الباب الأول
1

إستخلاص وإنتاج المعادن

Metals Production And Extraction

الفصل الأول
خامات التصنيع

تمهيد

تعتمد الصناعات المختلفة على الخامات المعدنية بصفة خاصة مثل الحديد والصلب والزهر 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.

أولا : 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 ^{0}م ، كثافته 7.78 جم/سم^{3}.

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

ثالثا : المواد المركبة Composite Materials

تنقسم المواد المركبة إلى الآتي :-

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

رابعا : المواد المساعدة للتصنيع Auxiliary materials

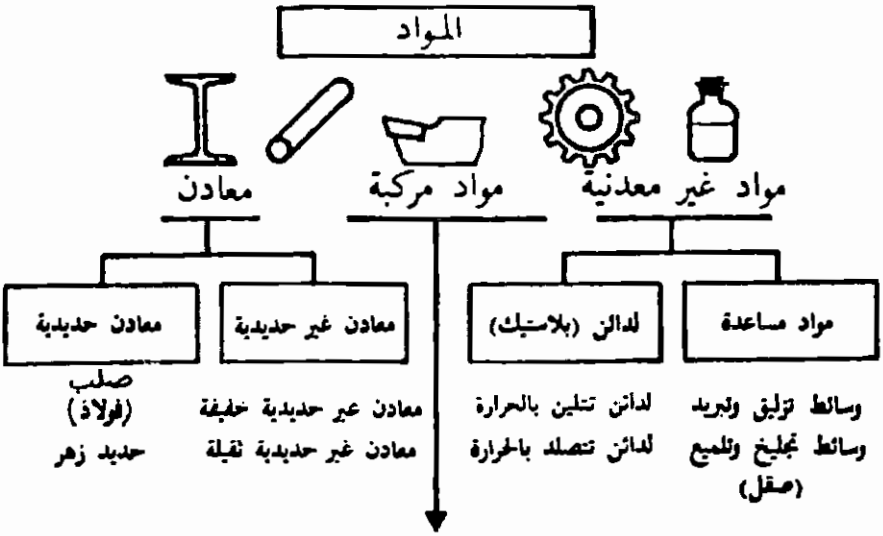
تنقسم المواد المساعدة إلى الآتي :-

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

خامسا : مواد أخرى

مواد أخرى الغرض منها الطاقة مثل المياه والوقود والمفرقعات ومواد الطاقة

النواوية.



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 ملاءمة 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 لبض 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 ــ الميكانيكية ــ الحرارية ــ الكهربائية ــ الكيميائية ..... وغيرها.

تفيد هــذه 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 الهندســية كما هو موضــح بجدول 1 – 2 إلى الآتي :-

جدول 1 – 2

خواص المواد الهندسية

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

أولا : الخواص الفيزيائية

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

ثانيا : الخواص الكيميائية

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

ثالثا : الخوص الفنية (التكنولوجية)

تحدد الخواص الفنية لمواد التصنيع المختلفة من خلال سلوك هـذه المـواد ، وتبعا لذلك توجد مواد قابلة لعمليات التصنيع كالصب - الطرق - اللحام - التشـغيل بالقطع وهي كالآتي :-

1. المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق عمليات السباكة .. مثـل حديـدي الزهر - الرصاص - سبائك النحاس - سبائك الألومونيوم.
2. المواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ، الدرفلة ، الثني ، مثل الصلب - النحاس - سبائك الألومونيوم.
3. المواد القابلة للحام يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحـام بالضغط مثل الصلب والمعادