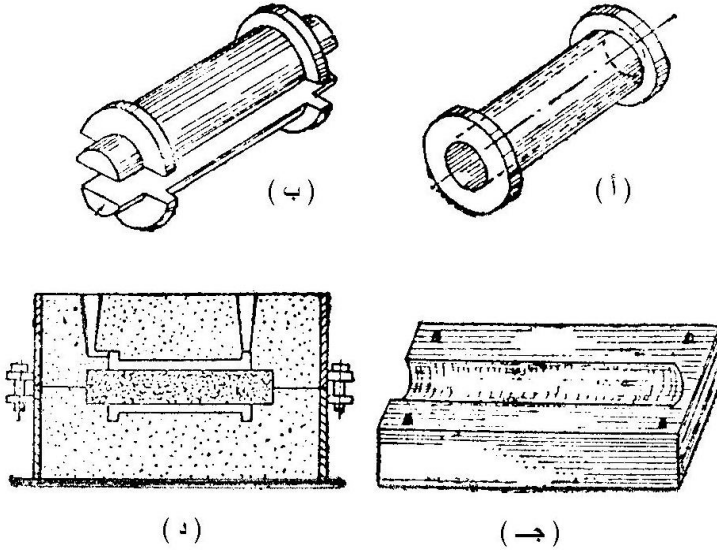
1. رمل.
2. الجزء الأسفل للريزق.
3. لوحة خشبية مستوية.
4. الجزء العلوي للريزق.
5. نزع نصف النموذج من جزئي الريزق العلوي والسفلي.
6. صب المعدن المنصهر في القالب.
7. مجري الصب.
8. مجري المصعد.

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 الدليك Preparation Of Core

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

ويوضح شكل 3 - 24 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 الدليك كما هو موضح لأحد نصفيه المتماثلين (ج) ، كما يوضح (د) القالب يحتوى بداخله على الدليك الذي يكون التجويف الداخلي للماسورة، ويثبت بشكل أفقي .. لذلك يسمى بالدليك الأفقي . ويكون القالب في هذه الحالة جاهز للصب بعد تجفيفه.



شكل 3 - 24

تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل أفقي

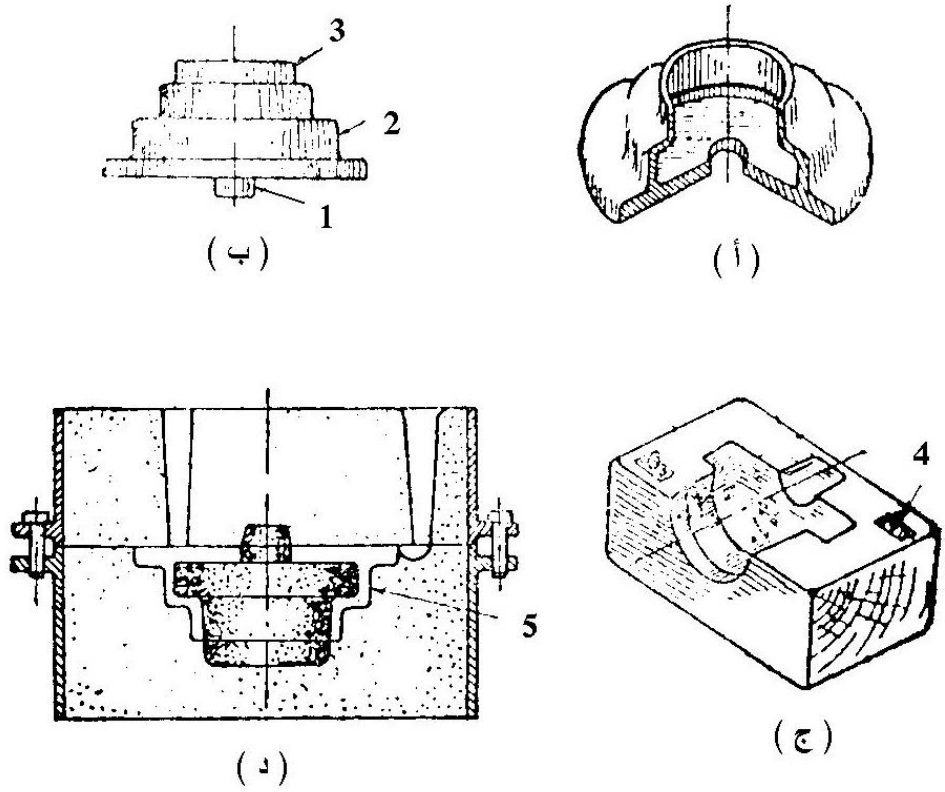
(أ) ماسورة بها تجويف.

(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 3 - 25 الذي يوضح قطاع للجزء المطلوب إنتاجه (أ) حيث ثبت القالب
 الذي يحتوي بداخله على الدليك بشكل رأسي.



شكل 3 - 25

تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل رأسي

(أ) قطاع في النموذج المطلوب سباكته.

(ب) النموذج المشكل ويحتوى على ركيزة الدليك.

(ج) أحد نصفى صندوق الدليك.

(د) القالب معد لصب المعدن المنصهر.

1. ركيزة الدليك السفلي.

2. النموذج.

3. ركيزة الدليك العليا.

4. مسمار تثبيت صندوق الدليك.

5. فجوة الصب للجزء المطلوب سباكته.

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.

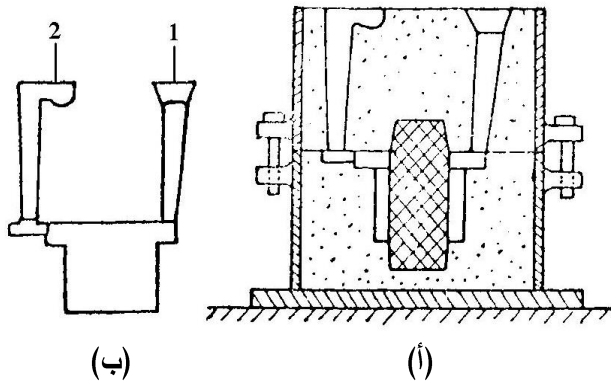
خامساً : صب المعدن المنصهر في القالب Metals casting

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 الرمل من الرمل عن طريق ماكينات هزازة خاصة ، ويمكن الاستفادة من رمل القالب واستخدامه بعد خلطه مرة أخرى . ومن خلال تكسير القالب الرمل يظهر الجزء المسبوك المنتج ملتصقاً به رؤوس التغذية (قناتي الصب والمصعد) كما هو موضح بشكل 3 - 26 ، كما يوجد على أسطحه قدراً من الرمل المحترق والملتصق به .



شكل 3 - 26

شكل الجزء المسبوك بعد خروجه من القالب الرمل

(أ) القالب الرملي.

(ب) الجزء المسبوك.

1. قناة الصب.

2. 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.

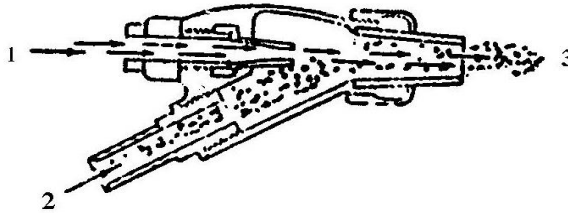
المرحلة الثانية :

تشتمل على إزالة الرمل المحترق والملتصق 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 3 - 27 ، حيث يمر الهواء المضغوط من خلال غرفة بها خليط من الرمل ومجروش معدني ، يندفعان بصورة عاصفة قوية شديدة ، وتسלט على المسبوكات فتتنظفها . وبعد الانتهاء من عملية تنظيف المسبوكات من الرمل الملتصق بها ، تهذب أماكن كسر المصبوبات والزعانف والزوائد الغير مرغوب فيها .



شكل 3 - 27
مسدس قاذف للرمل

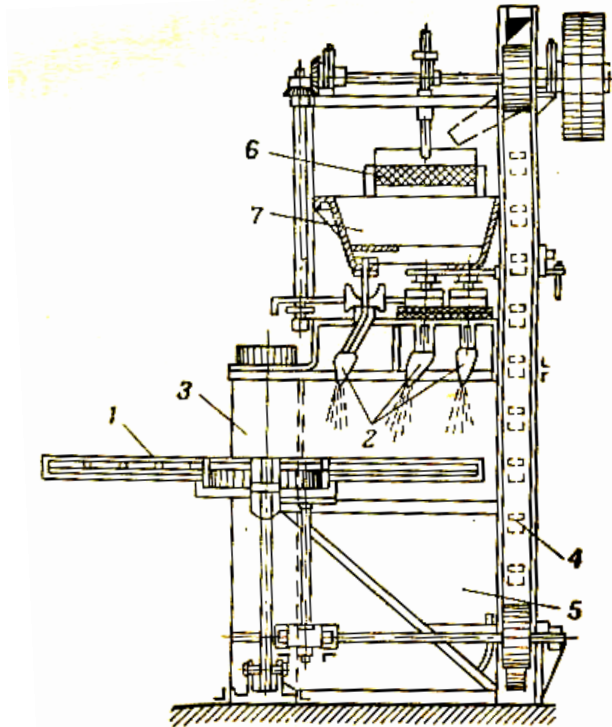
1. هواء مضغوط.
2. خليط من الرمل ومجروش معدني.
3. الخليط بصورة عاصفة شديدة الاندفاع.

(د) التنظيف الميكانيكي في البراميل الدوارة أو في ماكينات التنظيف بالرمل الدوارة ، حيث يجرى التنظيف المسبوكات في البراميل الدوارة (المائدة الدوارة) شكل 3 - 28 أو في ماكينات التنظيف بالرمل مائدة دوارة لتنظيف المسبوكات بالرمل .

تحمل المسبوكات المراد تنظيفها في البراميل الفارغ حتى تملأ $\frac{4}{3}$ حجمه وتلقى به كذلك زهرات مسننة قياسها من 20 - 65 مم أو قطع صغيرة من الصلب بمقدار 30 - 35 % من وزن المسبوكات . وعند إدارة البراميل تحتك المسبوكات ببعضها ببعض وتحتك الزهرات المسننة بسطح المسبوكات ، كما انها تدخل في تجاوبها مساعدة بذلك على تنظيف سطوحها الداخلية لتركيبية المائدة الدوارة للتنظيف بالرمل ، وتقدم

المسبوكات الموضوعة على المائدة الشبكية 1 إلى الفونيات 2 التى تقوم بالتنظيف داخل غرفة . وعند تنظيف أحد جانبي المسبوكات تقلب ثم تغذى تحت الفونيات بإدارة المائدة . وهكذا فإن نصف المائدة وما عليه من مسبوكات يكون داخل الغرفة ويفصل بواسطة فاصل من المطاط 3 حتى لا ينتشر الرمل والغبار داخل الغرفة . وينظف الرمل المقذوف من الفونيات المسبوكات ثم يسقط خلال ثقب المائدة فى المجمع 5 ومنه يرفع بواسطة رافعة قادسية 4 ويمر خلال المنخل 6 إلى صندوق الصرف 7.

تعمل ماكينات التنظيف بالكسر بطريقة مشابهة ، وبها يتم تنظيف المسبوكات بواسطة تيار من كسر الزهر أو الصلب قطرها ممن 0.8 — 1.5مم.



شكل 3 - 28

مائدة دوارة لتنظيف المسبوكات بالرمل

لتنظيف المسبوكات الكبيرة تستعمل الماكينات الهيدروليكية للتنظيف بالرمل . وتجرى إزالة الزوائد والخشونات بعد التنظيف على ماكينات الصنفرة المختلفة الأنواع.

سابعا : فحص المسبوكات Casting Inspection

تجرى عملية فحص للمسبوكات بعد الانتهاء من تنظيفها ، وتعتمد طريقة الفحص على الموصفات الفنية الموضوعة ، ومن الطبيعي كلما كانت المواصفات أكثر دقة .. كلما أرتفع ثمن المنتج . وتتفاوت عمليات الفحص وذلك حسب درجة أهمية المسبوكات المنتجة والتي تتضمن إحدى أو كل العمليات التالية :-

(أ) الفحص النظري : Theoretical Inspection

لتكتشف 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 والزيادات الأخرى.

تمثل عمليات السباكة في الرمال حوالي 90 % من إنتاج المسبوكات .
تجري عملية تجهيز القوالب الرملية بطرق مختلفة ، ويتوقف اختيار الطريقة المناسبة على حجم وعدد المشغولات المطلوب إنتاجها.

تنقسم طرق تجهيز القوالب (ختم النماذج) حسب حالة القالب الرمل الذي يصب فيه المعدن إلى نوعين أساسيين هما :-

1. الختم الرطب.

2. الختم الجاف.

كما ينقسم حسب طريقة تجهيز القوالب الرملية إلى ختم يدوي أو وختم بالمكينات.

تجهز معظم قوالب السباكة من رمل مسبكي قليل العضوية (يحتوى على الرطوبة بنسبة 4.5 – 5.5 وعلى نسبة 8 – 10% من الطين) ويصب المعدن السائل فى قوالب رطبة .. أى غير مجففة ، وتسمى هذه التكنولوجيا بالختم الرطب أو الصب على الرطب.

وتجهز القوالب الكبيرة لسباكة الزهر والصلب وكذلك للسباكة المعقدة للمعادن غير الحديدية من رمل مسبكي طينى أو من الطين ويجفف ، وتسمى هذه التكنولوجيا بالختم الجاف أو الصب الجاف.

فيمل يلي عرض لأنواع ختم القوالب الرملية المختلفة وطرق تجهيزها.

أولاً : 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.

الختم في ريزقين بنموذج من نصفين ودليك :

شكل 3 — 29 ، a الروسي ص 267 يوضح مثال لختم أسطوانة بشفتين ،
وشكل 101 ، b نموذج المسبوكة وهو من نصفين n ، m

خطوات العمل :

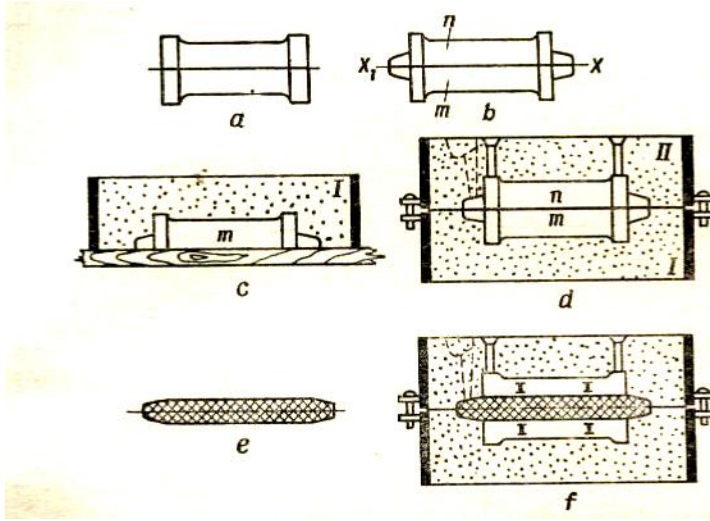
1. يوضع النصف الأسفل من النموذج على لوحة الختم بمستوى الانفصال ،
ويغطى بالريزق السفلى 1 ثم يجرى الختم بالترتيب الآتي :-

يغير النموذج بالحمرة ثم يغطى بالرمل ، ثم يدك برمل الحشو ، ثم تثقب ثقوب
النفس بواسطة شوكة النفس شكل 3 — 29 c ثم يرفع الريزق من على اللوحة
ويدار 180° ثم يرش سطح القالب برمل الفصل.

2. يوضع النصف الأعلى من النموذج n بحيث تستقر دسرة ثقوب النصف
الأسفل من النموذج m ، ويوضع الريزق 11 على الريزق السفلى 1 ويربط
الريزقان 111 ثم يوضع نموذج مانع الخبث والمصب على سطح الرمل في
الريزق السفلى والمساعد على أعلى نقط النصف العلوى من النموذج ،
ويجرى ذلك الريزق بالترتيب المذكور أعلاه ثم تحفر أقذاح للمصب وللمساعد
، ثم تسحب إلى أعلى شكل 3 — 29 d .

3. يرفع الريزق العلوى 11 من على السفلى 1 ويدار 180° ويوضع على
الأرض بجوار الريزق السفلى ، ثم تشق بالريزق السفلى قناة التغذية من أثر
مانع الخبث إلى النموذج ، ويخرج نصفاً النموذج من الريزقين المدكوكين
وكذلك يخرج نموذج مانع الخبث من الريزق العلوى ثم تصلخ الغيوب وتقوى
الأماكن البارزة من القالب بالمسامير ويرش سطح القالب بمسحوق الفحم
وينعم.

4. يجمع القالب إستعداداً للصب ، حيث يوضع في الريزق السفلى دليـك c ، ويثبت مكانه بالمساند ثم يغلق الريزق السفلي بالريزق العلوي f ، وبذلك يكون القالب جاهزاً للصب . تعتبر المساند لازمة فقط في حالة وجود خطر انحناء الدليـك أثناء الصب . وعند زوال هذا الخطر من المستحسن عدم وضع المساند.



شكل 3 – 29

ختم ماسورة بشفتين في ريزقين

a المسبوكة.

b النموذج.

c الريزق السفلى مدكوك.

d ختم الريزق العلوي.

e الدليـك.

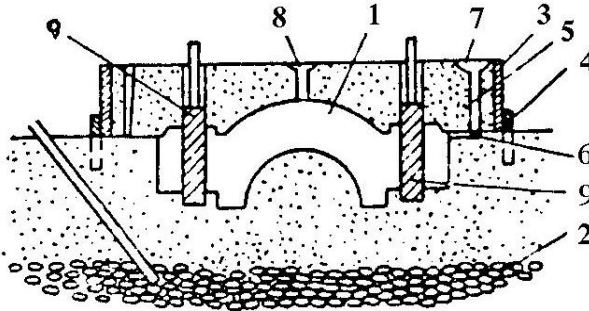
f القالب مجمع.

ثانياً : 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 32 - 30 يوضح الجزء المراد سباكته وهو غطاء كرسي محور ، حيث يختم النموذج 1 بأعلى طبقة الفحم الكوك 2 وينثر رمل الفصل على سطح الرمل المدكوك حول النموذج ، ثم يوضع فوق النموذج 1 الريزق 3 ، ويثبت الريزق من خلال أربعة أوتاد تثبت بالأرض جيدا وهم الموضحين برقم 4 ، وذلك لسهولة رفع الريزق بعد الانتهاء من ختم النموذج ، وإعادة تثبيته في مكانه عند تجميع القالب. يشكل بالقالب قناة الصب 5 وقده الصب 7 وقناة المصعد 8 ، ويوضع الرمل داخل الريزق ويدك جيدا حتى يتماسك ويصل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية ، ويتقب 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 6 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 9 اللذان يمثلان الثقبان ، ويعاد وضع الريزق في مكانه تماما، ويجفف القالب للتخلص من الرطوبة ولزيادة تماسكه وارتفاع مقاومته للاجهادات وفي هذه الحالة يكون القالب الأرضي جاهز لصب المعدن.



شكل 3 - 30

ختم لنموذج غطاء كرسي محور في الأرض

1. النموذج.
2. فحم كوك.
3. ريزق.
4. أوتاد.
5. قناة الصب.
6. قناة تغذية.
7. قدح الصب.
8. قناة المصعد.

ثالثاً : 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 3 - 31 وهي كالآتي :-

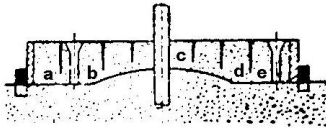
1. تثبيت القاعدة 1 على مسافة مناسبة من سطح أرض المسبك ، يتركز عليها عمود رأسي ذي قطع مستديرة 2 ، بحيث تسمح القاعدة 1 للعمود 2 بالحركة الدائرية حول المحور العمودي.
2. توضع كمية من رمل المسبك حول العمود المستدير (الماسورة) وتكد جيداً ، مع ضمان وضع الماسورة بشكل عمودي .
3. يثبت على العمود الرأسي الذراع 3 ونموذج الإزاحة (الفورمة) 4.
4. بدوران نموذج الإزاحة (الفورمة) 4 يقشط الرمل الزائد ، كما يشكل السطح العلوي للقالب الرملي بشكل abcde كما هو موضح بشكل (ب) ، وهو نفس شكل نموذج الإزاحة (الفورمة) 4 ، ويمكن تحديد الارتفاع اللازم (للفورمة) عن طريق تثبيت مسمار الزنق 5.
5. بعد تشكيل السطح العلوي للقالب الرملي بشكل نموذج الإزاحة abcde ، ينزع الذراع 3 مع نموذج الإزاحة 4 ، ويرش السطح برمل الفصل ، وأحياناً يغطي السطح بورق رقيق.
6. 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.
7. توضع خشبتي المصب والمصعد في أماكنهما شكل (ج) ، ويدك القالب الرملي بالريزق جيداً، حتى يتماسك ويصل إلى قوة التماسك المطلوبة، ويثقب القالب

بشوكة النفس التي تسمى بفتحات التهوية لخروج الغازات ولتحسين تهوية القالب.

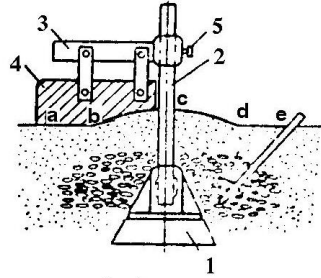
8. تنزع خشبتي المصب والمصعد بحرص شديد ، ويرفع الريزق.
9. يركب نموذج الإزاحة الثاني الموضح برقم 6 وبدورانه يقشط الرمل الذائد ، كما يعمل على تساوي سمك جسم الغطاء ويشكل السطح الأسفل للقالب كما هو موضح بشكل (د).
10. ينزع نموذج الإزاحة 6 والعمود الرأسي 2 ، ويسد الثقب الذي كونه المحور العمودي ، وتشق قناة للتغذية وذلك لوصول المعدن المنصهر من قناة الصب إلى النموذج ، ويرش بمسحوق الفحم الخشبي لنعومة أسطح الجزء المسبوك .
11. يوضع الريزق في مكانه تماما شكل (هـ) ، وتوضع أقذاح على قناتي الصب والمصعد . وفي هذه الحالة يكون القالب جاهز لصب المعدن.



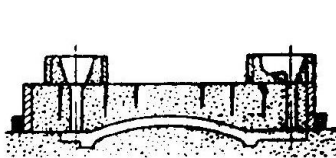
(أ)



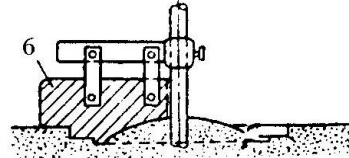
(ج)



(ب)



(هـ)



(د)

شكل 3 - 31

تسلسل خطوات الختم باستخدام نماذج الإزاحة (الفورمة)

- 1- قاعدة.
- 2- عمود رأسي مقطعة مستديرة (ماسورة).
- 3- ذراع.
- 4- نموذج إزاحة (الفورمة الأولى).
- 5- مسمار زنق.
- 6- نموذج إزاحة (الفورمة الثانية).
- abcde شكل نموذج الإزاحة الأول ، وشكل السطح المشكل.
- (أ) الجزء المطلوب سبافته.
- (ب) استخدام نموذج إزاحة (فورمه) في عملية تشكيل السطح العلوي للقالب الرملي.
- (ج) وضع الريزق وتثبيته بأربعة أوتاد.
- (د) استخدام نموذج إزاحة (فورمه أخرى) في تشكيل السطح الأسفل للقالب الرملي ، كما يعمل علي تساوي الجزء المطلوب سبافته.
- (هـ) تجميع القالب بوضع وتثبيت الريزق العلوي بمكانه تماماً علي الريزق السفلي ، ليكون جاهز لصب المعدن.

رابعا : 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 انتظاما بالمقارنة بالمسبوكات المماثلة المنتجة باليد ، فضلا 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).

أنواع ماكينات الختم :

تنقسم ماكينات الختم حسب طريقة دك الرمل في الريزق إلى ثلاثة أنواع ماكينات الختم بالكبس ، وماكينات الختم بالهز ، وقاذفات الرمل

ماكينات الختم بالكبس :

تتلخص طريقة عمل هذه الماكينات في دك الرمل في الريزق بكبسه بدلاً من الدك . ويمكن إجراء الدك بالكبس من أعلى أو من أسفل ، وتنقسم ماكينات الختم بالكبس تبعاً لذلك إلى ماكينات كبس علوية وسفلية

طريقة الكبس العلوي :

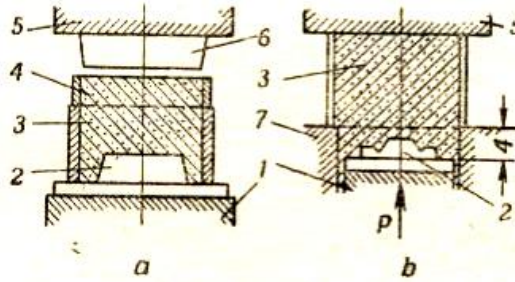
وهي مبينة بشكل 3 — 32 a فعلى منضدة الماكينة 1 تثبت لوحة النموذج 2 ، ويوضع الريزق 3 على اللوحة بواسطة الدسر ويوضع فوقه إطار الملاء 4 . ويملا الريزق والإطار برمل المسبك من صندوق الرمل ، وتضبط فوق الريزق والإطار العارضة 5 والقباب المثبت بها 6 ومقاييسه أقل قليلاً من مقاييس إطار الملاء 4 وبعد ذلك ترفع منضدة الماكينة بالريزق والإطار إلى أعلى . ولما كانت العارضة ثابتة فغن القباب 6 يدخل في إطار 4 عند إرتفاع الماكينة فيخرج منه الرمل ويضغطه في الريزق ويجب أن يصل السطح السفلي للقباب في هذه الحالة إلى الطرف العلوي للريزق وأن يحدث به التكثيف المطلوب للرمل.

طريقة الكبس السفلي :

شكل 3 — 32 b بينا طريقة الكبس السفلي ، وبها تتحرك المنضدة داخل الأطار الثابت المحيط بها 7 مثل المكبي داخل الأسطوانة ، وتكون لوحة النموذج

بالنموذج 2 حتى بدء الكبس أسفل الطرف العلوى للإطار 7 ، الذى يوضع عليه الريزق 3 بحيث تتكون عند ملء الريزق حتى حافته برمل المسبك من صندوق الرمل 4 فى الإطار تحت الريزق ، كافة لتكثيف الرمل داخل الريزقى حين يعمل الإطار 7 كإطار ملى وبعد تحريك العارضة 5 (دون قالب) حتى تضغط على الريزق ترفع المنضدة إلى أعلى فتكبس الرمل من الإطار 7 داخل اريزق من أسفل .. أى من ناحية النموذج . ويجب أن يكون مشوار المنضدة مساوياً بالضبط لإرتفاع الطبقة بحيث ينطبق السطح العلوى للوحة النموذج عند إنتهاء الكبس على سطح إنفصال الريزق تماماً

ويعطى الكبس السفلى نتائج أحسن من الكبس العلوى من جهة الرمل حول النموذج نظراً لأن الكبس يجرى بواسطة النموذج ذاته فى حين أن تأثير الكبس يصل الى سطح النموذج بدرجة اضعف فى حالة الكبس العلوى وتستعمل ماكينات الكبس لدك الروازق غير العالية



شكل 3 - 32

رسم تخطيطي لماكينة الختم ذات الكبس العلوي

1. منضدة الماكينة.

2. النموذج على لوحة.

3. الريزق.

4. إطار الملى.

5. عارضة.

6. قبقاب.

7. الإطار السفلي.

ماكينات الختم بالهز :

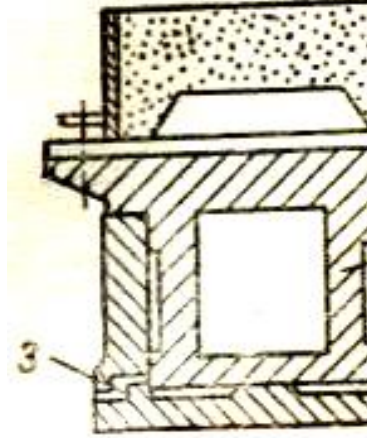
تستعمل لدك الرمل فى الروازق العالية . وبشكل 3 – 33 بينا طريقة دك الرمل بالهز . تثبت على منضدة ماكينة الهز لوحة النموذج وتغطى بالريزق ، الذى يملأ من صندوق الرمل . ثم ترفع منضدة ماكينة الهز ومعها الريزق المملوء بالرمل إلى ارتفاع بسيط تحت تأثير الهواء المضغوط (حتى 6 جوى) ثم تترك لتقع مصطدمة بمسند صلب . وعند اصطدام المنضدة يمتص الرمل طاقة الحركة ويتكثف فى الريزق ويتم الحصول على درجة التكثيف المطلوبة للرمل فى الريزق بعد عدد من الصدمات

وتتراوح مسافة رفع منضدة الهز فى الماكينات الحديثة بين 30 – 100 مم ويتراوح عدد صدمات بين 10 – 300 صدمة فى الدقيقة

ويحصل نتيجة للهز على تكثيف غير متساو للرمل فى الريزق وتحصل طبقة الرمل الموجودة حول النموذج على أكبر تكثيف لأن قوة القصور الذاتى لكل كتلة الرمل الموجود فوق هذه الطبقة تؤثر عليها عند الصدمات

وكلما ابتعدنا عن النموذج كلما نقصت درجة تكثيف الرمل بحيث تظل الطبقة العليا من الرمل غير مدكوكه ويبين الرسم البانى شكل 3 – 33 على اليمين من أعلى توزيع التكثيف d بطول ارتفاع الريزق عند الهز .

وفى العادة يستعمل الكبس لدك الطبقات العليا من الرمل فى الروازق الصغيرة والمتوسطة – والدك اليدوى بالقرص والرمليّة اليدوية أو الهوائية للروازق الكبيرة كما يستعمل الهز مع وضع ثقل على زهرة على الرمل من أعلى.



شكل 3 – 33

رسم تخطيطي لتركيب وعمل ماكينة الختم بالهز

1. منضدة الماكينة.

2. مدخل هواء مضغوط.

3. مخرج الهواء.

مميزات الختم بالماكينات :

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

1. دك القالب الرملي وإخراج النموذج بطريقة آلية دون إفساد للقالب.
2. تحسين ظروف عمل فني السباكة ، الذي تحرر من عدد من العمليات المساعد مثل وضع النموذج على اللوحة وشق قنوات التغذية وإصلاح وغير ذلك من العمليات الشاقة.
3. الحصول على قوالب متماثلة الكثافة ، ذات مقاومة عالية.
4. انخفاض كبير في الأجزاء المعيبة.

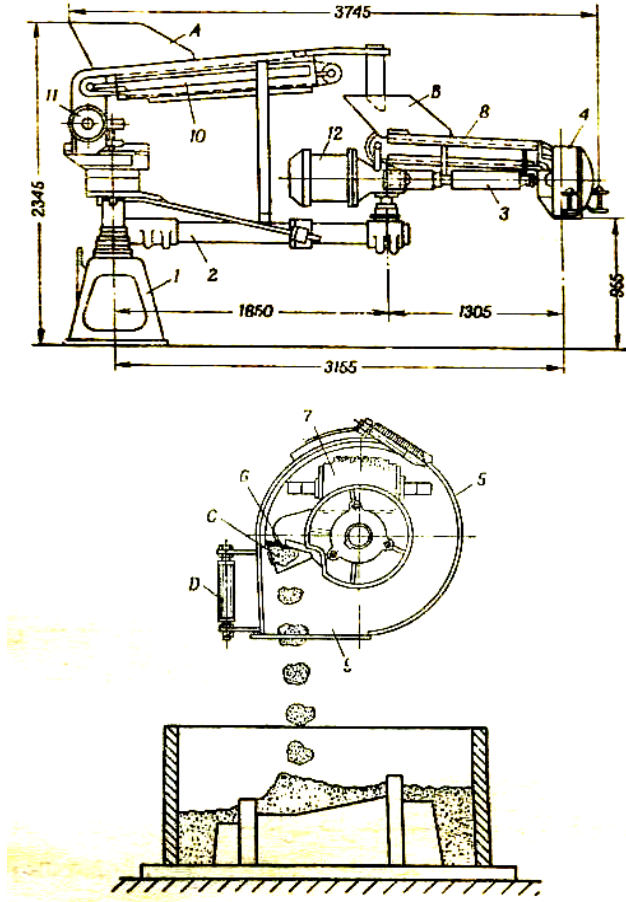
5. إمكانية إتقان الفنيين العمل على الماكينات بسرعة ، في حين أن إتقان عملية الختم اليدوي تتطلب مهارة عالية أو خبرة طويلة.
 6. إمكانية إنتاج مسبوكات بأعداد كبيرة متماثلة بالجملة (إنتاج كمي) بأقل تفاوت ممكن ، مع الدقة في المقاسات والجودة العالية للأسطح في زمن أقل.
 7. إنخفاض في الأجزاء التالفة.
 8. اقتصادي .. أقل في التكلفة.
- ملاحظة :

يجرى الختم بالماكينات باستعمال لوحات النماذج فقط وفي ريزقين.!

قاذفات الرمل :

تستعمل في المسابك التي تنتج مسبوكات كبيرة على نطاق واسع ماكينات الختم القاذفة للرمل ، وتستعمل لملئ الروازق بالرمل وتكثيف بها ، شكل 3 — 34 قاذفة رمل ثابتة ، وتثبت الماكينة على كرسى زهر 1 يمكن أن يدور حوله في المستوى الأفقى ذراع كبير 2 ، ويمكن أن يدور على طرف الذراع الرأس القاذفة 4 والرأس القاذفة للماكينة (طريقة عمل هذه الرأس مبينة تخطيطاً بشكل 105 الرسم السفلى) وهي عبارة عن غطاء 5 بداخله مجرفة 6 بقادوس تدور بسرعة 1400 — 1600 لفة / دقيقة حول محور أفقى وينتقل الرمل دون انقطاع بواسطة ناقل شريطى 8 خلال فتحة 7 فى طرف الغطاء ، فيحمله القادوس ويلقى به خلال فتحة الخروج 9 على شكل كتل منفصلة C بسرعة كبيرة إلى أسفل فى الريزق . وعند سقوط الرمل يتكثف ولتخديم كل مساحة الريزق تثبت رأس القاذفة بحيث يمكن ان يحركها السباك يدوياً (بواسطة مقبض d) فى مستوى أفقى فوق الريزق. الريزق وينقل الناقل الشريطى 10 الرمل من القمع A إلى الناقل الشريطى 8 خلال القمع b ويحرك المحرك الكهربائي بشفة 12 الرأس القاذفة والناقل الشريطى للذراع الصغير

وتختلف قاذفات الرمل النقالى عن الثابتة بكونها مركبة على عربة بمحرك تتحرك بواسطتها على قضبان بطول الورشة فى وسطها ، ويمكن أن تقوم بدك الروازق المموعة على جانبي القضبان.



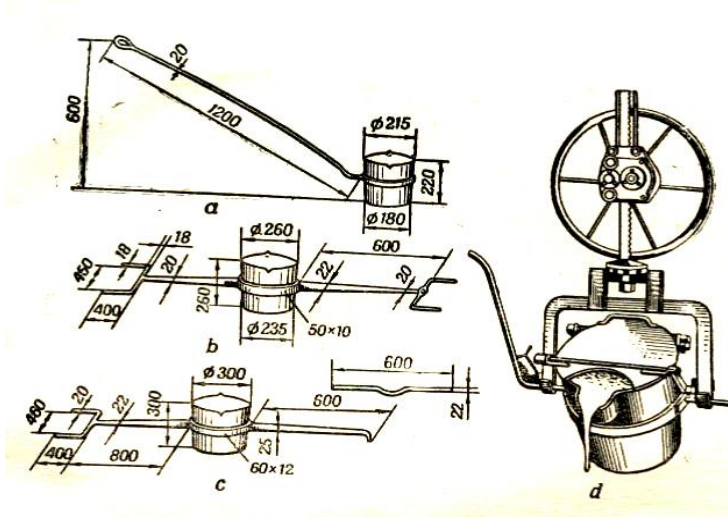
شكل 3 - 34

قاذفة الرمل الثابتة

- | | |
|-------------------|-----------------------------------|
| 1. كرسي. | 7. فتحة بالغطاء. |
| 2. الذراع الكبير. | 8. الناقل الصغير. |
| 3. الذراع الصغير. | 9. فتحة الخروج بالرأس. |
| 4. الرأس القاذفة. | 10. الناقل الشريطي للذراع الكبير. |
| 5. غطاء الرأس. | 11. المحرك الكهربائي للناقل. |
| 6. مجرفة. | 12. المحرك الكهربائي الرئيسي. |

صب المسبوكات

يصب المعدن المصهور فى أفران الدست فى بواق ومنها يصب فى القوالب . بواق الصب ذات سعات وأشكال مختلفة حسب حجم المسبوكات المطلوبة . شكل 3 - 35 يوضح أشكال البواق ، حيث a ملعقة يدوية سعتها تصل 20 كجم ووزنها يصل إلى 12 كجم ويستطيع فني واحد بمساعدة هذه البودقة نقل المعدن من الصهر إلى القوالب ، أما C ، b فهي بواق يدوية على شوكات حاملة سعتها تتراوح من 50 إلى 80 كجم وأحد أطراف هذه الحوامل على شكل شوكة بواسطتها يوجه السباك تيار المعدن من قذح الصب ، الطرف الثانى للحامل دون شوكة ويقوم بحمله عامل مساعد ، ويحمل البواق ذات الحوامل الشوكية عاملان أو أكثر C ، b ، أما البواق الأكبر من ذلك d فتحمل بواسطة الأوناش أو على قضبان مفردة.



شكل 3 - 35

بواق الصب

A ، B ، C بواق يدوية.

d بواق بتركيبات لرفع وإنزال بغطاء واقى

طرق صب المعدن :

يجب ملء القوالب بتيار مستمر من المعدن إذ تتكون طبقة من الأكاسيد على سطح الجزء المصبوب من المعدن في القالب وبصب معدن إضافي بعد ذلك يتكون بينهما في القالب سطح التحام ، ويصب المعدن في القالب إلى أن يظهر بالمصاعد ، وتشعل الغازات المتصاعدة من القالب أثناء الصب حتى لا يتسمم جو المسبك .

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 ، و ملء القالب بالمعدن بتغذية مستمرة بدون انقطاع . وتسمى هذه العملية بنظام الصب.

يتكون نظام الصب الموضح بشكل 3 - 36 من العناصر التالية :-

1. 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 والتفريغة بحيث يضمن تغذية المعدن للقالب بشكل منتظم.

2. قناة الصب :

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

3. التفريغة :

هي قناة أفقية، تشكل بالجزء العلوي للريزق عند مستوى سطح الانفصال ،

الغرض منها هو توزيع المعدن المنصهر على قنوات التغذية ، ولمنع وصول الخبث.

4. 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 .

5. فتحة المصعد :

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

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

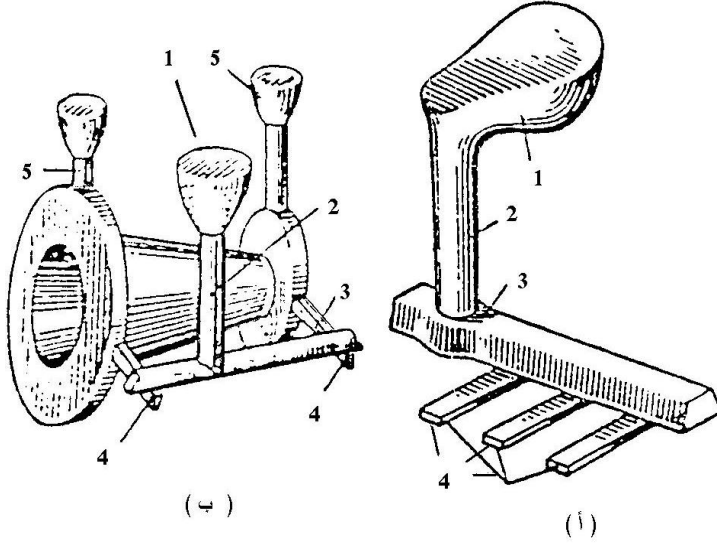
(ب) خروج المواد الغريبة والغير معدنية والتي قد تصل إلى القالب بعد مرورها على مانع الخبث.

(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 3 - 36

نظام الصب

(أ) نظام الصب المعتاد.

(ب) أوضاع المصب والمساعد بالمسبوكية.

1. قدح الصب.

2. المصب.

3. مانع الخبث.

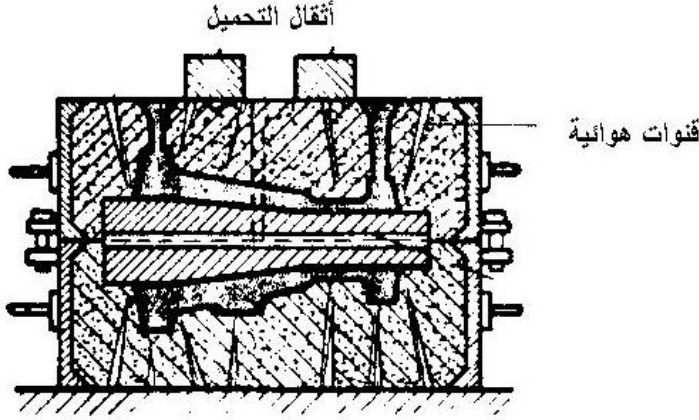
4. قنوات التغذية.

5. المصعد.

6. 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 بخرقة.

شكل 3 - 37 يوضح قالب رملي مشكل بالطريقة اليدوية ، يحتوي على القنوات الهوائية ، كما يحتوي على الفتحات وقنوات الصب الأخرى.



شكل 3 - 37

القنوات الهوائية وفتحات وقنوات الصب الأخرى

السباكة بالطرق الخاصة

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 طرق خاصة لإنتاج المسبوكات المختلفة على نطاق واسع بدلا من استخدام القوالب الرملية الوقتية ، وذلك في حالة تكرار سباكة شكل جزء معين لعدة آلاف من القطع ، حيث يكون جدوى استخدام القوالب الرملية منعدمة.

السباكة في القوالب المعدنية

Metal Moulds Casting

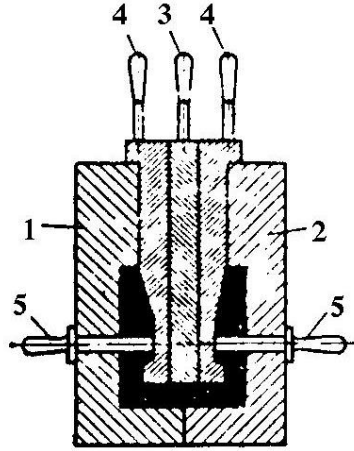
يستعمل في هذا الأسلوب قالب معدني ، حيث يصب فيه المعدن بصفة متكررة .. حسب العدد المطلوب إنتاجه من المصبوبات ، من هنا جاءت تسمية هذا الأسلوب بالسباكة في القوالب الدائمة Permanent Moulds Casting .. نسبة

إلى إمكان استعمال القالب بصفة دائمة ، حيث لا يلزم إعداد قالب جديد لكل مرة يجري فيها صب المعدن كما هو الحال في سباكة القوالب الرملية ، وبذلك يصلح هذا الأسلوب في سباكة المنتجات المتكررة بإنتاج كمي.

يصب المعدن المنصهر في القوالب المعدنية عن طريق الدفع تحت ضغط خارجي External Pressure ليصل المعدن المنصهر إلى فجوات القالب وثناياه، ويستمر الضغط مسلطاً 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 الدلائيك المعدنية للسبائك الخفيفة مثل الألومنيوم والمغنسيوم ، كما تستعمل الدلائيك الرملية للسبائك الغير حديدية الثقيلة وكذلك الزهر والصلب. وشكل 3 - 38 يوضح رسماً تخطيطياً لقالب معدني مستخدم لإنتاج مكبس محرك سيارة من سبيكة الألومونيوم.

يتكون القالب المعدني الذي يكون الشكل الخارجي للمسبوكة من نصفين متماثلين 1،2 يفصلهما سطح الانفصال الرأسي . ويصنع الدلييك الذي يمثل تجويف المكبس من ثلاثة أجزاء وذلك لسهولة نزعها من المسبوكة ، ويكون نظام الصب عند سطح انفصال القالب ، وعند نزع أجزاء الدلائيك يسحب الجزء الأوسط وهو بشكل وتدي 3 ، ثم الجزئين 4 وذلك بتحريكهما إلى المنتصف ثم سحبهما إلى أعلى . ويسحب الدليكان 5 بتحريكهما في اتجاه أفقي.



شكل 3 - 38

رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم لسبائك مكبس محرك سيارة

1. أحد نصفي القالب.
2. النصف الثاني للقالب.
3. أحد أجزاء الدلائك الموضوعة بشكل رأسي.
4. أحد أجزاء الدلائك الموضوعة بشكل رأسي.
5. أحد أجزاء الدلائك الموضوعة بشكل أفقي.

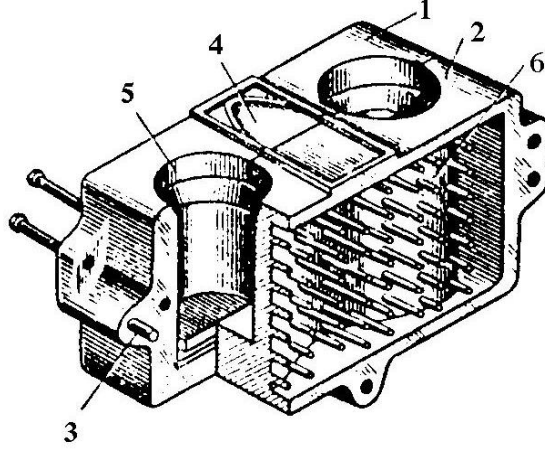
تصنع القوالب المعدنية من الصلب السبيكي ، وتستعمل في الإنتاج الكمي للمسبوكات الخفيفة بصف أساسية .. أي إنتاج القطعة الواحدة إنتاجا متماثلا متكررا بالجملة.

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 3 - 39 يوضح رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم في إنتاج مكابس محركات الجرارات المصنوعة من سبائك الزهر.



شكل 3 - 39

رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم في سباكة مكابس محركات الجرارات

1. أحد نصفي القالب.

2. النصف الثاني للقالب.

3. مسامير بارزة وأمامها ثقوب تستخدم لأحكام تجميع القالب.

4. قدح يستخدم لاستقبال المعدن المنصهر أثناء عملية الصب.

5. ثقوب القالب التي يوضع بها الدلائك.

6. مواسير لعملية تبريد القالب.

يتكون القالب المعدني من نصفين 1، 2 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
3 و ثقوب.

يكون طريقة صب المعدن المنصهر في القالب عن طريق القدح 4 عند

سطح الانفصال ، وتركب الدلائيك في القالب في الثقوب 5 .ويوجد على جانبي نصفي القالب مواسير 6 للتبريد.

يتراوح سمك جدران القالب من 20 إلى 30 ملليمتر ، وتكون المسبوكية الناتجة من القالب المعدني ذات بنية صغيرة الحبيبات ، وخواص ميكانيكية مرتفعة. وتتشأ 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 :-

1. الإنتاج الكمي (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً بالجملة).
2. إمكانية دك القالب وإخراج النموذج دون إفساد القالب
3. تحسين ظروف عمل السباك ، الذي يتحرر من عدد من العمليات المساعد - كوضع النموذج على اللوحة وشق قنوات التغذية وإصلاح وغير ذلك.
4. لا تحتاج المشغولات المنتجة إلى عمليات تشطيب عن طريق التشغيل علي ماكينات القطع ، كما يحدث في المشغولات المنتجة عن طريق القوالب الرملية.
5. سرعة التشكيل.
6. تجانس تخانات أسطح المشغولات والحصول على قوالب كثافتها أكثر تماثلاً ومقاومتها أعلى
7. جودة أسطح المصبوبات ، وإمكانية الوصول إلى تخانات صغيرة نسبياً.
8. سرعة إتقان الفنيين للعمل على الماكينات ، في حين أن إتقان الختم اليدوي يتطلب خبرة عملية طويلة
9. انخفاض زمن التشكيل ، مع سرعة الإنتاج.

عيوب السباكة في القوالب المعدنية :

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

عيوب المسبوكات وأسبابها :

تعتبر المسبوكات المحتوية على عيوب غير مسموح بوجودها فنياً وهي

كالآتي:-

الزوائد :

تحدث بالمسبوكات عند سطح انفصال القالب وعند أدلة الدليك نتيجة لوجود
خلوص بن نصفى الريزق.

اعوجاج المسبوكات :

يحدث نتيجة لعدم تساوى سمك جدرانها لذا يجب تحسين التصميم واستعمال
مبردات للأجزاء السمكية من المسبوكة.

الفصوص :

هى نقط المعدن غير الملتحمة تماماً مع المسبوكة ، وهى النقط التى صبت
فى القالب أولاً ، وتتجمد هذه الفصوص فى المسبوكات الزهر على شكل زهر
أبيض صلد من الصعب تشغيل المسبوكة بالقطع.

الالتحام :

هو على شكل انخفاض أخدودى ينتج بسبب عدم الالتحام التام بين تيارات
المعدن بالدرجة الكافية أو عدم توجيه المعدن توجيهاً صحيحاً وبالذات لأنقطاع تيار
المعدن عند ملئ القالب.

نقص المعدن :

قد يكون نقص بجزء من المسبوكة ، ويلاحظ ذلك عند عدم سيولة المعدن
بالدرجة الكافية ، وعند تجمع غازات تمنع ملء القالب بالمعدن ، ويحدث كذلك عند

تسرب المعدن خلال الثغرة المتكونة عند سطح الانفصال نتيجة لسوء ربط نصفى الريزق جيداً.

الفقايع الغازية :

هى فقايع من الهواء أو الغازات تتكون فى القالب وتبقى بالمسبوكة على شكل فراغات صغيرة موزعة بأجزائها المختلفة ، وظهور الفقايع الغازية بالمسبوكة دليل على عدم نفاذية القالب للغازات بدرجة كافية (شدة الدك مع تهوية رديئة) ، ورداءة أنواع رمل القالب والدليك وسوء تهوية الدلايك ، ورطوبة الدلايك عند وضعها فى القالب ، وصب معدن لم يتخلص بعد جيداً من الغازات.

فجوات التجمد

هى الفراغات التى تتكون نتيجة لعدم كفاية المعدن المغذى للمسبوكة فى أماكن تجمع المعدن ، والأسبلب التى تتجم عنها فجوات التجمد هى التصميم غير الصحيح للمسبوكة ولأوضاع المصببات والمصاعد، وملء القالب بمعدن أسخن من اللازم ، والخطأ فى تركيب المعدن مما ينتج عنه إنكماش زائد ، ومن ثم فإنه يجب أن يكون الانتقال من الأجزاء السمكية على الأجزاء الرقيقة بالمسبوكة تدريجياً حتى يعوض ذلك فرق درجات الحرارة فى عملية تجمد المعدن.

وتصبح مشكلة فجوات التجمد ذات أهمية بالغة بالنسبة لمسبوكات من السبائك العالية اللانكماش (كالزهر الطريق والمسبوكات المصنوعة من الصلب)
فصوص الخبث :

هى احتواء الخبث بجسم المسبوكة وذلك نتيجة وقوع الخبثمن البودقة فى القالب ، وهذا نتيجة الخطأ فى الصب وسوء تصميم نظام الصب.

إزالة عيوب المسبوكات :

يمكن إزالة نقص المعدن بالمسبوكات الكبيرة بملء المكان الناقص بالمعدن باللحام أو يصب المعدن السائل عليه ، ويمكن إزالة العيوب بالأجزاء التى تحمل

ميكانيكياً بنجاح باستعمال اللحام بالغاز أو بالقوس الكهربائي، ويمكن أن تستعمل لسد الشقوق الصغيرة والفجوات غير العميقة بالمسبوكات باستخدام أجهزة خاصة.

ملاحظة :

يجب أن نعلم بأن عيوب المسبوكات تنتج عن سوء التصميم ، الذي وضع بدون إعتبار خواص المعدن المسبكية ، ومقاسات المسبوكة ، وتصميم قالب السباكة ، وعملية صب المعدن بالقالب ، وكذلك طرق التشغيل الميكانيكي للمسبوكة.

السباكة بالطرد المركزي

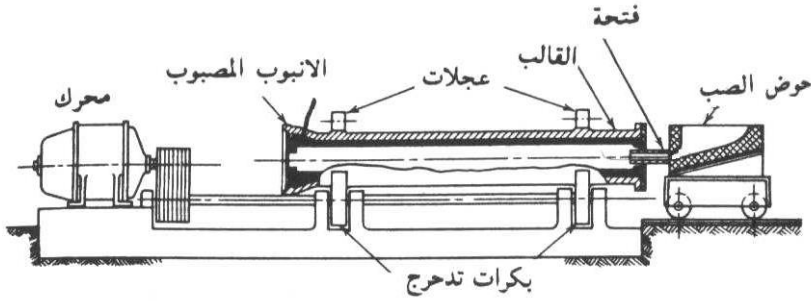
Centrifugal Casting

يصب المعدن السائل داخل قالب يدور بسرعة فتقذفه القوة المركزية الطاردة إلى جدران القالب فيتجمد ملتصقاً بها مكوناً فجوة داخلية أسطوانية الشكل دون استعمال دليك ، وأكثر المجالات مناسبة لإستعمال هذه الطريقة هو صنع الأجزاء المجوفة بشكل أجسام دورانية بسيطة (كالمواسير – الأسطوانات – المحاور المجوفة – تيجان التروس إلخ) . ومع ذلك فإن هذه الطريقة تستعمل في ظروف الإنتاج المسبكي الحديث للحصول على المسبوكات المعقدة الشكل. في هذا الأسلوب يصب المعدن المنصهر بالدفـع المركزي بإحدى طريقتين هما :-

الطريقة الأولى : السباكة في قالب يدور حول محور أفقي

في هذه الطريقة يصب المعدن المنصهر المنـدفع بالطرد المركزي في قالب دوار حول محور أفقي كما هو موضح بشكل 3 - 40 ، عند صب المواسير المصنوعة من الزهر ، أو عند صب المرتكزات.

تتميز هذه الطريقة بإنتاج مصبوبات ذات تخانات متجانسة.



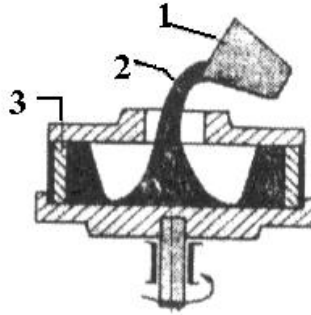
شكل 3 - 40

السباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور أفقي

الطريقة الثانية : السباكة 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 3 - 41.

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 3 - 41

سباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور رأسي

1. بوتقة بها معدن منصهر بكمية مناسبة لحجم الجزء المطلوب سباكته.
2. المعدن المنصهر أثناء عملية الصب.
3. 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 :

1. عدم وجود شوائب.
2. إنتاج أسطح مطابقة لهيئة القالب إلى حد كبير .
3. الحصول علي مصبوبات ذات بنية قوية.
4. إمكانية صب المعادن الخفيفة .. مع اختيار المادة المناسبة لعمل القالب لكل منها.

السباكة تحت الضغط

السباكة تحت الضغط هي أحد طرق السباكة في قوالب معدنية ، وبهذه الطريقة يملأ المعدن السائل القالب المعدني ويكون عادة من الصلب تحت تأثير الضغط ، وتنتج بهذه الطريقة الأجزاء الصغيرة الواجهة الرقيقة الجدران من سبائك المعدن غير الحديدية في الإنتاج بالجملة ، مثل أجزاء التركيبات الكهربائية وأجزاء الماكينات والآلات الحاسبة وأجهزة الراديو والتليفزيون وبعض أجزاء السيارات والجرارات وغيرها.

ويضمن الضغط الذي يبذل على المعدن السائل عند صب القالب جودة امتلائه بالمعدن ، الذي يفقد سيولته بسرعة في تجويف القالب المصنوع من الصلب ، وكذلك يضمن إتخاذ المسبوكة لأدق تشكيلات القالب ، وتخفيض المسامية بالمقاطع السميكة بالمسبوكة وتتراوح الضغوط المستعملة عملياً من 10 — 500 جوى ، وتصل سرعة صب المعدن في القالب عندئذ إلى 60 متر / ثانية.

تعتبر المسبوكة بعد إخراجها من القالب وتخليصها من المصببات جزءاً تام الصنع ، ولا تتطلب الحصول على ثقوب صغيرة وعلى قلاووظ مضبوط ، وتصل دقة أبعاد المسبوكة إلى 0.1 — 0.01 مم . ولهذا فالمسبوكات المنتجة بهذه الطريقة

تعد قابلة للتبادل فيما بينها عملياً . بنية المعدن بالمسبوكات المنتجة بطريقة السباكة تحت الضغط تكون دقيقة الحبيبات نتيجة للتبريد السريع بالقالب الصلب ، ولهذا تكون

الأجزاء عالية المقاومة، وللحصول على الضغط الذى يدخل المعدن تحت تأثيره فى القالب تستعمل ماكينات مكبسية ذات غرف ضغط ساخنة أو باردة أو ماكينات تعمل بمساعدة كباس للهواء.

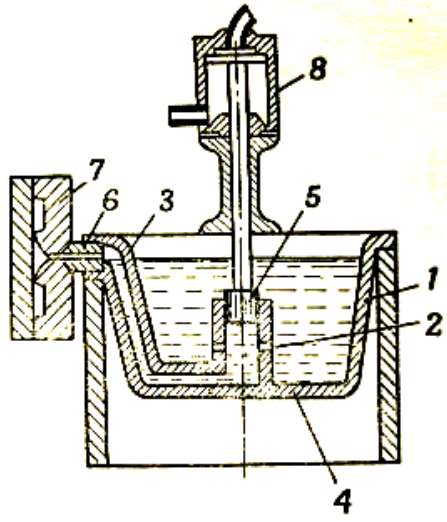
يجب عند تصميم الأجزاء التى ستنتج بالسباكة تحت الضغط مراعاة الظروف الخاصة لهذه الطريقة وجعل شكل الجزء المصمم ملائماً للخصائص التكنولوجية لهذه الطريقة للسباكة.

الماكينات المكبسية ذات غرفة الضغط الساخنة :

تستعمل للحصول على مسبوكات من السبائك التى لا تزيد درجة إنصهارها عن 450 °م المعادن القصديرية والزنكية والرصاصية.

يصب المعدن فى حوض من الزهر 1 شكل 3 - 42 ، وتظل درجة حرارة الحوض ثابتة بتسخينه . ويملأ المعدن السائل خلال الفتحة 2 تجويف الأسطوانة وقناة التغذية 3 . وعند إدارة يد التشغيل يغلق نصف القالب 7 ويلتصق طرف الأنبوبة 6 بفوهة قناة التغذية . عندئذ تشغل الأسطوانة الهوائية 8 آلياً فتتحرك تحت تأثير المكبس 5 فى الأسطوانة 4 فيضغط المعدن المنصهر فى القالب.

وبتجمد المسبوكة فى القالب يرتفع المكبس 5 فينساب المعدن السائل من القناة 3 ويفتح القالب 7 محرراً المسبوكة . وبعد نفخ القالب تعاد عملية الصب . ويقوم بالعمل على الماكينة فني واحد . وتصل إنتاجية الماكينات نصف الآلية من هذا النوع إلى 250 مسبوكة والآلية إلى 1000 مسبوكة فى الساعة ، ويصل الضغط على المعدن إلى 6 - 75 جوى.



شكل رقم 3 - 42

ماكينة مكبسية للسبائك تحت ضغط بغرفة للضغط ساخنة

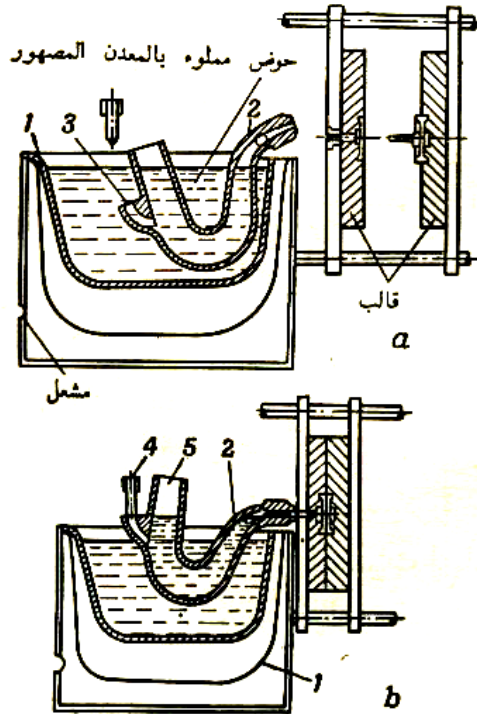
عيوب الماكينات المكبسية ذات غرفة الضغط الساخنة :

أهم عيب لماكينات هذا النوع هو تكون طبقة من الأكاسيد بين جدران المكبس والأسطوانة عند صب سبائك تزيد درجة إنصهارها عن 500 °م مما يسبب توقف الماكينة كثيراً.

وللحصول على مسبوكات من سبائك الألومنيوم والماغنسيوم تستعمل ماكينات بكباس للهواء بغرفة متحركة للضغط ، حيث تعمل بهواء مضغوط تحت ضغط من 10 - 100 جوى . فى حوض الزهر 1 تكون غرفة الضغط المتحركة المنحنية على شكل عنق الإوزة 2 ، يدخل المعدن السائل إلى الغرفة خلال الفتحة 3 ويتخذ بها نفس مستوى المعدن بالحوض فى الوضع الموضح بشكل 3 - 43 a وعند تشغيل تركيبية التشغيل تتحرك الغرفة 2 إلى الوضع b ويلتصق طرفها بفوهة قناة التغذية لقالب السبائك المغلق ، وفى نفس الوقت تغلق الفتحة 3 بواسطة الإبرة الثابتة 4 ، ليندفع الهواء المضغوط إلى الغرفة خلال الفتحة حيث يطرد المعدن

المنصهر منها ويدفعه إلى قالب السباكة ، وبعد إخراج المسبوكة ونفخ القالب تعاد العملية . ويقوم بإدارة الماكينة فني واحد ، وتصل إنتاجيتها إلى 50 — 500 صبة في الساعة.

وتعقد درجة الانصهار العالية للسبائك النحاسية وغيرها من إستعمالها للسباكة تحت الضغط ، وفي هذه الحالة تستعمل الماكينات المكبسية ذات غرفة الضغط الباردة ، وتعمل بمبدأ ضغط المعدن السائل.

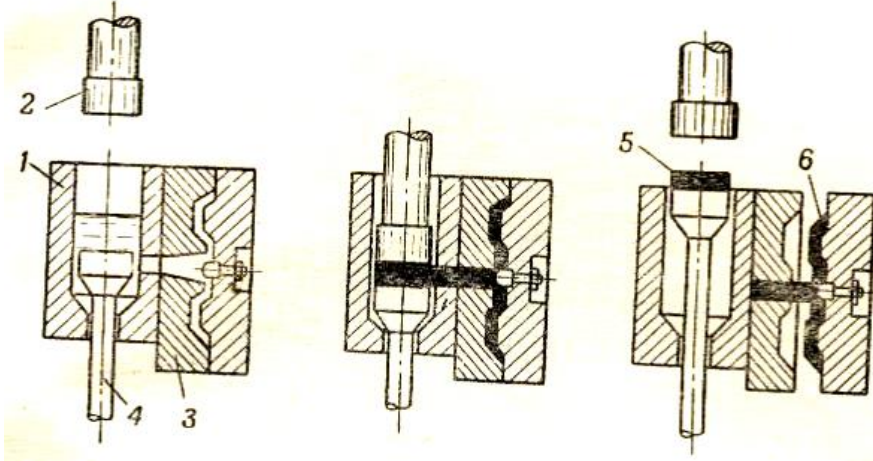


شكل 3 - 43

ماكينة بكباس هواء للسباكة تحت الضغط بغرفة ضغط متحركة

مبدأ عمل هذه الماكينات موضح بشكل 3 - 44 ، حيث يندفع المعدن السائل الذى يصهر خارج الماكينة إلى غرفة الضغط 1 بواسطة بودقة عيار ، ويكبس المعدن بواسطة المكبس 2 المدفوع هيدروليكياً فى القالب 3 خلال قناة ، ويظل

المعدن الزائد بأعلى المكبس السفلى 4 . ثم يرفع المكبس 2 إلى وضعه العلوى ويقص المعدن المتبقى 5 من المصب بتحريك المكبس السفلى 4 ويخرج من الغرفة . ثم يفتح القالب 3 وتخرج منه المسبوكة 6 . وبعد نفخ القالب تكرر العملية . يصل الضغط فى هذه الماكينات إلى 100 – 1000 جوى ، وقد تصل إنتاجيتها إلى 500 صبة فى الساعة.



شكل 3 - 44

رسم تخطيطى لتركيب وعمل الماكينة المكبسية للسباكة تحت الضغط بغرفة ضغط

السباكة بالنماذج المنصهرة

تستعمل طريقة السباكة بالنماذج المنصهرة لإنتاج المسبوكات الصغيرة من أى سبائك على شكل أجزاء تامة الصنع ، (أجزاء أو آلات) بدقة لا تقل عن الدرجة الخامسة للدقة حسب المواصفات القياسية ISO دون إستعمال أى تشغيل ميكانيكى لها بعد ذلك .

تتكون تكنولوجيا إنتاج المسبوكات بالطريقة المذكورة من المراحل التالية:-

- تجهيز نموذج قياسى للجزء .
- تجهيز إسطوانات لسبك النماذج الشمعية.

- سبك النماذج المعدنية.
 - تجهيز قوالب السباكة باستعمال النماذج الشمعية
 - صهر الشمع بالقالب وتحميصه.
 - صب المعدن السائل فى القوالب.
 - إخراج المسبوكة من القالب وتنظيفها.
- يصنع النموذج القياسى للمسبوكة من الصلب أو من السبائك النحاسية بالتشغيل الميكانيكى الدقيق مع الأخذ فى الاعتبار إنكماش السبيكة التى ستصنع منها المسبوكات الدقيقة .
- تصنع طبقاً للنموذج القياسى قوالب من السبائك الخفيفة لكبس النماذج الشمعية . ويجرى سبك النماذج الشمعية فى هذه القوالب من سبيكة شمعية منصهرة بنفس الطريقة التى تسبك بها المعادن تحت الضغط.
- تتكون السبيكة الشمعية المستعملة لتجهيز النماذج عادة من بدائل الشمع الطبيعى ، ويجب أن يكون النموذج الشمعي ذا سطح نظيف ناعم دون فجوات أو خدش أو أي عيوب أخرى .
- تكون من النماذج الصغيرة كتلة واحدة بتوصيلها بنظام موحد للصب من الشمع ، وتطلى كتلة النماذج الشمعية من خلال غمرها فى محلول يحتوي على جرافيت وماء المخلوط بقليل من الزجاج السائل . ثم يرش سطح كتلة النماذج بمسحوق من الكورندوم أو الكوارتز المحمص عند درجة 400 — 500 °م لتحسين تماسها مع رمل القالب ثم تجفف عند درجة 20 °م تقريباً لمدة 5 — 6 ساعات، ثم تختتم كتلة النماذج مع نظام الصب فى ريزق بحيث يمكن دخول المعدن إلى نظام الصب ، وعادة يجرى الختم بالهز على ماكينات الهز الخاصة (دون إفساد كتلة النماذج).
- يستعمل للختم رمل كواتزى يضاف إليه الزجاج السائل ، أو خليط من الرمل

الكوارتى مع إضافة من الطين الحرارى بنسبة 5 — 6 % ويجفف القالب المجهز عند درجة 20 °م تقريباً لمدة 2 — 3 ساعات .

تزالة النماذج الشمعية (صهرها) من القالب فى فرن عند درجة 100 — 120 °م على صاجات ، ولإزالة النماذج تماماً يظل القالب فى فرن عند درجة 150 °م لمدة 1.5 — 2 ساعة ، يحمص القالب فى نفس الفرن عند درجة 800 — 850 °م.

يجرى صهر السبائك لصبها فى القوالب فى أفران كهربائية .. (أفران قوسية أو حثية أو بالمقاومة) وذلك حسب نوع السبكية ، ويصب المعدن فى القالب تحت ضغط من 2 — 5 جوى.

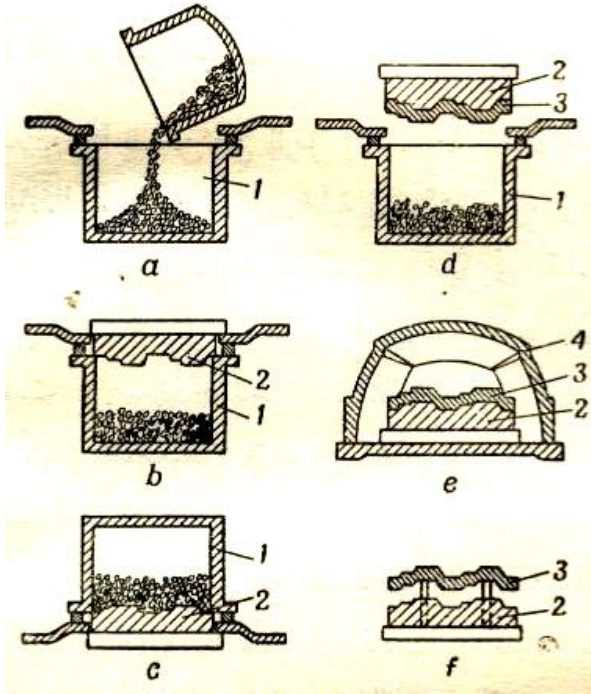
السباكة فى القوالب القشرية

عند سباكة المعادن لا يسخن من الرمل إلا الطبقة الرقيقة الملاصقة للمسبوكة .. أى أن باقى الرمل بالقالب لا يشارك فى عملية السباكة ، وقد روعي هذه الطريقة الحديثة للحصول على المسبوكات بصبها فى قوالب رقيقة الجدران على شكل قشرة من خليط خاص للسباكة ، يتكون من الرمل الكوارتزى الناعم مع إضافة من البكاليت (صمغ صناعى) بنسبة 5 — 6 % ، وخليط السباكة المذكور خاصية القابلية للتحميم وتكوين قشرة عند تلامسه مع سطح نموذج معدنى مسخن . وهذه القشرة ذات إنفاذية جيدة للغازات.

يتتلخص طريقة تجهيز القالب بالطريقة المذكورة فى تجهيز قشرتين من الخليط المذكور لنصفى القالب ثم تجميعهما لتكوين القالب . شكل 3 — 45 يوضح رسم تخطيطى لتجهيز القالب القشرى.

ماكينة تجهيز هذه القوالب عبارة عن خزان معدنى يدور حول محور أفقى ، حيث ينثر خليط السباكة فى خزان الماكينة (فى الوضع a) ، ثم تثبت من أعلى

لوحة النموذج المعدنية المسخنة إلى درجة 150 — 200 °م ، بحيث تكون نماذجها موجهة إلى داخل خزان الماكينة (الوضع b) ، ثم يدار الخزان بلوحة النموذج والخليط المسبكي 180° ويظل هذا الوضع لمدة 15 – 20 ثانية (الوضع c) ، وفي هذه المدة تتكون على سطح النماذج قشرة رقيقة من الخليط المسبكي سمكها 6 – 10 مم وتظل عليها بعد إدارة الخزان إلى الوضع الأول (الوضع d) ، وتنزع اللوحة مع القشرة المتكونة عليها من الخزان وتوضع في فرن التحميص (الوضع e) ، حيث تظل لمدة 30 – 40 ثانية عند درجة 250 — 300 °م ، وتسوى القشرة وتزداد متانتها ، وتنزع القشرة المسواة عن لوحة النموذج بواسطة الدسر (الوضع f) وترسل لتجميع قالب السباكة.

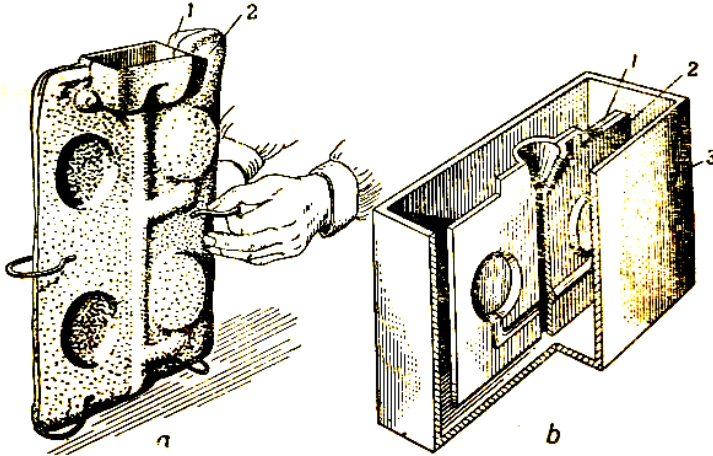


شكل 3 - 45

رسم تخطيطي للحصول على القوالب القشرية

- a .. صب رمل السباكة في خزان الماكينة.
- b .. وضع لوحة النموذج الساخنة على خزان الماكينة.
- c .. عملية القلب.
- d .. لوجة النموذج بعد نزعها من القشرة المتكونة عليها من خزان الماكينة.
- e .. تحميص القشرة في الفرن.
- f .. نزع القشرة المحمصة من على لوحة النموذج باستعمال بنوز واقية.
1. خزان الماكينة.
2. لوحة النموذج.
3. القشرة.
4. فرن التحميص.

يجهز قالب السباكة من قشرتين تثبتان معاً برباطات شكل 3 — 46 a ، ويوضع راسياً في صندوق معدني إستعداداً للصب (شكل 123 b) ، ويملأ الفراغ بين جدران الصندوق والقشرة بكسر الزهر وذلك لتجنب تحطم القالب القشري تحت تأثير ضغط المعدن السائل.



شكل رقم 3 — 46

وضع القالب القشري في صندوق الصب وملئه بالكسر

2 , 1 , a نصفي القالب القشري مربوطان بربطات.

b القالب القشري المجمع موضوع بالصندوق المعدني **3**.

يمكن استخدام القوالب الفشرية في سباكة الزهر والصلب والمعادن غير الحديدية ، ولا تقل دقة المسبوكات المنتجة بهذه الطريقة عن دقة المسبوكات المنتجة بواسطة النماذج المنصهرة ، حيث يكون أسطح المسبوكات الناتجة نظيفة لدرجة يمكن معها اللإستغناء عن التشغيل الميكانيكي للأجزاء. تكنولوجيا إنتاج القوالب القشرية بسيطة جداً متطورة ذات إمكانيات واسعة للتطبيق في الإنتاج المسبكي ، ويمكن بسهولة تشغيلها بإستعمال معدات غير معقدة.

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 إخراج من القالب . وعادة تستخدم هذه الطريقة في السباكة عندما يكون شكل النموذج معقداً لدرجة عدم إمكانية استخراجيه 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.

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

الاستخدامات :

يستخدم أسلوب السباكة 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.

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.

مميزات التشكيل بالسباكة :

1. تتميز المشغولات المشكلة بالسباكة بالمميزات التالية :-
 1. سهولة الحصول على مشغولات ذات أشكال هندسية بالغة التعقيد ، مما يوفر الوقت والجهد في عمليات التشغيل بالقطع.
 2. تبسيط تصنيع المنتجات المجمعّة وذلك بتشكيلها في قطعة واحدة.
 3. تناسب عمليات الإنتاج الكمي .. (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً متماثلاً متكرراً بالجملة) في زمن قصير.
 4. إمكانية تشكيل الأجسام المعدنية ذات الأحجام الكبيرة والتي يصل وزن القطعة الواحدة منها إلى 200 طن ، مثل هياكل المضخات الكبيرة - التربينات المائية - الضواغط العملاقة ، التي يصب بل يستحيل إنتاجها بطرق التشكيل الأخرى.
 5. الحصول على خواص ميكانيكية تجعل المعادن المشكلة بالصفات التالية :-
 - (أ) أكثر قابلية للتشكيل بالقطع.
 - (ب) لإمتصاص الاهتزازات.
- .. كما هو الحال في مسبوكات الزهر.
6. يمكن الحصول على منتجات خفيفة الوزن بصلادة مناسبة كما هو الحال في سبائك المعادن الغير حديدية.

7. إنتاج المعادن المختلفة مثل الصلب بجميع أنواعه - الزهر بجميع أنواعه - وأيضاً مسبوكات المعادن الغير حديدية مثل الألومنيوم وسبائك النحاس وسبائك.

8. تجانس المعدن المشكل في جميع أجزائه.

9. انخفاض كبير في التكاليف.

عيوب التشكيل بالسبابة :

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.

1. 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 :-

- زيادة نسبة الرطوبة في رمل القالب.
 - سوء التهوية .. أي عدم وجود فتحات تهوية كافية بالسطح العلوي للقالب.
 - استخدام رمل لا يحتوي على مسام جيدة.
 - زيادة المكونات الطينية عن الحد المناسب.
 - شدة الضغط بالقالب .. (شدة الدك).
 - وجود رطوبة بالدليك وعدم تجفيفه جيداً قبل وضعه بالقالب.
- ولتلافي حدوث ذلك فإنه يجب أن يكون القالب بفتحات تهوية مناسبة ، مع التحميص الجيد ، واستخدام رمل بمواصفات جيدة.

2. الزوائد :

هي زوائد تحدث بالمسبوكات على شكل زعانف عند سطح الانفصال بجزئي القالب ، وأسباب تكون هذه الزوائد هو عدم ملئ القالب الأسفل بالرممل 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.

3. إنحراف في شكل المسبوك :

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

4. 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.

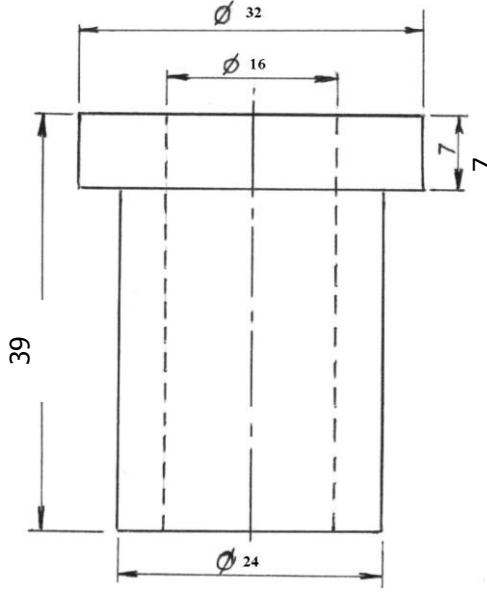
5. الشروخ :

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.

تمارين

التمرين الأول :

يراد تصنيع وصلة أسطوانية عن طريق السباكة في القوالب وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 3 - 47.



شكل 3 - 47

وصلة أسطوانية

خطوات العمل :

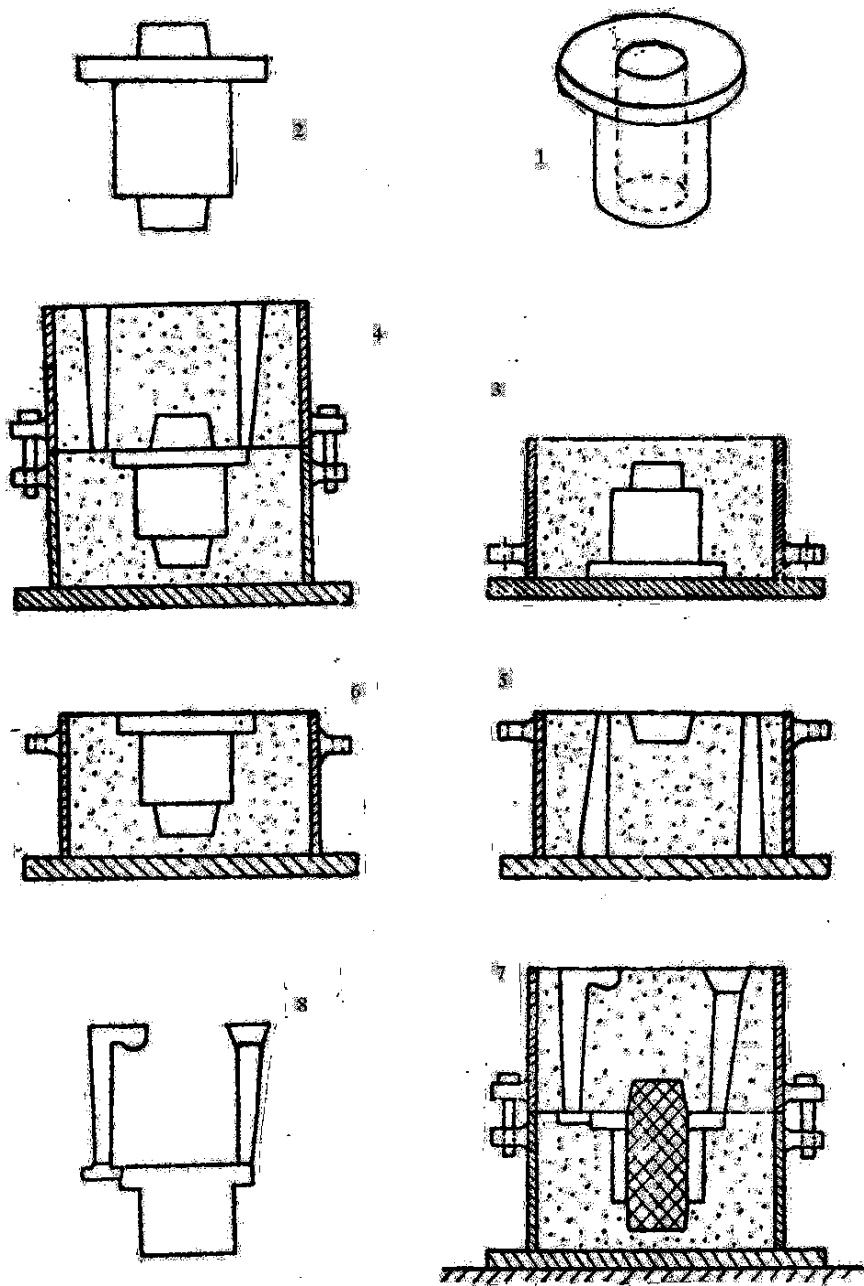
شكل 3 - 48 يوضح تسلسل خطوات عمل وصلة الأسطوانية وهي

كالآتي :-

1. تجهيز النموذج من جزئين بحيث يطابق الشكل المطلوب سباكته مع الأخذ في الاعتبار إضافة الأبعاد المعادلة لحساب الانكماش المتوقع والزيادات الأخرى.
2. 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.
3. 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 جيداً ، 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.
4. يجهز الدليك في صندوق الدليك ، بحيث يطابق شكل وأبعاد الفراغ الداخلي للوصلة المطلوب سبائكها ، 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.
5. 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.

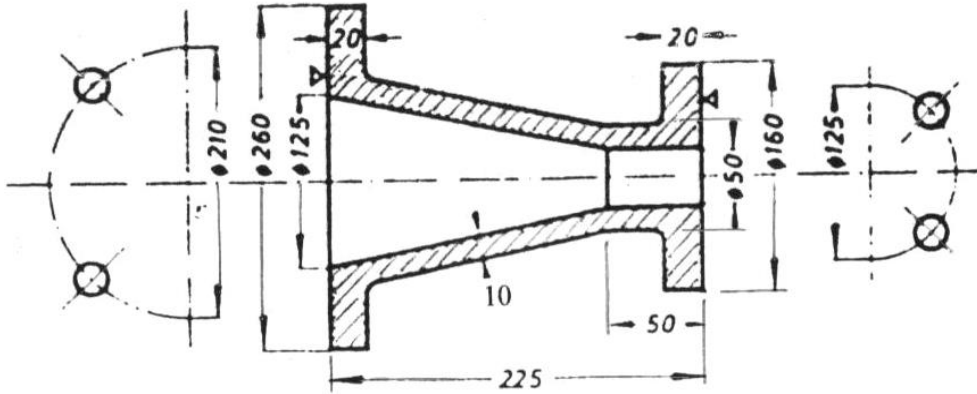


شكل 3 - 48

خطوات عمل وصلة أسطوانية بالسباكة الرملية

التمرين الثاني :

يراد إنتاج وصلة ماسورة مسلوقة عن طريق سباكة القوالب الرملية وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 3 - 49.



شكل 3 - 49

وصلة ماسورة مسلوقة

خطوات العمل :

شكل 3 - 50 يوضح تسلسل لخطوات العمل النموذجية لإنتاج وصلة

لماسورة مسلوقة عن طريق سباكة القوالب الرملية وهي كالآتي :-

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

2. يجهز 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.

3. 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.

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

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

5. 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 سبائك 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.

6. 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.

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

8. 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.

9. 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.

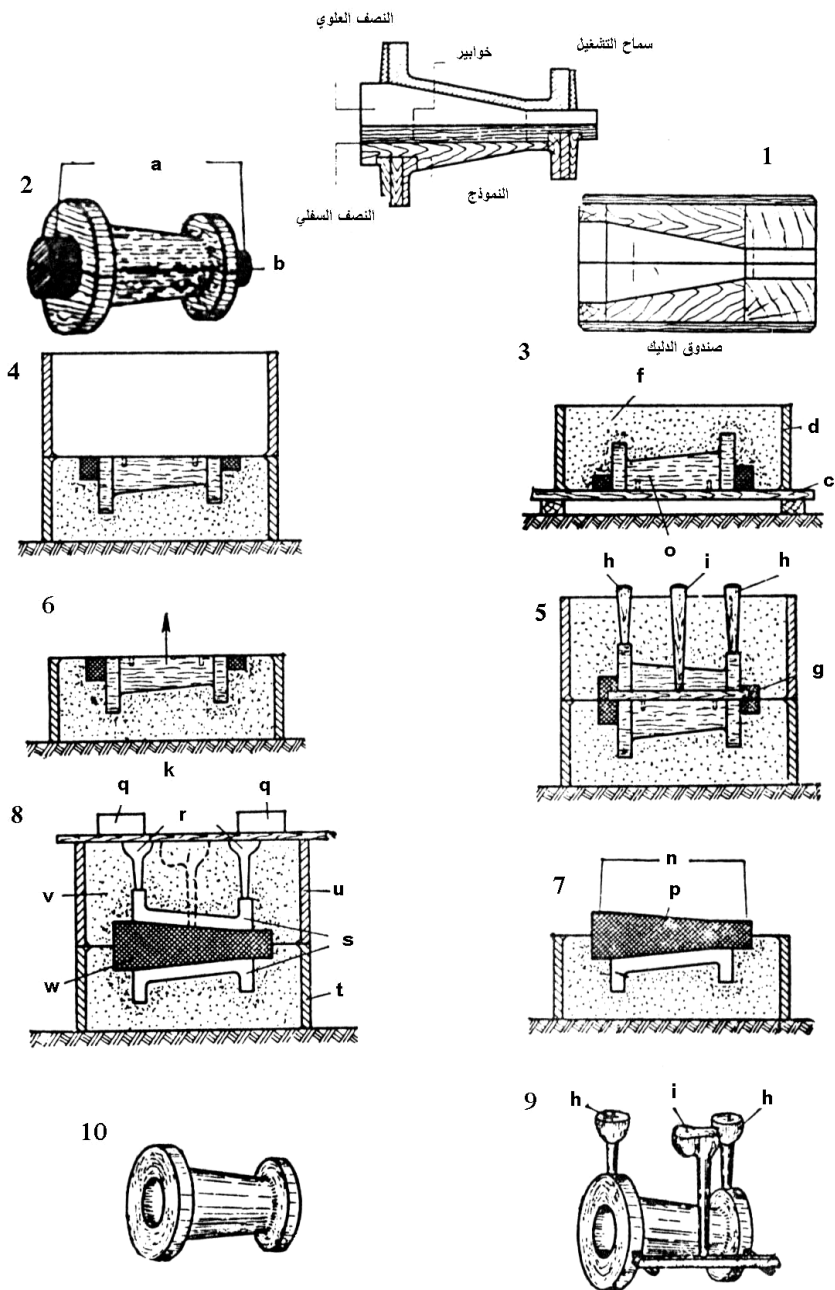
10. يهدم القالب الرملي ، ويمكن تخيل الأجزاء الداخلية للريزق أثناء عملية

الصب، من خلال فتحة الصب (i) وفتحة المصعد h.

11. 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.

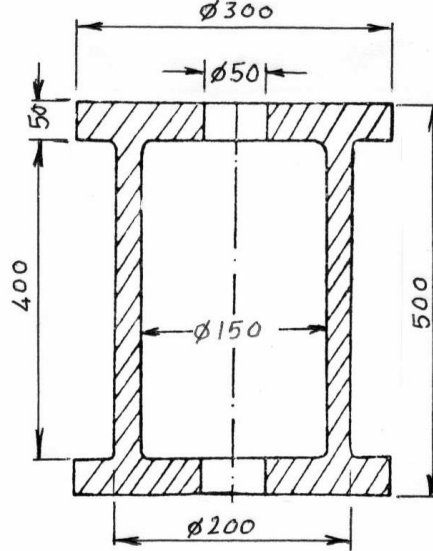


شكل 32 - 50

خطوات إنتاج جزء مسبوك في قالب رملي بريزي

التمرين الثالث :

يراد تصنيع نموذج عن طريق السباكة في القوالب الرملية وذلك حسب الشكل والأبعاد الموضحة بشكل 3 - 51.



شكل 3 - 51

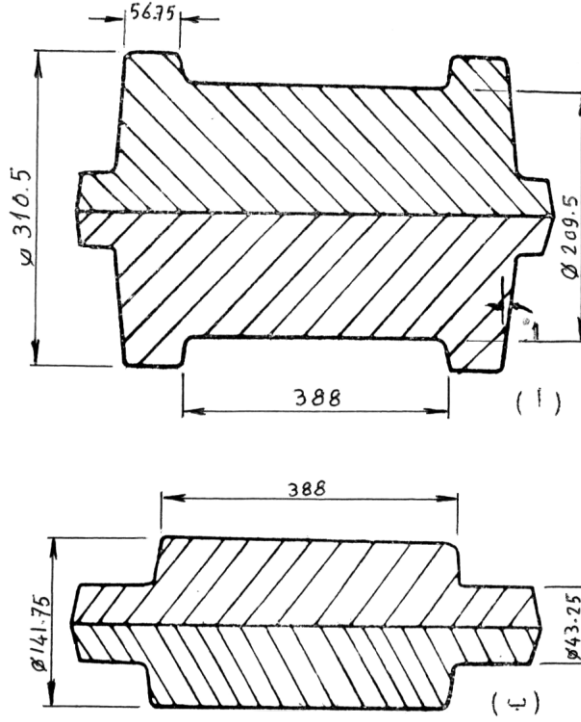
النموذج المراد سباكته

تجهيز النموذج والدليك :

يجهز النموذج والدليك بحيث يكون كل منهما من جزئين كما هو موضح بشكل 3 - 52 كالآتي :-

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

2. 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 3 - 52

تجهيز النموذج والدليك

(أ) الشكل النهائي للنموذج الخشبي.

(ب) الشكل النهائي للدليك المطلوب.

خطوات العمل :

شكل 3 - 53 يوضح تسلسل لخطوات العمل وهي كالآتي :-

1. تجهيز النموذج .
 2. تجهيز لوحة خشب مستوية ويوضع عليها الجزء الأسفل للريزق.
- 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.

3. 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.

4. 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.

5. يوضع الدليك في مكانه في الجزء الأسفل للريزق.

○ يوضع الجزء العلوي للريزق علي الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال الخوابير الخاصة بذلك.

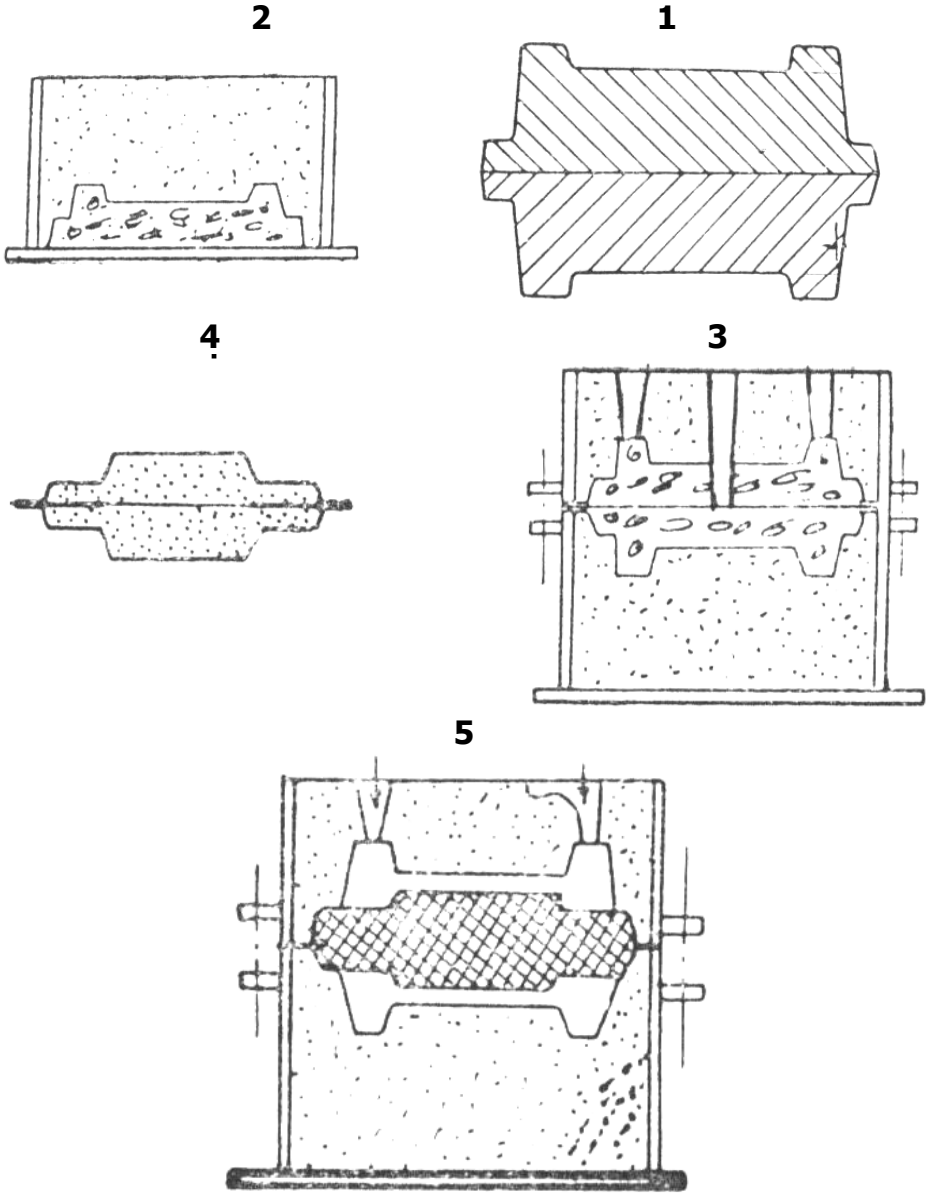
○ توضع أثقال وذلك لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.

6. 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.



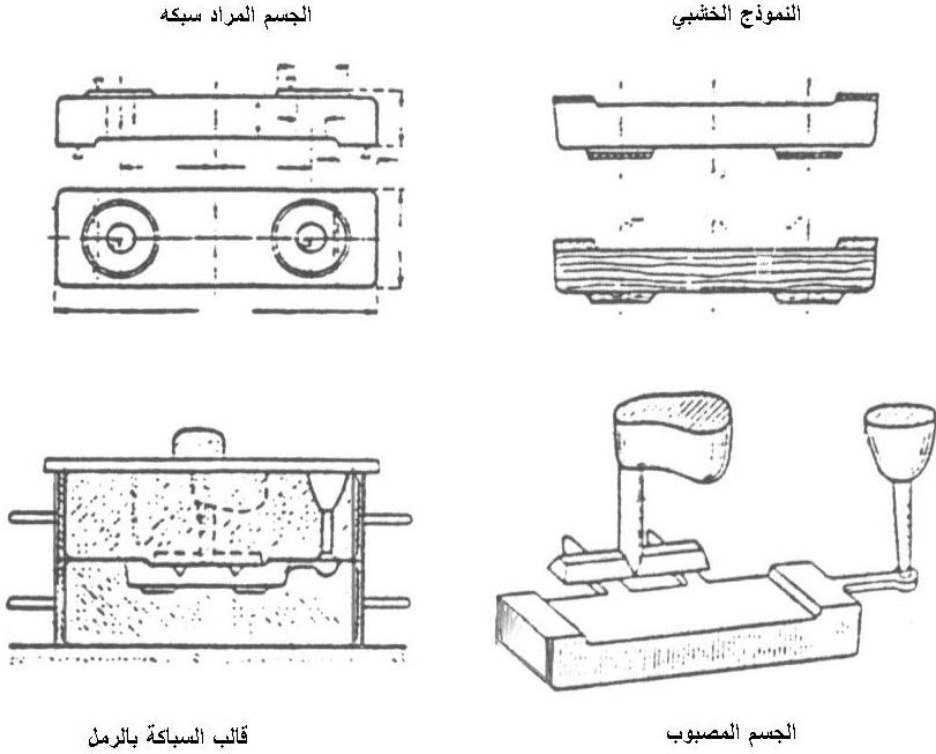


شكل 3 - 53

خطوات العمل لانتاج النموذج المطلوب بالسبابة الرملية

التمرين الرابع :

سباكة قاعدة بسيطة كما هو موضح بشكل 3 - 54 .

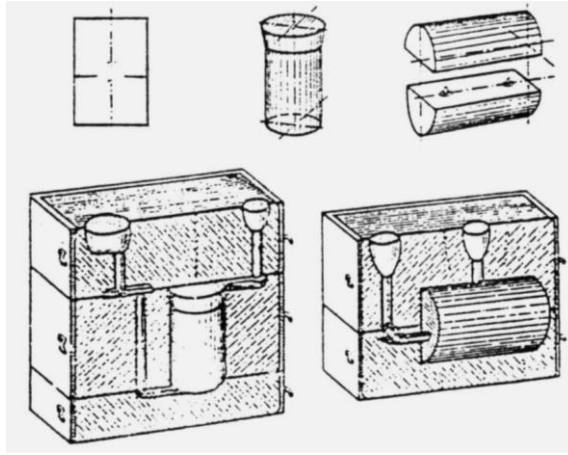


شكل 3 - 54

سباكة قاعدة بسيطة بدون الحاجة إلى استخدام دليك

التمرين الخامس :

سباكة جزء أسطواني بسيط كما هو موضح بشكل 3 - 55.



شكل 3 - 55

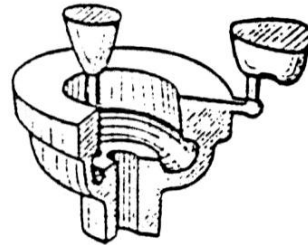
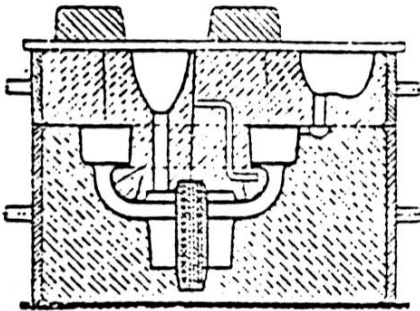
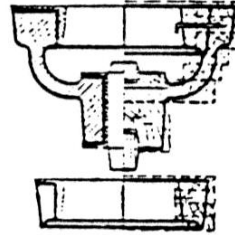
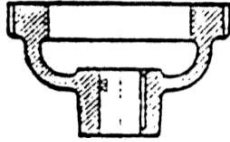
سبابة جزء أسطواني بسيط بدون الحاجة إلى استخدام دليق

التمرين السادس:

سبابة كرسي محور كما هو موضح بشكل 3 - 56 .

الجسم المراد سبافته

تفاصيل النموذج الخشبي



قالب السبابة بالرمل

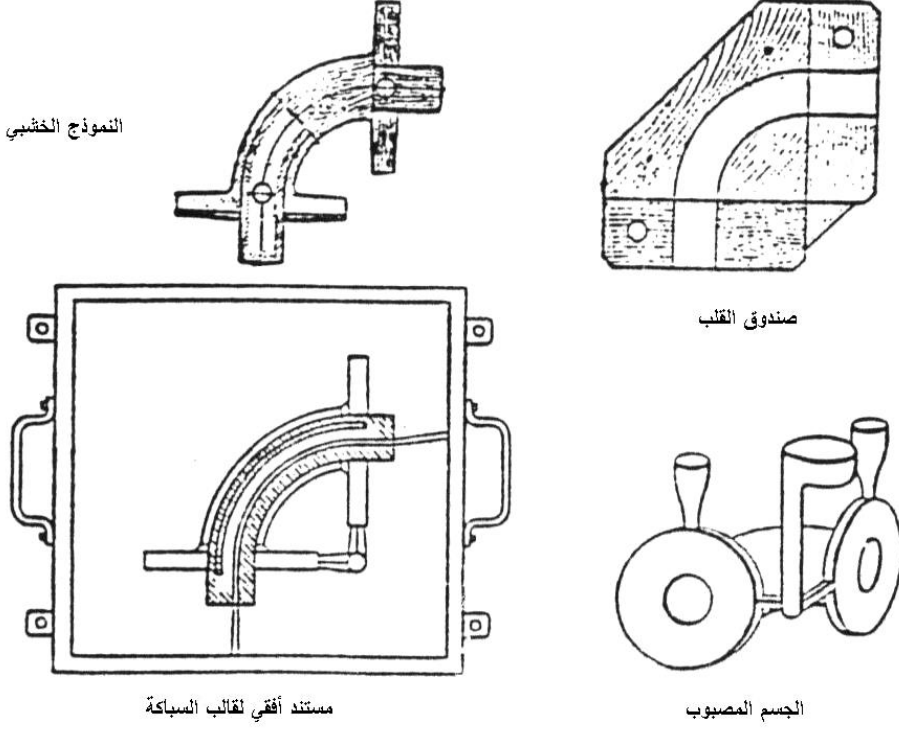
الجسم المصبوب

شكل 3 - 56

سبابة كرسي محور

التمرين السابع :

وصلة منحنية للمواسير كما هو موضح بشكل 3 - 57.



شكل 3 - 57

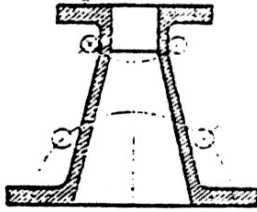
سباكة وصلة منحنية للمواسير

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 .

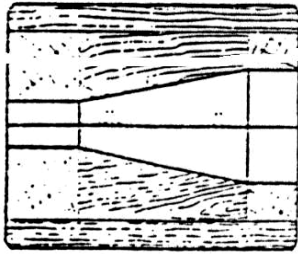
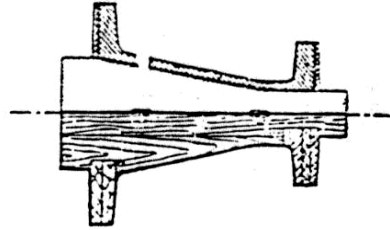
التمرين الثامن :

وصلة مخروطية للمواسير كما هو موضح بشكل 3 - 58.

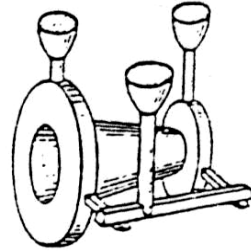
وصلة المواسير المراد سبكها



النموذج الخشبي



صندوق القلب

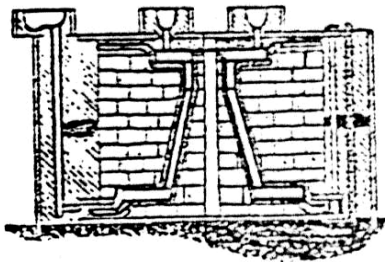
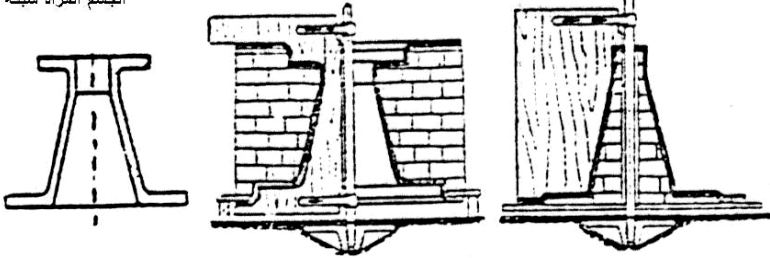


الجسم المصبوب

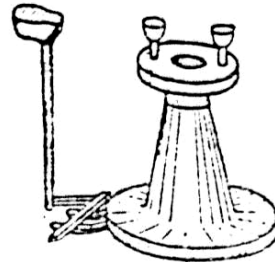
(أ)

إعداد القلب والقالب

الجسم المراد سبكه



قالب السبك بالطفال الرملي



الجسم المصبوب

(ب)

شكل 3 - 58

وصلة مخروطية للمواسير

التمرين السابق عبارة عن وصلة مخروطية للمواسير ، يمكن إعداد الدليلك 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.

الباب الرابع

الأمان الصناعي في ورش السباكة

مَهْيَدٌ

لقد لعب الإنسان دوراً كبيراً في صنع الحضارة والتقدم علي مدي العصور الطويلة الماضية وخاصة في المجال الصناعي . وعلى الرغم من التقدم الهائل الذي وصل إليه ، إلا أن ما ابتكره من آلات ومعدات وأجهزة حديثة لغرض خدمته وتوفير وسائل رفاهيته ، قد أصبحت في الوقت نفسه تشكل خطراً عليه عندما لا يحسن استعمالها .

تهيئة ظروف الأعمال الآمنة تظل أفضل دائماً من الاكتفاء برفع شعارات اليقظة والانتباه ، لذلك فإن مادة الأمان الصناعي تحتل مكاناً بارزاً ، حيث توليها جميع الهيئات العلمية الاهتمام والعناية الكافية . والهدف من ذلك هو حماية مقومات الإنتاج ، وهى القوي البشرية المتمثلة في الطلاب – الفنيين – المهندسين – وغيرهم من العاملين .. وهو الجانب الأساسي ، وكذلك حماية المال العام المتمثل في الآلات والمواد والمنتج المصنع ، وبالتالي حماية للاقتصاد القومي الذي ينعكس على زيادة الإنتاج والعائد منه.

وعلى الرغم من أن هذه الموضوعات ليست بالجديدة ، إلا أننا ندرك إنها جديرة بالاهتمام ، فمثلا عند وقوع حوادث العمل الناتجة عن الآلات ، أو من سوء استخدام المعدات ، أو الناتجة عن عدم استخدام أدوات الوقاية الشخصية ، فهذه الحوادث تكون مصدراً للعديد من المخاطر والإصابات ، وقد تكون سبباً في إلحاق الضرر بالأرواح والممتلكات ، لذلك فإنه من الضروري التعرف علي قواعد وإرشادات الأمان والسلامة وتطبيقها.

يناقش هذا الباب الأدوات والأجهزة الوقائية المستخدمة في ورش سباكة المعادن ، وطرق الوقاية من الزنك المنصهر ، والوقاية من الأبخرة الغازات المتصاعدة أثناء عمليات إنصهاره ، وطرق الوقاية من السقوط بحمامات الزنك.

ويتعرض إلى الجلفنة ، والوقاية من مخاطر الجلفنة من خلال الغمس على الساخن ، وقواعد وإرشادات السلامة والأمان بصفة عامة بورش السباكة.

قواعد وإرشادات السلامة

في

ورش سباكة المعادن

تتطلب عملية سباكة المعادن إلى 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 أضرار وإصابات للفنيين من خلال تطاير القطع الناتجة عن رد فعل المطرقة.

وعملية صهر المعادن تتطلب درجات حرارة مرتفعة عن طريق الفرن الذي يقوم بتحويل المعدن من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.

والمعدن المنصهر يتطلب نقله من البوتقة وصبه مباشرة في القوالب المعدة والسابق تجهيزها.

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

الأدوات والأجهزة الوقائية

يجب على المهندسين والفنيين وجميع العاملين في مجال سباكة المعادن استخدام الأدوات والأجهزة الوقائية للحفاظ على سلامتهم وأمنهم وهي كالآتي : -
1. واقيات الصدر مصنوعة من مادة الأمينيت المقاومة للحرارة والغير قابلة للاشتعال.

2. واقيات اليدين مصنوعة من مادة الأمينيت المقاومة للحرارة والغير قابلة للاشتعال.
3. واقيات الساقين مصنوعة من مادة الأمينيت المقاومة للحرارة والغير قابلة للاشتعال.
4. واقيات القدمين المتمثلة في أحذية مصنوعة من الجلد.
5. واقيات الأذن المتمثلة في سدادات وكاتمات للصوت.
6. واقيات النظر والوجه المتمثلة في الأوجه الشفافة المقاومة للحرارة.
7. واقيات الرأس المتمثلة في القبعة المصنوعة من المعدن والمغلقة بأحذية داخلية.
8. واقيات الجهاز التنفسي للوقاية من الأبخرة والغازات الضارة.
9. أجهزة إطفاء للوقاية من الحرائق، ينبغي أن تكون بأماكن يسهل الوصول إليها.

قواعد وإرشادات السلامة

- يمثل النظام والنظافة وإتباع إرشادات وقواعد السلامة والأمن الصناعي أساس ممارسة للعمل بدون حوادث، لذلك يجب إتباع الإرشادات التالية_
1. يجب إخلاء مكان العمل من جميع الأشياء الغير ضرورية، وخاصة الموجودة بالممرات المتصلة ما بين الفرن والقوالب والحفاظ عليها نظيفة.
 2. إزالة الزيوت والبقع الزيتية من حول الفرن وبأرضية الممرات ما بين الفرن والقوالب.
 3. وضع القوالب بشكل يسهل القيام بعملية الصب.
 4. 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 الحيلة والحذر بجانب اليقظة وحسن التقدير بجانب هذه الإرشادات.

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

وإذا كانت الوقاية من الحوادث واجب إنساني في جوهرها ، فإن المجهودات التي تبذل للتخفيض منها ولتخفيف ومعالجة آثارها ، تساعد في المحافظة على العاملين ، كما تعمل على تلافي الفقد في ساعات العمل وكذلك المحافظة على الآلات والمواد.

يعتبر أهم أساليب الوقاية ، أو خط الدفاع الأول ضد المخاطر والحوادث هو ارتداء ملابس العمل بشكل آمن ، واستخدام الأدوات الوقائية المناسبة للعمل المكلف به ، وأيضاً إتباع السلوك الذي يتمشى مع قواعد وإرشادات الأمان الصناعي.

القواعد العامة لإرشادات السلامة بورشة السباكة :

- يمثل النظام والنظافة وإتباع إرشادات وقواعد السلامة والأمن الصناعي أساس ممارسة العمل بدون حوادث ، لذلك يجب أتياع الإرشادات التالية :-
1. يجب إخلاء مكان العمل من جميع الأشياء الغير ضرورية ، وخاصة الموجودة بالممرات المتصلة ما بين الفرن والقالب والحفاظ عليها نظيفة.
 2. إزالة الزيوت والبقع الزيتية من حول الفرن وبأرضية الممرات ما بين الفرن والقالب.

3. وضع القوالب بشكل يسهل القيام بعملية الصب.
 4. 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 .

السلامة بالمنشآت الصناعية

التطور التكنولوجي الذي يشهده العالم اليوم وما صاحبه من تطور الصناعات أفرز الكثير من الأخطار التي ينبغي على الإنسان معرفتها وأخذ الحذر والحيطه من الوقوع في مسبباتها. وليس هناك من يتمنى أن يصاب بحادث يفقده التمتع بما منّ الله به عليه من صحة وعافية وسلامة أعضاء، فقد يصاب بسبب قلة الاهتمام أو الأهمال ولو للحظات قليلة وهي كافية لجعله يتألم لفترات طويلة قد تصل الى السنوات. وأماكن العمل من ورش ومصانع ومختبرات تعتبر بيئات غير طبيعیه من حيث درجات الحرارة العالية والآلات الدواره، والأجهزة الحساسة والتفاعلات السريعة، والمواد السامة وما الى ذلك. وهي كذلك مجمع للغازات والسوائل والمواد الصلبة.

السلامة مسؤولية كل فرد في موقع عمله ومرتبطة بعلاقته مع من حوله كالأشخاص والآلات والأدوات والمواد وطرق التشغيل وغيرها. فالسلامة مجموعة من الإجراءات الهادفة الى منع وقوع الحوادث وإصابات العمل، وهي لاتقل عن أهمية الانتاج وجودته والتكاليف المتعلقة به. إذن فالهدف من السلامة هو إنتاج من دون حوادث وإصابات. فقد أصبحت السلامة أنظمة وقوانين يجب على العاملين معرفتها كما يجب على الإدارة تطبيقها وعدم السماح للعاملين بتجاوزها ، كما يجب أن يكون هناك تدريب وإشراف صحيح للعاملين على هذه الأنظمة حتى يمكن تلافي العديد من الأصابات والوفيات التي تحدث للعمال في

بيئات العمل المختلفة، ونقدم لك عزيزي المتصفح بعض المخاطر التي قد يتعرض لها العاملون واحتياجات السلامة الواجب اتباعها والاسس العلمية التي يجب مراعاتها لضمان سلامة وصحة العاملين في كافة المجالات، وسوف نقوم بعرض موجز لمخاطر بيئة العمل وطرق الوقاية منها.

المخاطر الفيزيائية

هي تلك المخاطر التي يتعرض لها العاملون نتيجة التعرض لمؤثرات غير ملائمة مثل الحرارة الزائدة أو الرطوبة أو البرودة الزائدة أو الإضاءة غير المناسبة أو الضوضاء أو التعرض لزيادة أو نقص في الضغط الجوي والتي تؤدي إلى حدوث أضرار صحية مختلفة للعمال.

1. الحرارة :

يقصد بها الارتفاع في درجة الحرارة المحيطة بالإنسان عن الحد الذي لا يحتمله مما يعرضه لمخاطر عديدة قد تكون الوفاة مرحلتها الأخيرة ، وتقاس كمية الحرارة بوحدة تسمى الكالوري أو السعرة وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام من المادة درجة مئوية واحدة.

الأعمال التي يتعرض فيها الفنيين للتأثيرات الضارة للحرارة هي :-

- العمل في العراء تحت تأثير حرارة الشمس.
- العمل بجوار الأفران والمواقد مثل صناعة الحديد والصلب والمسابك في صهر.

○ المعادن وفى عمليات تقطير البترول وفى صناعة الأسمدة.

○ العمل بجوار الغلايات وأمام الأفران والمخابز.

الأضرار التي يتعرض لها الفنيين عند تعرضهم لدرجات الحرارة العالية:

- اضطرابات نفسية وعصبية وشعور بالضيق ويظهر ذلك في صورة زيادة الأخطاء في العمل وزيادة احتمالات حدوث الإصابة ونقص القدرة على التركيز في العمل.

- الشعور بالتعب والإرهاق.
- تقلصات في عضلات الساقين وجدار البطن.
- الإجهاد الحراري وسبب تمدد الأوعية الدموية بالجلد واندفاع الدم إليها وزيادة عدد ضربات القلب الذي يؤدي إلى الدوخة – الصداع – القئ ثم الإغماء.
- ضربة الشمس وتنتشأ عن التعرض لدرجات حرارة عالية مع ارتفاع نسبة الرطوبة ، مما يعطل الجسم عن التخلص من حرارته ، ويشعر المصاب بالصداع الشديد والزعزعة ، ثم تبدأ درجة حرارة الجسم في الارتفاع ، ويلي ذلك التشنجات العصبية وفقد الوعي .. وإذا لم يسعف المصاب بالعلاج تحدث الوفاة.
- التهابات الجلد والعيون ويحدث ذلك نتيجة التعرض المزمن للحرارة العالية.

طرق الوقاية :

- حماية العاملين من التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة.
- أبعاد العاملين المصابين بأمراض القلب والكلى عن العمل في الأماكن التي ترتفع بها درجة الحرارة.
- عمل نظام لتبادل العاملين الذين يتعرضون للحرارة في أماكن عملهم ، فمثلاً تعمل مجموعة أمام الأفران ثم تنتقل للعمل داخل الورش ، وتعمل مجموعة الورش أمام الأفران ، وبذلك يحدث إنخفاض في معدل التعرض العاملين للحرارة.
- استخدام مهمات الوقاية الشخصية للفنيين وللعمال للوقاية من الحرارة العالية.
- تقديم كميات كبيرة من السوائل والأقراص التي تحتوى على أملاح معدنية لتعويض ما يفقده الجسم من سوائل وأملاح نتيجة التعرض للحرارة.

- عمل كشف طبي ابتدائي ودوري على العاملين المعرضين للحرارة العالية.
- نقل المصاب إلى مكان بارد وعمل الإسعافات الأولية له في حالة ضربة الشمس.

2. الإضاءة

يقصد بها الزيادة أو النقص في شدة الإضاءة عن الحد المسموح به بما يؤثر على سلامة العين.

- الأضرار التي يتعرض لها الفنيين عند تعرضهم للإضاءة الغير مناسبة
- ضعف شدة الإبصار.
- عتامة عدسة العين.

طرق الوقاية :

- توفير الإضاءة المناسبة لنوع العمل الذي يجرى مزاويلته ،سواء كانت إضاءة طبيعية أو صناعية ،ويراعى فى ذلك أن يكون توزيع المنافذ والمناور وفتحات الإضاءة الطبيعية تسمح بتوزيع الضوء توزيعاً متجانساً منتظماً على أماكن العمل ، ويكون زجاجها نظيفاً من الداخل والخارج بصفة دائمة ، وإلا يكون محجوباً بأي عائق.
- مراعاة أن تضمن مصادر الضوء الطبيعية أو الصناعية إضاءة متجانسة ، وأن تتخذ الوسائل المناسبة لتجنب الوهج المنتشر والضوء المنعكس.

- ارتداء مهمات الوقاية الشخصية مثل النظارات الخاصة وواقيات الوجه.
- استخدام ألوان الدهانات المناسبة التي توفر الإضاءة المناسبة.

3. الضوضاء

يقصد بها الخليط المتنافر من الأصوات والذي ينتشر في جو العمل أو في الشارع العام ، حيث يؤثر عل نشاط الفنيين الذي يؤدي إلى إنخفاض إنتاجهم ،

فضلاً عما تحدثه لهم عل المدى الطويل من ضعف تدريجي فى قوة السمع ربما انتهى إلى الصمم الكامل الذي لا عود في .

أنواع الضوضاء :

- ضوضاء مستمرة.
- ضوضاء متقطعة (أصوات المطارق والانفجارات).
- الضوضاء الطرقية (الاصدمات والارتطامات المتتالية).
- الضوضاء البيضاء (انطلاق البخار من الغلايات).

الأضرار التي يتعرض لها العاملين نتيجة التعرض للضوضاء :

- تأثيرات غير سمعية صعوبة التخاطب والشعور بالضيق والعصبية وإنخفاض القدرة على التركيز.
- تأثيرات سمعية وهى تصيب الجهاز السمعي ، وتؤدى إلى الصمم وتنقسم إلى نوعين:-
- تأثيرات سمعية مؤقتة : وهى تؤثر على قوة السمع ، ولكنها تزول بمجرد انتهاء التعرض.
- تأثيرات سمعية مستديمة : وهى تحدث نتيجة لتحلل الخلايا الحسية ويصاب الإنسان بالصمم المهني.

طرق الوقاية :

- منع الضوضاء من مصدرها عن طريق تحسين تصميم الماكينات والأجهزة.
- استبدال بعض العمليات التي يصدر عنها ضوضاء بأخرى غير محدثة للضوضاء.
- عزل العمليات التي يصدر عنها الضوضاء بواسطة الحوائط العازلة.
- تخفيض فترة تعرض العمال للضوضاء.
- تخفيض الذبذبات بتركيب الماكينات على قواعد ماصة أو عازلة للصوت.

- استخدام المواد الماصة للصوت في الأسقف والجدران لتخفيض من الضوضاء غير المباشرة أو الضوضاء المنعكسة.
- زيادة المسافة بين العامل ومصدر الضوضاء.
- عمل الكشف الطبي الابتدائي والدوري على العاملين المعرضين للضوضاء لتحديد مستوى السمع لديهم عند بدء العمل ، واستبعاد من لديهم عيوب سمعية من العمل في الأماكن المعرضة للضوضاء.
- استخدام مهمات الوقاية الشخصية للعمال مثل (سدادات الأذن - سماعات الأذن - الخوذات التي تغطي الرأس والأذنين).

4. الإشعاعات :

هي نوع من أنواع الطاقة (حرارية أو ضوئية أو كهربية أو ذرية).

الإشعاعات الحرارية :

التي تصدر عن الشمس والنار والمعادن المنصهرة ، وتسبب أذى للعين ، كما تسبب تلف في بلورتها فتعتم وتحجب الأبصار .

الإشعاعات فوق الضوئية :

تعرف بالأشعة فوق البنفسجية ، والتي تنتج عن الشمس وبعض المصابيح الكهربائية ، وهذه لها تأثير مطهر كما تستخدم في الصناعة لتعقيم المياه أو المواد الغذائية المحفوظة.

الإشعاعات الذرية :

هي ثلاثة أنواع تتفاوت في قوة نفاذها واختراقها لجسم الإنسان وتسبب التهابات جسيمة باليدين والأصابع وتآكل الأظافر والعظام والمفاصل ، كما تؤدي إلى انخفاض في كرات الدم الحمراء والبيضاء ، وقد تؤدي إلى نشاط نخاع العظام في إنتاج الكرات البيضاء إلى الحد الذي يعتبر سرطاناً بالدم.

طرق الوقاية :

- الفحص الطبي الدوري الشهري للعمال المعرضين لهذه الإشعاعات.
- التخزين والنقل والتشغيل للمواد المشعة في إطار قواعد خاصة للسلامة.
- توعية العاملين بمخاطر الأشعة وكيفية الوقاية منها وارتداء أجهزة الوقائية الشخصية.

الشروط الواجب توافرها لوقاية العاملين

من أضرار المخاطر الفيزيائية الطبيعية

1. يجب توفير وسائل السلامة والصحة المهنية في أماكن العمل بما يكفل وقاية العاملين من المخاطر الطبيعية ، وهي كل ما يؤثر على سلامة العامل وصحته نتيجة تعرضه لعوامل خطر أو ضرر طبيعي من حرارة أو رطوبة وتهوية وإضاءة وضوضاء واهتزازات وإشعاعات وتغيرات الضغط الجوي وجعلها ضمن الحدود المسموح بها.
2. يجب توفير أجهزة قياس المخاطر الطبيعية الموجودة في بيئة العمل تبعاً لنوع النشاط المزاوول وإجراء القياسات الدورية اللازمة وتسجيلها ومقارنتها بصفة دورية للتأكد من أنها في الحدود المسموح بها.
3. يجب إجراء الفحص الطبي الابتدائي على أي عامل يلتحق بعمل يعرضه للمخاطر الطبيعية ، لاكتشاف أي حالة مرضية ظاهرة أو كامنة تؤثر على العامل بشدة عند تعرضه لنوع المؤثر ويحتفظ بنتيجة الكشف الطبي بملف العامل لمقارنتها بنتائج الفحوص الطبية التالية.
4. يجب إجراء الفحص الطبي الدوري على العاملين المعرضين للمخاطر الطبيعية لاكتشاف أي مرض مهني مبكراً نتيجة التعرض لها وللتأكد من استمرار لياقة عمال الطبية للعمل.

5. يجب توفير مهمات الوقاية الشخصية للعمال المعرضين للمخاطر الطبيعية والتي تتناسب مع طبيعة العمل الذي يقومون به وأن تكون مطابقة للمواصفات الدولية.
6. يجب توعية العاملين بالمخاطر الموجودة في بيئة العمل وكيفية الوقاية منها.
7. تجنب درجات الحرارة المرتفعة داخل أماكن العمل ، ويجب أن تتناسب درجة الحرارة مع طبيعة العمل ومقدار الجهد المبذول في أدائه.
8. يجب أن لا تزيد درجة الرطوبة النسبية داخل أماكن العمل عن 80 %.
9. يجب عند تعرض العاملين لارتفاع كبير في درجات الحرارة مثل العمل في الأفران أو في العراء في المناطق شديدة الحرارة أن يتم استخدام مهمات الوقاية الشخصية ، بحيث تغطي كافة أجزاء الجسم وكذلك توفير أماكن مزودة بالتهوية المناسبة.
10. يجب أن تكون التهوية داخل أماكن العمل كافية ومناسبة سواء كانت طبيعية أو صناعية ، كما يجب اتخاذ الاحتياطات الكفيلة لوقاية العاملين التي تستدعي طبيعة عملهم التعرض لزيادة أو نقص في الضغط الجوي.
11. يجب توفير الإضاءة المناسبة لطبيعة العمل سواء كانت طبيعية أو صناعية ويسترشد بمستويات الإضاءة المأمونة.
12. يجب توفير الاحتياطات الكفيلة بمنع أو تخفيض الضوضاء والاهتزازات ذات الخطورة على صحة العاملين ، بحيث لا تزيد شدة الضوضاء ومدة التعرض لها عن المستويات المسموح بها.
13. يجب توفير الاحتياطات الكفيلة بحماية العاملين من مخاطر المواد المشعة والإشعاعات المؤينة وتوفير وسائل قياس الإشعاعات المؤينة كالأفلام الحساسة ويسترشد بالحدود الآمنة المنصوص عليها.

قواعد وإرشادات السلامة

في عمليات سباكة المعادن

تتطلب عملية سباكة المعادن إلي القيام بعدة مراحل لإعداد الخام قبل شحنه إلي الأفران ، مثل اختيار نسب الخام — عملية التكسير — عملية الطحن ... وغيرها من العمليات الأخرى.

ولما كانت عملية التكسير من العمليات التي تتسبب في أضرار وإصابات للعاملين من خلال تطاير القطع والشظايا الناتجة عن رد فعل المطرقة .

وعملية صهر المعادن تتطلب درجات حرارة مرتفعة عن طريق الفرن الذي يقوم بتحويل المعدن من الحالة الصلبة إلي الحالة السائلة.

والمعدن المنصهر يتطلب نقله من البوتقة وصبه مباشرة في القوالب المعدة والسابق تجهيزها ، والذي يحتمل انسكابه أثناء عملية النقل وتطاير الشرر أثناء عملية الصب ، لذلك تتطلب العمليات السابق ذكرها إلي ضرورة إتباع قواعد وإرشادات الأمان الصناعي ، من خلال إستخدام الأدوات والأجهزة الوقائية لتجنب المخاطر للعاملين في هذا المجال.

الأدوات والأجهزة الوقائية :

تعتبر أدوات الوقاية الشخصية وسيلة وقائية اضافية ومكملة لمجموعة الاجراءات والاحتياطات الفنية والطبية التي تتخذ لتأمين وحماية العاملين من التعرض لمخاطر وحوادث العمل ، ومن ثم فإنه يجب على جميع العاملين في مجال سباكة المعادن إستخدام الأدوات والأجهزة الوقائية للحفاظ على سلامتهم ، بجانب إستخدام أدوات الوقاية الشخصية ، وهي وسيلة وقائية إضافية ومكملة لمجموعة الإجراءات الفنية التي تتخذ لتأمين وحماية الفنيين العاملين من التعرض لمخاطر وحوادث العمل ، ومن ثم فإنه يجب على جميع العاملين في مجال سباكة المعادن إستخدام الأدوات والأجهزة الوقائية للحفاظ على سلامتهم ،

فيما يلي عرض لأهم الأدوات والأجهزة التي يجب استخدامها عند القيام بعمليات السباكة المختلفة.

شكل 4 - 1 يوضح رسم تخطيطي لأحد الفنيين ، الجانب الأيمن هو الجانب الآمن النموذجي ، حيث يرتدي ملابس العمل ويستخدم الأدوات المختلفة بسلوك آمن ، أما الجانب الأيسر فهو يمثل صورة خطيرة ، أو نموذج للإهمال واللامبالاة ، الذي قد يؤدي إلي المخاطر والحوادث له وللآخرين ، وهذا السلوك لا يتماشى مع قواعد وإرشادات الأمان الصناعي.



شکل 4 - 1

نموذج لارتداء ملابس العمل واستخدام الأدوات بطريقة آمنة أو خطيرة

ملاحظة :

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

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

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

وفيما يلي عرض لأهم الأدوات والأجهزة التي يجب استخدامها عند القيام بعمليات السباكة المختلفة.

تعريف أدوات الوقاية الشخصية:

هي مجموعة أدوات يستخدمها المنتج لتغطية جزء أو عضو أو مجموعة أعضاء من جسمه لغرض الحماية من حوادث العمل، وللوقاية من التأثيرات السلبية الضارة للعناصر الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية الموجودة في بيئة العمل.

أنواع أدوات الوقاية الشخصية:

توجد أنواع وأشكال مختلفة لأدوات الوقاية الشخصية. يختلف استخدام كل منها عن الآخر باختلاف نوع العمل الذي يقوم به المنتج، أو على طبيعة المخاطر المتواجدة في بيئة العمل، وتتمثل هذه الأدوات والمهمات في الآتي:—

1. الملابس
2. المآزر .. (المرايل)
3. أدوات حماية الوجه والعينين
4. أدوات حماية الرأس
5. أدوات حماية اليدين
6. أدوات حماية القدمين
7. أدوات حماية السمع
8. أدوات حماية الجهاز التنفسي
9. الأحزمة والحبال الآمنة

أولاً : الملابس

تستخدم الملابس (بدل العمل – البلاطي) وذلك لحماية العاملين من الأضرار المختلفة ، بالإضافة الى المحافظة على ملابسهم. ويفضل استخدام بدل العمل المصنوعة من القماش العاملين بالمجال الصناعي ، والتأكد بأنها لا يوجد بها قطع بارزة مثل الأكمام وغيرها، شكل 4 – 2.



شكل 4 – 2

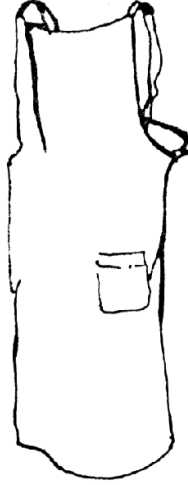
ارتداء الملابس الخاصة بالعمل والتأكد بأنها لا يوجد بها قطع بارزة مثل الأكمام وغيرها

ثانيا : المآزر (المرايل)

الغرض من استعمال المآزر (المرايل) ، هو حماية ووقاية الجزء الأمامي من الجسم (الصدر - البطن - الساقين) من المخاطر المحتمل حدوثها. تختلف أشكال وأنواع المرايل باختلاف نوع وطبيعة العمل الذي يؤديه المنتج وهي كما يلي :-

1. مرايل القطن :

المرايل المصنوعة من القطن والمغطاة بطبقة رقيقة من الشمع شكل 3 - 4 ، تستعمل لحماية ووقاية أجسام المنتجين من المخاطر التي قد يتعرضون إليها أثناء تعاملهم مع المياه أو الزيوت بصفة مستديمة أو عند تداولهم للأجزاء الملوثة بالزيوت والشحوم.



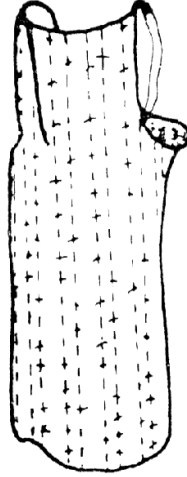
شكل 3 - 4

مرايلة مصنوعة من القطن ومغطاة بطبقة رقيقة من الشمع

2. مرايل اسبستوس :

المرايل المصنوعة من المواد العازلة للحرارة كالاسبستوس شكل 4 - 4 ، تستعمل في حماية ووقاية الأجزاء الأمامية للجسم من مخاطر الحرارة

الشديدة المنبعثة أثناء عمليات تشكيل المعادن على الساخن بالحرارة، وللفنيين العاملين أمام أفران صهر المعادن، كما تستعمل في عمليات إطفاء الحرائق.



شكل 4 - 4

مريلة مصنوعة من مادة عازلة للحرارة كالاسبستوس

3. مرايل جلد مبطنة بالرصاص :

تستعمل المرايل المصنوعة من الجلد والمبطنة بطبقة رقيقة من الرصاص لحماية ووقاية الفنيين العاملين في مجال الأجهزة والمواد المشعة من المخاطر التي يتعرضون لها كالالتهابات والحروق الجلدية.

تتميز هذه المرايل بوقاية الفنيين من مخاطر غاز الاشعاعات وتأثيرها

على جسم الانسان.

ثالثا : أدوات حماية الوجه والعينين

توجد أدوات حماية الوجه والعينين على هيئة أقنعة أو نظارات، تصنع عادة من اللدائن أو الفبر أو المعدن.

فيما يلي عرض لأنواع أدوات حماية الوجه والعينين (الأقنعة والنظارات الواقية) واستخدام كل منهم.

1. الأقفعة الواقية :

تستخدم الأقفعة التي يركب بها زجاج أسود لوقاية العينين والوجه من الضوء الشديد واللهب والحرارة المنبعثة من عمليات السباكة وصهر المعادن، وكذلك اللحام والقطع بالأكسوجين أو اللحام بالكهرباء شكل 4 - 5.



شكل 4 - 5

استخدام الأقفعة الواقية التي يركب بها زجاج أسود لوقاية العينين والوجه من الحرارة والضوء الشديد

كما تستخدم الأقفعة الواقية التي يركب بها زجاج أو بلاستيك شفاف لوقاية العينين والوجه من الرايش المتطاير الناتج من عمليات الخراطة أو التجليخ.

2. النظارات الوقائية:

تستخدم النظارات الوقائية لحماية العينين من المخاطر والأضرار التي قد يصيبها أثناء العمليات الصناعية المختلفة.

توجد النظارات الوقائية بنوعين أساسيين هما:-

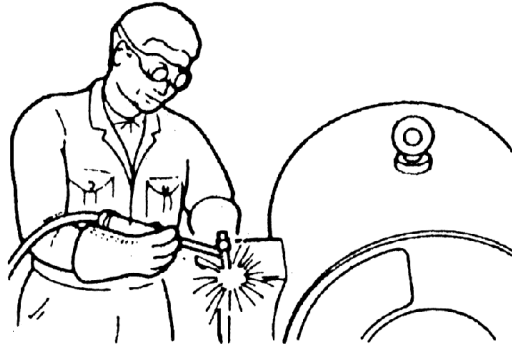
(أ) النظارات التي يركب بها زجاج أو بلاستيك شفاف شكل 4 - 6، تستخدم في حماية العينين من الرايش والأجسام المتطايرة الناتجة من العمليات الميكانيكية مثل الخراطة - الثقب - التأجين - التجليخ، كما تستخدم في حماية العينين من تطاير الغبار والأجسام الدقيقة أثناء عمليات صناعة وتشغيل الأخشاب، أو للوقاية من طرشة المواد الكيميائية.



شكل 4 - 6

استخدام النظارات الشفافة لوقاية العينين من عمليات
الخرطة - الثقب - التأجين - التجليخ - تطاير الأجسام الدقيقة... الخ.

(ب) النظارات التي يركب بها زجاج أسود، تستخدم في وقاية العينين من شدة
الحرارة والضوء وتطاير الأجسام الدقيقة الساخنة، أثناء عمليات اللحام
بالأكسوجين كما هو موضح بشكل 4 - 7.

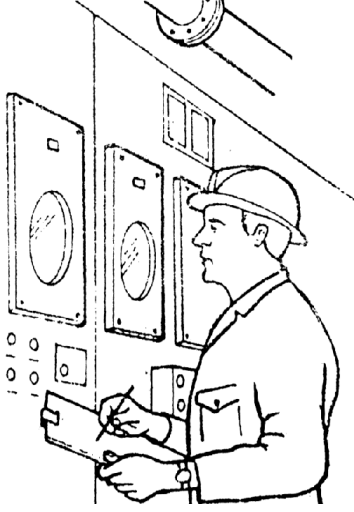


شكل 4 - 7

تستخدم نظارات واقية يركب بها زجاج أسود أثناء
عمليات اللحام بالأكسوجين

رابعاً : أدوات حماية الرأس

تستخدم أدوات حماية الرأس الموضحة بشكل 4 - 8 والتي تتمثل في القبعات الصلبة المصنوعة من اللدائن (البلاستيك) - الصلب - الأقمشة - الألياف الصناعية (النايلون) في وقاية الرأس من المخاطر المحتمل حدوثها أثناء الأعمال المختلفة بالمجال الصناعي.



شكل 4 - 8

إستخدام القبعات الصلبة المصنوعة من اللدائن

للمنتجين في مجال الكهرباء وغير ذلك

شروط ومواصفات واقيات الرأس الصلبة:

تصنع واقيات الرأس المصنوعة من اللدائن أو الصلب بحيث تتوفر بها الشروط والمواصفات الآتية:-

1. خفيفة الوزن بحيث لا تشكل ثِقْلاً على الرأس.
2. بدرجة صلادة عالية بحيث تتحمل الصدمات.
3. استدارة الهيكل الخارجي لتعمل على انحراف الأجسام المحتمل سقوطها في اتجاه آخر بعيداً عن الجسم.

4. مبطنة من الداخل بمادة خامدة للصدمات (احتوائها من الداخل على أحزمة أمان، بحيث لا يقل عددها عن خمسة أحزمة، تعمل على رفع القبعة عن فروة الرأس بمقدار 2 سنتيمتر في أي نقطة وذلك لتخفيض قوة الصدمة في حالة وقوعها.
 5. تزود بحلقة دائرية لحماية ووقاية الجبهة والرقبة من حرارة الشمس.
 6. تصمم بحيث يمكن تركيب واقيات للأذن، لاستخدامها في الأماكن ذات المخاطر المزدوجة والتي يكون الضجيج واحد منها.
 7. تصمم بحيث يمكن اضافة قطع من أقمشة الصوف بداخلها ... لتغطية الرأس والرقبة لاستخدامها في أماكن العمل ذات درجات الحرارة المنخفضة.
 8. امكانية تركيب وسائل انارة بأعلى غطاء الرأس أثناء العمل بالأماكن المظلمة كالمناجم والانفاق وما أشبه ذلك.
 9. امكانية تركيب واقيات للوجه من اللدائن الشفاف بغطاء الرأس، أثناء العمل بالأماكن التي يمكن أن ينطلق منها أجزاء معدنية أو مواد كيميائية.
 10. امكانية تركيب واقيات للوجه من الضوء المبهر، أثناء العمل بأماكن اللحام بالكهرباء أو الأكسوجين، بحيث تكون واقيات الوجه مصنوعة من مادة مقاومة ولا تتأثر بدرجات الحرارة العالية.
- تختلف أشكال وأنواع أدوات حماية الرأس (القبعات) باختلاف طبيعة ونوع العمل الذي يؤديه المنتج .. ويمكن تقسيمها حسب ما هو موضح بجدول 4 — 1 كالآتي:-

جدول 4 - 1

أنواع القبعات ومجال إستخدام كل منها

استخداماتها	مادة صنع القبعة
الوقاية من تساقط الأجسام الصلبة أو الاصطدام بها. الوقاية من أخطار بعض الأعمال الميكانيكية. الوقاية من أخطار محطات القوى الكهربائية أو من توصيلاتها. الوقاية من أخطار آبار البترول. الوقاية من أخطار المناجم والأنفاق الوقاية من أخطار حرارة الشمس	اللدائن الصلبة
وقاية رجال الاطفاء من اللهب ودرجات الحرارة العالية. وقاية رجال القوات المسلحة من الشظايا والأعيرة النارية.	الصلب
الوقاية من حرارة الشمس	القماش
في الصناعات الغذائية. في الصناعات الطبية. تطهير المواد السائلة الباردة.	الألياف الصناعية (النايلون)

خامساً : أدوات حماية اليدين

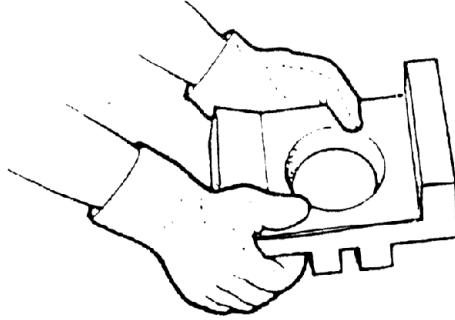
تتعرض أيدي المنتجين أثناء العمليات الصناعية المختلفة التي يقومون بها الى الجروح ودرجات الحرارة المرتفعة والحروق والتلوث بالمواد الكيميائية والصدمات الكهربائية الخ.

لذلك فقد صممت أدوات لحماية اليدين المتمثلة بالقفازات المختلفة الأشكال والأنواع لوقايتهم من الاصابات والأمراض المهنية المحتمل حدوثها أثناء تأدية عملهم.

تختلف أنواع وأشكال القفازات الواقية باختلاف نوع العمل الذي يؤديه المنتج وهي كالآتي:-

1. القفازات الجلدية:

تستعمل القفازات المصنوعة من الجلد لحماية ووقاية الأيدي والأصابع من الجروح القاطعة أو الجروح النافذة ، نتيجة لتعرضها عند حمل الأجزاء المعدنية ذات الأحرف الحادة كما هو موضح بشكل 4 - 9.



شكل 4 - 9

استعمال القفازات الجلدية لحماية الأيدي من الجروح الناتجة لتعرضها عند حمل الأجزاء المعدنية ذات الأحرف الحادة

2. قفازات الاسبتوس:

تستعمل القفازات المصنوعة من المواد العازلة للحرارة كالاسبتوس لحماية ووقاية الأيدي من اللهب ودرجات الحرارة المرتفع أثناء تشكيل المعادن على الساخن بالحدادة وعمليات اللحام بالأكسـوجين والكهرباء كما هو موضح بشكل 4 - 10.

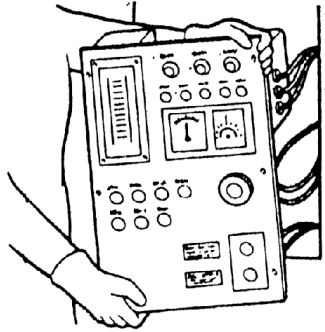


شكل 4 - 10

استعمال القفاز المصنوع من مادة عازلة كالاسبستوس أثناء التعامل مع المشغولات ذات درجات الحرارة المرتفعة مثل الحدادة واللحام

3. قفازات مطاطية:

(أ) تستعمل القفازات المصنوعة من مادة عازلة للكهرباء كالمطاط والخالي تماماً من الكربون، للمنتجين والعاملين في مجال الكهرباء وذلك لحمايتهم ووقايتهم من الصدمات الكهربائية (منع وصول التيار الكهربائي للجسم عن طريق اليدين) أثناء قيامهم بأعمال التركيب والتوصل والصيانة الدورية شكل 4 - 11.



شكل 4 - 11

استعمال القفاز المطاطي للحماية من الصدمات الكهربائية

(ب) تستعمل القفازات المصنوعة من المطاط لحماية ووقاية أيدي المنتجين

من مخاطر التلوث بالمواد الكيماوية، وذلك أثناء العمليات المختلفة التي تجرى بالمعامل، وبملامسة المواد الخطرة عند غمس الأجزاء المعدنية بها أو عند نقلها أو تداولها شكل 4 - 12.



شكل 4 - 12

استعمال القفاز المطاطي للحماية من المواد الكيماوية

4. قفازات جلدية مبطنة بالرصاص:

تستعمل القفازات المصنوعة من الجلد والمبطنة بألواح رقيقة من الرصاص -الموضحة بشكل 4 - 13 لحماية ووقاية أيدي المنتجين والعاملين في الأجهزة والمواد المشعة من المخاطر التي يتعرضون إليها كالالتهابات والحروق الجلدية.

تتميز القفازات الجلدية المبطنة بالرصاص بوقاية الجسم عن طريق الجزء المعرض له (اليدين) من خطر نفاذ الاشعاعات وتأثيرها الضار على جسم الانسان.



شكل 4 - 13

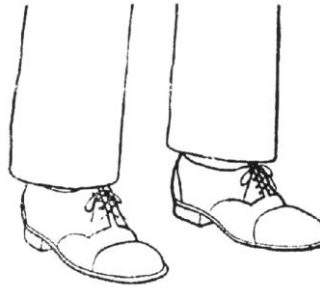
استعمال القفازات الجلدية المبطنة بألواح الرصاص للعاملين في مجال الأجهزة والمواد المشعة

سادساً: أدوات حماية القدمين

لحماية القدمين من خطر سقوط المواد عليها أو تعرضها للاصطدام بالمواد، تستخدم الأحذية الآمنة الواقية المصنوعة بمواصفات خاصة. تختلف أنواع وأشكال الأحذية الآمنة باختلاف نوع العمل الذي يؤديه المنتج والمخاطر المحتمل حدوثها في أماكن العمل المختلفة وهي كالآتي : —

1. أحذية بمقدمة صلبة:

تستعمل الأحذية المصنوعة من الجلد والمقواة بمقدمة معدنية صلبة الموضحة بشكل 4 — 14 لحماية ووقاية أصابع وأقدام المنتجين من كافة المخاطر المحتمل حدوثها مثل سقوط أو انزلاق الأجسام الصلبة أو الاصطدام بها.

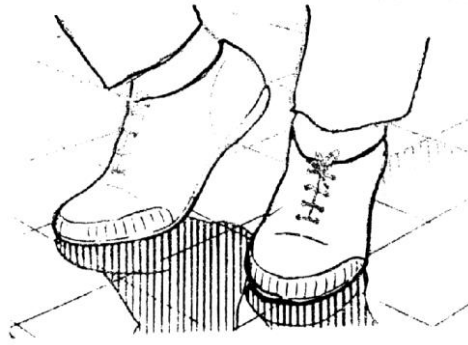


شكل 4 — 14

مصنوع من الجلد ومقوى بمقدمة صلبة

2. أحذية خالية من المسامير:

تستعمل الأحذية المصنوعة من الجلد أو المطاط والخالية تماماً من المسامير والموضحة بشكل 4 — 15 لحماية ووقاية أقدام المنتجين من مخاطر الكهرباء أو عند التعرض للمواد شديدة الحساسية أو في الأماكن المشبعة بالأبخرة أو الغازات القابلة للاشتعال.



شكل 4 - 15

حذاء خالي من المسامير وآمن من مخاطر الكهرباء

3. أحذية بنعال ذات ألواح معدنية:

تستعمل الأحذية المقواة والمزودة بنعال ذات ألواح معدنية مرنة والموضحة بشكل 4 - 16 لحماية ووقاية أقدام المنتجين من المخاطر التي قد يتعرضون إليها أثناء السير على الأجسام الحادة مثل المسامير أو الأجزاء المعدنية الصغيرة أو قطع الزجاج أو ما شابه ذلك.



شكل 4 - 16

حذاء بنعل مقوى بألواح معدنية

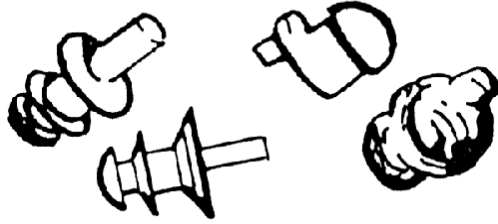
سابعاً : أدوات حماية السمع

يتعرض بعض المنتجين بأماكن عملهم لمخاطر الضوضاء، مما ينتج عنه ما يسمى بالاصابة بالصمم المهني.

تستخدم أدوات حماية السمع (سدادات أو أغطية للأذن، كاتمة أو خافضة للوضاء) للوقاية من التأثيرات السلبية الضارة على الجهاز السمعي وعلى الجسم بشكل عام، حيث تعمل هذه الأدوات على خفض مستوى الضجيج الى الحد الذي يعتبر فيه آمناً وهي كالآتي:-

1. سدادات الأذن:

تستعمل سدادات الأذن الموضحة بشكل 4 - 17 في خفض مستوى الضجيج. تصنع السدادات من اللدائن المعالج كيميائياً حتى لا يتسبب عنها أضرار صحية، أو من القطن الممزوج بالشمع. ويشترط في سدادات الأذن أن تنطبق تماماً بالأذنين الخارجية حتى لا يسمح بمرور الهواء إليها. يوصى بتطهير سدادات الأذن المصنوعة من اللدائن قبل استخدامها، لكي لا يتسبب عنها أضرار مثل التهابات الأذن.



شكل 4 - 17

تستعمل سدادات الأذن في الأماكن المتوسطة الضجيج
لخفض مستوى الضجيج

2. أغطية الأذن :

تستعمل أغطية الأذن الموضحة بشكل 4 - 18 بحيث تغطي الأذنين باحكام، وتستخدم في الأماكن ذات الضجيج العالي، مثل المطارات ومحطات القوى الكهربائية، وبأماكن التدريب على إطلاق النيران من الأسلحة المختلفة، واختبار المفرقات وما شابه ذلك.

تعمل أغطية الأذن ككاسات للضوضاء وخافضة للضجيج العالي. تصنع أغطية الأذن من اللدائن من طبقتين أو من عدة طبقات يوضع بين كل طبقتين مادة تمتص الذبذبات الصوتية، ويفصل كل منهم عن الآخر فراغ، بحيث يمنع انتقال الضوضاء الى الأذن.



شكل 4 - 18

استعمال أغطية الأذن كخافضات وكاسات للضوضاء

(أ) أغطية كاسمة للضوضاء

(ب) أغطية كاسمة وخافضة للضوضاء.

ثامنا : أدوات حماية الجهاز التنفسي

تتعرض الرئتين لاستنشاق الأتربة أو الأبخرة أو الغازات المنتشرة في جو العمل الى مخاطر وأضرار صحية، تؤدي الى ما يسمى بالتليف أو التحجر الرئوي، أو بالتسمم نتيجة لاستنشاق الأبخرة الملوثة، أو الوفاة نتيجة لاستنشاق الغازات السامة.

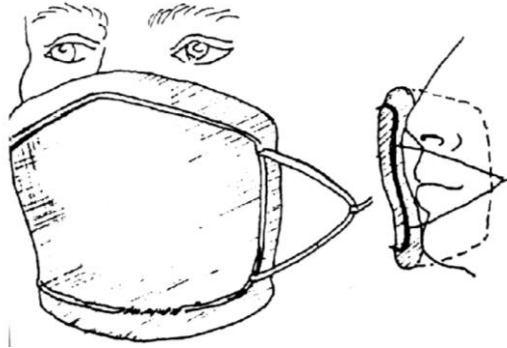
تستخدم أقنعة وواقيات الرئة لحماية ووقاية الرئتين ومنطقة التنفس من الأخطار السابق ذكرها.

هذه الأقنعة تكون على هيئة كامات توضع على الوجه بحيث تغطي الفم والأنف أو الوجه بأكمله، ومنها ما يغطي الرأس بالكامل، وقد يكون القناع أو الكمامة جزء من بدلة العمل أو منفصل عنها.

تصمم هذه الأدوات والمعدات بطريقة تلائم نوع المخاطر، وتحمي الجهاز التنفسي للإنسان من ملوثات هواء بيئة العمل (غازات سامة و خانقة ذات التركيزات المختلفة، الأبخرة والأدخنة والأتربة، وذلك عن طريق تأمين الهواء النقي اللازم لعملية التنفس وتصفية الهواء الملوثات الضارة. تختلف أنواع وأشكال واقيات الرئة باختلاف نوع وطبيعة أماكن التلوث .. وهي كالآتي:-

1. قناع للوقاية من الأتربة الخشنة:

يستخدم هذا النوع لحجب الأتربة الخشنة ومنع دخولها الى الجهاز التنفسي عن طريق الفم والأنف، بحيث يكون القناع مطابق تماماً على منطقة التنفس ليمنع دخول الهواء الخارجي إليها والمحمل بالأتربة الضارة. شكل 4 – 19 يوضح أحد أنواع الوقاية من الأتربة الخشنة والذي يزيد حجمها عن (8-10 ميكرون) والتي تترسب في القصبة الهوائية.



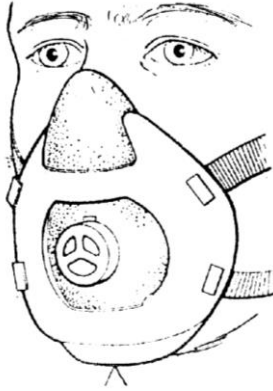
شكل 4 – 19

قناع للوقاية من الأتربة الخشنة

2. قناع للوقاية من الأتربة الصغيرة (الدقيقة):

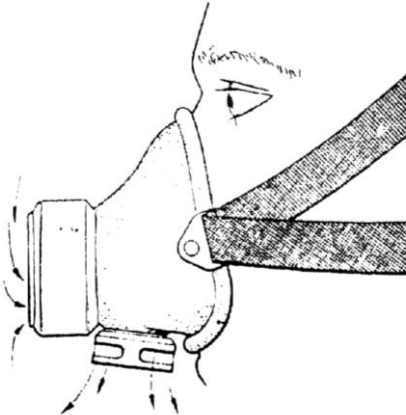
هذا النوع من الأقنعة لحجب الأتربة التي يصل حجمها ما بين (1-3 ميكرون)، والتي تترسب في الحويصلات الهوائية للرئتين، عن طريق الفم والأنف والتي يتسبب عنها ما يسمى بالتليف أو التجر الرئوي.

يتم حجب هذه الأتربة عن طريق المرشحات التي يتم تركيبها بالقناع والموضح على شكل مرشح، نوع وحجم الأتربة التي يمكن حجبها ومنع وصولها الى منطقة التنفس. شكل 4 — 20 يوضح أحد هذه الأقنعة المستخدمة.



شكل 4 — 20
قناع للوقاية من الأتربة الصغيرة (الدقيقة)

قناع الوقاية من الأتربة ال صغيرة (الدقيقة) مزود بصمامين أحدهما مخصص لدخول هواء الشهيق، والآخر مخصص لخروج هواء الزفير، ويجب أن يكون القناع محكماً عند ارتدائه بحيث لا يسمح بدخول الهواء الى منطقة التنفس، كما يجب استبدال المرشح بآخر عند الشعور بصعوبة التنفس. شكل 4 — 21 يوضح كيفية عمل القناع عند دخول هواء الشهيق وخروج هواء الزفير.



شكل 4 — 21
طريقة عمل القناع عند دخول هواء
الشهيق وخروج هواء الزفير

3. قناع الوقاية من الغازات :

يختص هذا النوع للوقاية من الغازات الخانقة أو الملهبة أو المهيجة للجهاز التنفسي والتي تنتشر في جو العمل.

يزود القناع بمرشح Felter على هيئة علبة موضح عليها اسم الغاز الذي أعد من أجل الوقاية منه، كذلك مزود بصمام يسمح بدخول هواء الشهيق فقط، والقناع المركب على الوجه بصمام خروج هواء الزفير، وهذا النوع يعمل على اختزال المواد الضارة وتنقية هواء الشهيق. شكل 4 — 22 يوضح أحد أنواع هذه الأقنعة.



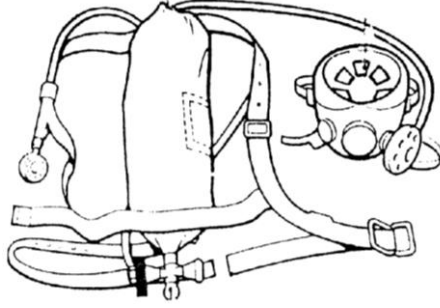
شكل 4 — 22

قناع للوقاية من الغازات

4. قناع وقاية باستخدام أكسوجين نقي :

يستخدم هذا النوع من الأقنعة الواقية الموضح بشكل 4 — 23 عند العمل بالأماكن المغلقة الغير موجود بها أكسوجين، أو عند انتشار الغازات الخانقة أو الغازات السامة في جو العمل.

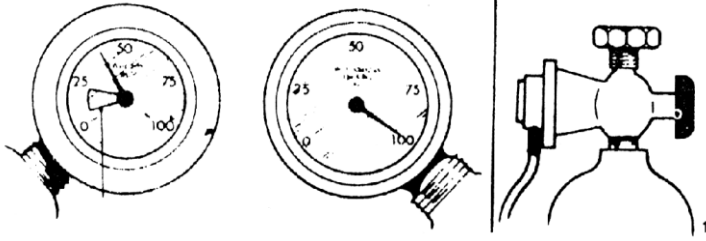
القناع مزود باسطوانة بها أكسوجين نقي مضغوط، مركب على الاسطوانة مبین، يوضح كمية الأكسوجين بها، يوجد على المبین علامة خطر لتنبیه مستعمل الجهاز للخروج من المكان قبل نفاذ الأكسوجين وحتى لا يقع في دائرة الخطر.



شكل 4 - 23

قناع وقاية باستخدام أكسوجين نقي مضغوط

كما يوضح شكل 4 - 24 جزء من اسطوانة أكسوجين والمبين يوضح كمية الأكسوجين في بدء ونهاية العمل.



شكل 4 - 24

مبين اسطوانة الأكسوجين يوضح كمية الأكسوجين في بدء ونهاية العمل

ثامنا : التهوية

في قاعات العمل الصناعية المراد تهويتها، غالباً ما نحتاج الى أحجام ضخمة من الهواء، لازالة التراكيز العالية من الملوثات، لهذا يتم البحث عن الاجراءات التي عن طريقها يتم توفير بيئة عمل صحية وبأقل التكاليف. هناك عدة مصادر لتلوث الهواء في الصناعة، فالمصادر الحرارية والمعدات والأجهزة الكهربائية، وكذلك العمليات الانتاجية المختلفة والمعادن، ورائحة العرق، كلها مصادر لتلوث الجو، كما تعتبر الحرارة الزائدة والغازات والأبخرة والغبار المتصاعد في الجو من أسباب تلوث بيئة العمل. أما كمية هذه

الملوثات فتعتمد على مدى تطور العملية الانتاجية، ووسائل الانتاج المستخدمة، حيث تنخفض نسبة التلوث بتطور هذه العمليات والوسائل المستخدمة في الانتاج.

أنواع التهوية :

تتحدد نوع التهوية اللازمة لأي موقع (صناعي — زراعي — تجاري) من خلال الأعمال التي تؤدي به، والعمليات الانتاجية، ومقدار التلوث المراد ازالته.

علماً بأنه يمكن استخدام نوع واحد من التهوية، أو جميع أنواع التهوية في موقع انتاجي واحد.

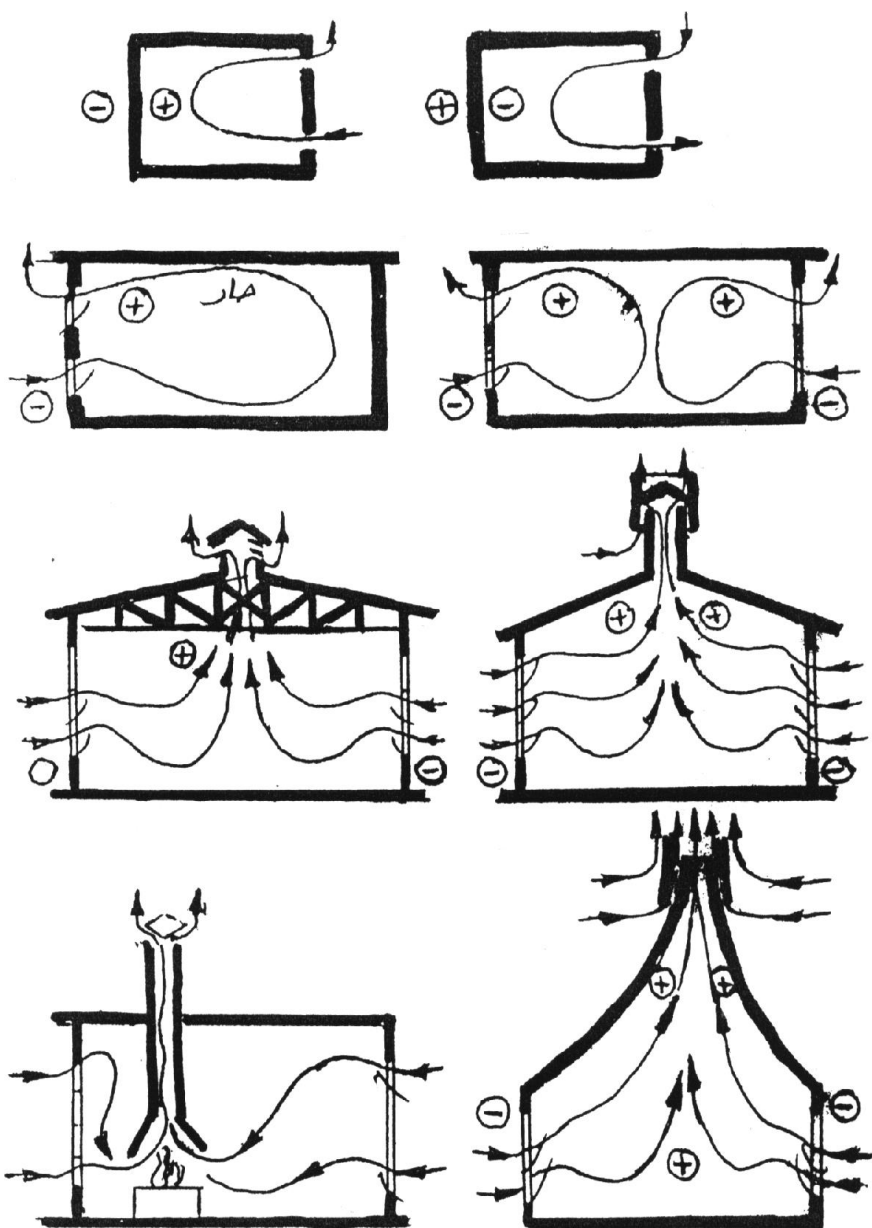
وتتكون أنواع التهوية من الآتي :-

1. تهوية طبيعية:

وهي أفضل أنواع التهوية، وتكون عادة عن طريق النوافذ الموجودة في الجدران، أو الفتحات الخاصة بأسقف البناء.

في التهوية الطبيعية تستغل قوة دفع الهواء الناتج عن اختلاف أوزان الهواء (الساخن والبارد)، وكذلك قوة دفع الرياح في الحصول على أحجام كبيرة من الهواء عن طريق طبيعي، مما يوفر الطاقة الميكانيكية، وللحصول على عمليات تبادل للهواء بفاعلية كبيرة، لا بد من تزويد المبنى بالكمية المناسبة من النوافذ والفتحات الخاصة بالتهوية.

وبالاعتماد على الظروف المناخية (حرارة الهواء — اتجاه الهواء — سرعة الرياح) يمكن اغلاق بعض النوافذ أو الفتحات أو تضيقها أو توسيعها بصورة مؤقتة، لذلك من الضروري تزويد النوافذ والفتحات بوسائل سهلة للتحكم بها وبالتالي التحكم في كمية الهواء المطلوبة. يوضح شكل 4 — 25 نماذج من أنواع التهوية الطبيعية.

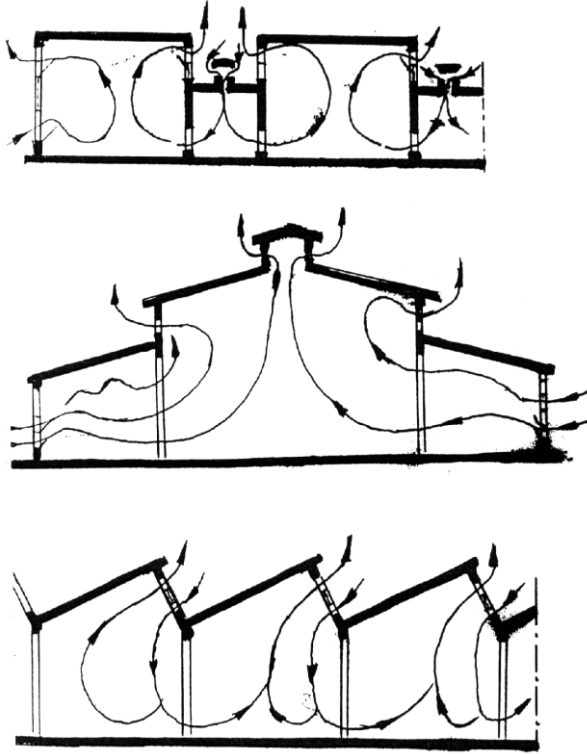


شكل 4 - 25

نماذج مختلفة من أنواع التهوية الطبيعية

2. التهوية بشفط الهواء:

تقوم التهوية الصناعية الموضعية بشفط الملوثات من فوق مصدر التلوث مباشرة قبل انتشارها في الجو واختلاطها بباقي الهواء، شكل 4 - 26 ، مما يوفر كميات كبيرة من الهواء النقي، لذلك فتعتبر تهوية اقتصادية. يتم تركيب أجهزة الشفط الموضعي بأعلى أو بأسفل مصدر التلوث، أو من كلا الاتجاهين، حيث يتم شفط الأبخرة والغازات التي تقل وزناً عن الهواء، عن طريق الشفط من أعلى المصدر، والأبخرة التي تزيد وزناً عن الهواء عن طريق الشفط من الأسفل.



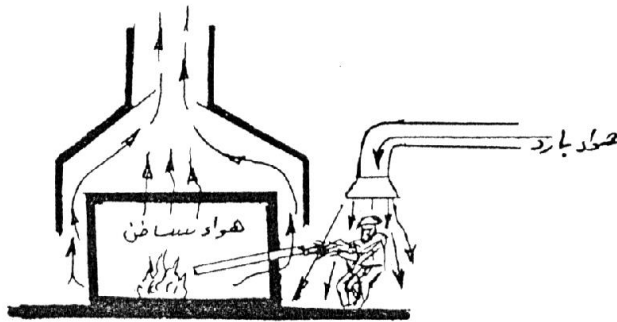
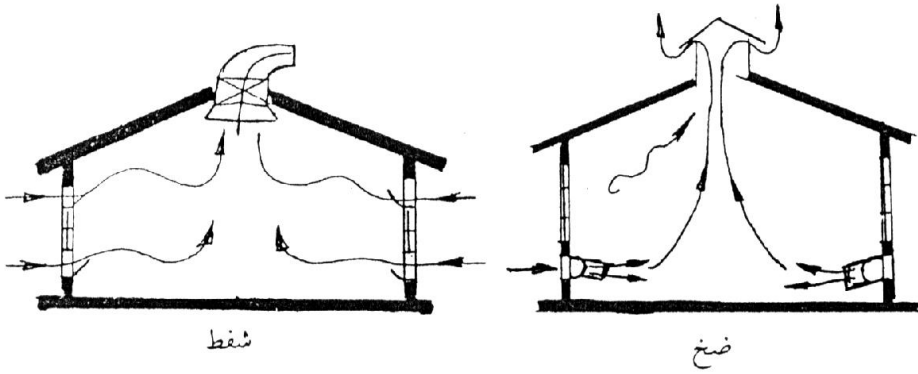
شكل 4 - 26

نماذج من التهوية الصناعية
(شفط الملوثات من أعلى ومن أسفل)

3. التهوية بضخ الهواء:

في الحالات التي تختلف بها الظروف المناخية في احدى أجزاء القاعة عن بقية الظروف المناخية في اتجاه القاعة المراد تهويتها، يستخدم هذا النوع من التهوية.

توجد عدة أنواع من التهوية الموضعية (ضخ الهواء الموضعي)، فهناك الأدشاش الهوائية) والستائر الهوائية، والسقف الهوائي. شكل 4 - 27 يوضح ثلاثة نماذج للتهوية بضخ الهواء.



شكل 4 - 27

نماذج من التهوية بضخ الهواء

التغيرات في الضغط الجوي:

قد يتعرض المنتجين الى زيادة كبيرة في الضغط الجوي كما هو الحال أثناء بناء الكباري، حيث يضطر المنتجين الى العمل في حجرات ذات ضغط جوي مرتفع لمنع تسرب الماء داخلها، أو الغواصين الذين يغوصون الى مسافات كبيرة تحت سطح الماء، والتعرض لضغط جوي مرتفع يؤدي الى ذوبان كميات كبيرة من الهواء في الدم وسائر الجسم، وعند انخفاض هذا الضغط الى الضغط الجوي العادي، يتصاعد الهواء على شكل فقاعات ليسد الدورة الدموية، ويصاب الانسان منها بالآلام شديدة خصوصاً في الأطراف والمفاصل والعضلات.

طرق الوقاية:

1. يجب العناية بحياة المنتجين الذين يتعرضون لضغط جوي عالي.
2. يجب الحد من ساعات التعرض للضغط الجوي، فمثلاً لا يسمح للغواصين بالعمل أكثر من 20 دقيقة في اليوم.

القواعد العامة وإرشادات السلامة بورش السباكة:

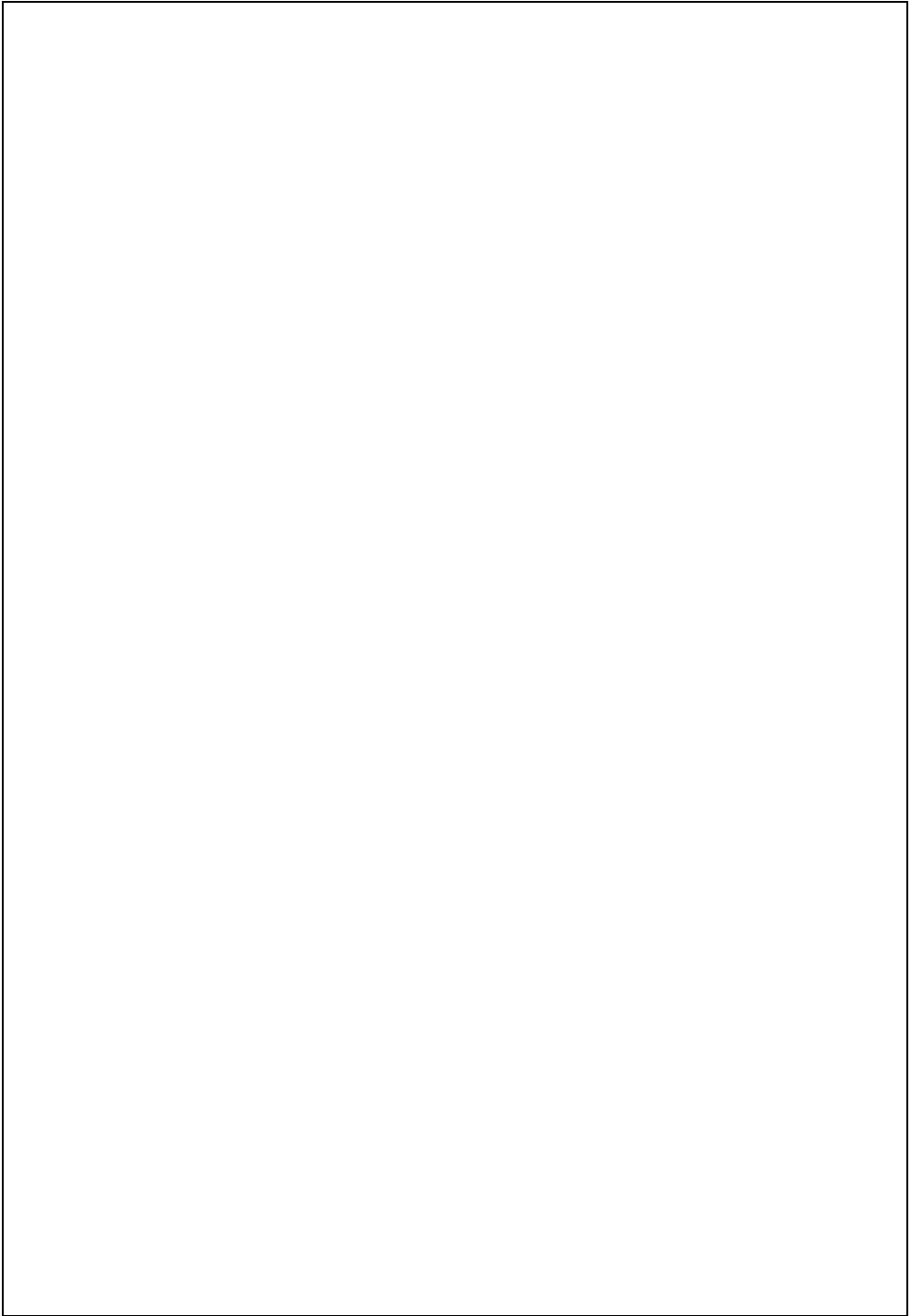
- لتجنب وقوع الحوادث أثناء العمل بورش السباكة ، فإنه يجب الحرص على نظافة وتنظيم المكان وإتباع قواعد وإرشادات الأمان والسلامة التالية :-
1. يجب إخلاء مكان العمل من جميع الأشياء الغير ضرورية ، وخاصة الموجودة بالممرات المتصلة ما بين الفرن والقوالب والحفاظ عليها نظيفة.
 2. إزالة الزيوت والبقع الزيتية من حول الفرن وبأرضية الممرات ما بين الفرن والقوالب.
 3. وضع القوالب بشكل يسهل القيام بعملية الصب.
 4. 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 الحيلة والحذر بجانب اليقظة وحسن التقدير.

الخاتمة

أرجو أن يكون هذا الكتاب الذي بين يديك بعد وصوله إلى نهاية الباب الرابع قد اكتمل في هذه المحاولة المتواضعة، الغرض منها هو توصيل المعلومات الأساسية للعمليات التي تجرى بورش السباكة المختلفة، وذلك من خلال الشرح التفصيلي بمبدأ الصورة قبل الكلمة، هذا بالإضافة إلى عرض المعادلات ذات العلاقة والتطبيق عليها بالأمثلة المحلولة التي تساعد الطالب على الفهم، والفني الذي يرغب في رفع مستواه العلمي والعملية على التدرج في تحصيل المعلومات.

أأمل أن يتقدم أحد الزملاء من أعضاء هيئات التدريس بكليات الهندسة أو بالمعاهد العليا الصناعية أو من لديه القدرة على الكتابة في أحد التخصصات الصناعية أو الهندسية بإصدار كتاب جديد يحمل إضافة علمية أخرى، لكي تتواصل المسيرة التعليمية على أكمل وجه، وحتى تزهوا وتتألق المكتبة العربية.

والله ولي التوفيق ،،



المراجع العربية

1. مدخل في هندسة الإنتاج .. تأليف الأستاذ . حسن حسين فهمي ، أ.د. جلال شوقي .. مكتبة الأنجلو المصرية .. القاهرة .. مصر.
2. هندسة التشغيل والإنتاج .. تأليف الأستاذ المهندس . حسن حسين فهمي .. مكتبة النهضة المصرية .. القاهرة .. مصر.
3. المدخل إلى هندسة الإنتاج .. تأليف أ.د. أحمد سالم الصباغ .. عالم الكتب .. القاهرة .. مصر.
4. هندسة الإنتاج .. تأليف م. صباح عبد الصمد البجاري ، م. سامي البجاري .. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي .. مؤسسة المعاهد الفنية . الجمهورية العراقية.
5. المعاجم التكنولوجية التخصصية (معجم آلات الورش) .. تصنيف م. محمد عبد النصير القديم .. إشراف د. أنور محمود عبد الواحد .. الأسس التكنولوجية .. المؤسسة الشعبية للتأليف في لايبزغ بالتعاون مع مؤسسة الأهرام بالقاهرة.
6. 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.
7. التكنولوجيا لمهن تشغيل المعادن .. إعداد مجموعة من المدربين المهنيين والمهندسين .. الترجمة بإشراف د. محمد عبد الرزاق محمد عامر .. شركة هكلر أند كوخ .. جمهورية ألمانيا الاتحادية.
8. تكنولوجيا ميكانيكا الآلات .. ألماني مترجم .. تأليف نخبة من الأساتذة المتخصصين.

9. تكنولوجيا المعادن .. تأليف / ماليشيف.ج ، نيكولايف.ي ، شوفالوف .. دار
مير للطباعة والنشر .. الاتحاد السوفيتي .. موسكو .

المراجع الأجنبية

1. Understanding Technical., K . Methold & D.Waters.
2. General Course Workshop Processes And Materials. R . T . Pritchard.
3. General Course Workshop Processes And Materials
4. Workshop Technology., “ Part 1,2 “ W. A.J.Chapman.
5. Basic Engineering Process. Crawford.
6. Basic Engineering Processes . S . Crawford.
7. Manufacturing And Machine. Tool Operations – Herman W. Pollack.
8. Workshop Technology Part 1, 2 .. By Dr. W.A.J. Chapman.. Edward Arnold.. London.
9. Materials And Processes In Manufacturing .. By/ E.Paul De Garmo.. Macmillan Publishing Company New York.
10. Manufacturing Processes.. By Herbert W. Yankee..

المحتويات

الموضوع	الصفحة
إهداء	5
المقدمة	7

الباب الأول

لمواد الهندسية

تمهيد	11
المواد الهندسية	13
مواد فلزية (معدينية)	13
مواد غير معدنية	14
المواد المركبة	14
المواد المساعدة للتصنيع	14
إختيار المواد الهندسية	15
خواص المعادن	16
الخواص الفيزيائية	18
الخواص الكيميائية	18
الخواص الفنية (التكنولوجية)	18
تعريف خواص المعادن	18
اللمعان	19
اللون	19
الوزن النوعي	20
المتانة	20

21	الصلادة.....
22	المرونة.....
23	قوة التماسك.....
24	معايير المرونة.....
24	اللدونة.....
24	الهشاشية.....
24	المطيلية.....
25	الليونة.....
25	القصفة.....
25	الصلابة.....
25	الرجوعية.....
25	المتانة.....
26	قابلية السحب.....
26	قابلية الطرق.....
27	قابلية التشكيل بالضغط والسلوك.....
27	قابلية الشد.....
28	قابلية اللحام.....
28	قابلية الصهر.....
29	قابلية التبخر.....
30	مقاومة الصدم.....
30	مقاومة التآكل والالتواء.....
30	توصيل المعادن للحرارة.....
31	توصيل المعادن للكهرباء.....
32	مقاومة العوامل الجوية.....

32	الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها لقوى إستاتيكية أو ديناميكية.....
32	التحميل.....
32	حمل إستاتيكي.....
32	حمل ديناميكي.....
32	تحميل متكرر.....
33	الإجهادات.....
35	التشكيل والإنفعال.....
35	تأثر المعادن بالعوامل الكيميائية.....
35	الحديد.....
36	الألمونيوم.....
36	النحاس.....
37	الرصاص.....
37	الزنك (الخاصين).....
38	الفضة.....
39	جدول أهم الفلزات (المعادن) المستخدمة في الصناعة.....

الباب الثاني

أفران الصهر وإستخلاص المعادن

43	تمهيد.....
45	إستخلاص الحديد الغفل.....
45	تجهيز غفل الحديد.....
47	إنتاج الحديد الخام.....
47	إنتاج المعادن الحديدية.....
50	الفرن العالي.....
53	العمليات التي تتم داخل الفرن العالي.....

54	منتجات الفرن العالي
55	إنتاج حديد الزهر
55	فرن الدست
57	تشغيل فرن الدست
58	مميزات فرن الدست
58	مميزات حديد الزهر المنتج من فرن الدست
58	إنتاج الحديد المطاوع
59	خواص الحديد المطاوع
59	فرن التقليل
60	إنتاج الصلب
61	طرق إنتاج الصلب
61	محول بسمر
61	محول بسمر
62	التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي) عملية التحويل
63	عملية التحويل
64	محول توماس
64	التحويل باستخدام محول نوماس (التحويل القاعدي)
65	منتجات محولات بسمر وتوماس
65	فرن سيمنز مارتن
66	منتجات فرن سيمنز مارتن
67	الأفران الكهربائية
67	مميزات الصهر الكهربائي
67	عيوب الصهر الكهربائي
67	أنواع الأفران الكهربائية
67	فرن القوس الكهربائي
26	منتجات أفران القوس الكهربائي

69	فرن الحث الكهربائي
70	منتجات أفران الحث الكهربائي
70	استخدامات الصلب
71	جدول مجالات استخدام الصلب الكربوني
72	إنتاج المعادن غير الحديدية وسبائكها
72	إنتاج النحاس
72	غفل النحاس
72	استخلاص النحاس
73	الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس
78	الطريقة الرطبة لاستخلاص النحاس
78	إنتاج الألومنيوم
79	خواص الألومنيوم
80	استعمالات الألومنيوم وسبائكه
80	إنتاج القصدير
81	خواص القصدير
81	استعمالات القصدير
81	إنتاج الزنك
82	خواص الزنك
82	استعمالات الزنك
82	إنتاج الرصاص
83	خواص الرصاص
83	استعمالات الرصاص

الباب الثالث

سباكة المعادن

87	تمهيد
89	نبذة تاريخية
89	تاريخ وتطور سباكة المعادن
90	تعريف السباكة
90	مميزات سباكة المعادن
91	عيوب سباكة المعادن
98	الأدوات والمعدات المستخدمة في سباكة الرمال
97	رمل المسبك ورمل الدلييك
99	مواصفات رمل المسبك ورمل الدلييك
102	تكنولوجيا تجهيز خلأط المسبك والدلييك والمواد المساعدة
102	المصطلحات المستخدمة في تسمية رمل المسبك
103	تحضير المواد الرملية - الطينية الطازجة
104	تحضير الرمل المستعمل (المحروق)
104	تكنولوجيا تجهيز خلأط المسبك والدلييك والمواد المساعدة
104	قسم تحضير الرمل
104	مجموع النموذج وصندوق الدلييك
105	خلأط الرمل
106	مخلل الرمل
107	رمل الدلييك
107	المواد المستخدمة في صناعة الدلاييك
108	الرمل
108	المواد الرابطة

108	الرمل
108	الماء
108	اختيار رمل الدليك
109	مجموع النموذج وصندوق الدليك
111	أبعاد النموذج والصندوق
111	النماذج المعدنية
113	صناديق الدليك المعدنية
113	صناعة الدلائك
113	تجهيز الدلائك يدويا
116	تجهيز الدلائك باستعمال فورمة
118	تجهيز الدلائك أليا
118	فرن التجفيف الدورى العمل
120	أساليب السباكة
121	قوالب السباكة
121	أنواع قوالب السباكة
121	القوالب الرملية
119	القوالب الدائمة
121	القوالب المعدنية
121	السباكة في القوالب الرملية
122	خطوات السباكة الرملية
123	تشكيل وتجهيز النموذج
124	الشروط الواجب توافرها عند تصنيع النموذج
124	سماح الانكماش
126	سماح التشغيل

126	 سماح السحب
126	 دوران الأركان
126	 ركائز الدليلك
126	 سطح الاتصال
127	 خواص النموذج
127	 تجهيز القالب الرملي
130	 تجهيز الدليلك
133	 صهر المعادن
133	 صب المعدن المنصهر في القالب
133	 نزع القطعة المسبوكة وتنظيفها
137	 فحص المسبوكات
137	 الفحص النظري
137	 الفحص بأدوات القياس
137	 الفحص الكيميائي
137	 الفحص الميكانيكي
137	 الفحص الإشعاعي
138	 طرق تجهيز القوالب الرملية (ختم النموذج)
139	 الختم في الريزق
139	 الختم في ريزقين بنموذج من نصفين ودليلك
140	 الختم في الأرض
142	 الختم بالفورمة
144	 الختم بالماكينات
145	 أنواع ماكينات الختم
145	 ماكينات الختم بالكبس

145	طريقة الكبس العلوي
146	طريقة الكبس السفلي
147	ماكينات الختم بالهز
148	مميزات الختم بالماكينات
149	قاذفات الرمل
151	صب المسبوكات
152	طرق صب المعدن
152	نظام الصب
155	السباكة بالطرق الخاصة
155	السباكة في القوالب المعدنية
159	مميزات السباكة في القوالب المعدنية
160	عيوب السباكة في القوالب المعدنية
161	إزالة عيوب المسبوكات
162	السباكة بالطرد المركزي
164	مميزات السباكة بالطرد المركزي
164	السباكة تحت الضغط
165	الماكينات المكبسية ذات غرفة الضغط الساخنة
166	عيوب الماكينات المكبسية ذات غرفة الضغط الساخنة
168	السباكة بالنماذج المنصهرة
170	السباكة في القوالب القشرية
173	السباكة بالشمع الضائع
175	مميزات التشكيل بالسباكة
176	عيوب التشكيل بالسباكة
178	تمارين

الباب الرابع

الأمان الصناعي في ورش السباكة

199	تمهيد
201	قواعد وإرشادات السلامة في ورش سباكة المعادن
201	الأدوات والأجهزة الوقائية
202	قواعد وإرشادات السلامة
203	القواعد العامة لإرشادات السلامة بورشة السباكة
204	السلامة بالمنشآت الصناعية
205	المخاطر الفيزيائية
205	الحرارة
205	الأضرار التي يتعرض لها الفنيين عند تعرضهم لدرجات الحرارة العالية
207	الإضاءة
207	الضوضاء
208	أنواع الضوضاء
208	الأضرار التي يتعرض لها العاملين نتيجة التعرض للضوضاء
209	الإشعاعات
209	الإشعاعات الحرارية
209	الإشعاعات فوق الضوئية
209	الإشعاعات الذرية
210	أشروط الوقاية العاملين من أضرار المخاطر الفيزيائية الطبيعية
212	قواعد وإرشادات السلامة في عمليات سباكة المعادن
212	الأدوات والأجهزة الوقائية
214	تعريف أدوات الوقاية الشخصية
214	أنواع أدوات الوقاية الشخصية

215	الملابس
216	المآزر (المرايل)
217	أدوات حماية الوجه والعينين
220	أدوات حماية الرأس
220	شروط ومواصفات واقيات الرأس الصلبة
222	أدوات حماية اليدين
224	أدوات حماية القدمين
227	أدوات حماية السمع
229	أدوات حماية الجهاز التنفسي
233	التهوية
233	أنواع التهوية
234	تهوية طبيعية
236	التهوية بشفط الهواء
237	التهوية بضخ الهواء
238	التغيرات في الضغط الجوي
238	طرق الوقاية
238	القواعد العامة وإرشادات السلامة بورش السباكة
239	الخاتمة
241	المراجع
243	محتويات الكتاب
255	إصدارات المؤلف

إصدارات المؤلف



المؤلف: د. أحمد زكي حلمي

صدر له الكتب العلمية التالية :-

1. المرجع في خراطة المعادن .. الطبعة الرابعة
2. التشغيل علي المخرطة .. الطبعة الأولى
3. مبادئ الخراطة .. الطبعة الخامسة
4. خراطة المعادن .. الطبعة الرابعة
5. تكنولوجيا الخراطة .. الطبعة الرابعة
6. وسائل نقل الحركة .. الطبعة الثالثة
7. أجهزة القياس والمعايرة .. الطبعة الثانية
8. الأمن الصناعي والصحة المهنية (لمرحلة التعليم المتوسط) .. الطبعة الثالثة
9. السلامة والصحة المهنية (لمرحلة التعليم العالي) .. الطبعة الثالثة
10. المرجع في الأمان الصناعي .. الطبعة الثانية
11. الصحة المهنية .. الطبعة الثانية
12. تكنولوجيا التفريز .. الطبعة الأولى
13. أساسيات تكنولوجيا التصنيع (تشكيل المعادن بدون قطع) .. الطبعة الثانية
14. أساسيات تكنولوجيا الورش (تشغيل المعادن بالقطع) .. الطبعة الثانية
15. القلاووظات (اللواب) .. بالنظام المتري والإنجليزي وبالنظام الدولي SI بمواصفات ISO .. الطبعة الأولى
16. الرسم الهندسي .. الطبعة الأولى
17. أساسات هندسة الإنتاج .. الطبعة الأولى
18. تكنولوجيا اللحام .. الطبعة الأولى
19. محركات الاحتراق الداخلي .. الطبعة الثانية
20. هيكل السيارة .. الطبعة الأولى

21. تكنولوجيا القياس .. الطبعة الثالثة
 22. الأمان الصناعي .. الطبعة الأولى
 23. المخارط الرقمية **CNC** .. طبعة الأولى
 24. التشغيل على الماكينات .. الطبعة الأولى
 25. مواد التصنيع .. (المواد والمعادن الحديدية وغير الحديدية وغير المعدنية) .. الطبعة الأولى
 26. تكنولوجيا البرادة .. الطبعة الأولى
 27. سباكة المعادن .. الطبعة الأولى
 28. الحدادة اليدوية والآلية وفن زخرفة الحديد .. الطبعة الأولى
 29. القدمات المنزقة .. القدمات ذات الورنية .. الطبعة الأولى
 30. الميكرومترات .. الطبعة الأولى
 31. قوالب ومحددات القياس .. الطبعة الأولى
 32. أجهزة القياس البصرية .. الطبعة الأولى
 33. الجودة بالنظام الدولي SI بمواصفات ISO .. الطبعة الأولى
 33. مكافحة الحرائق طبقاً لتوصيات Osha .. الطبعة الأولى
 35. الحرائق ذات الطبيعة الخاصة .. الطبعة الأولى
 36. تلوث البيئة .. سيصدر قريباً بمشيئة الله
 37. الجداول الفنية للمعادن .. سيصدر قريباً بمشيئة الله
 38. أسس التحكم الهيدروليكي .. سيصدر قريباً بمشيئة الله
- ملاحظة :**

يمكن للقارئ الاتصال بالمؤلف عن طريق البريد الإلكتروني عبر شبكة الإنترنت الدولية أو على الفيسبوك على العنوان التالي :-

E-mail : ahmedzhelmy@yahoo.com

تم بحمد الله

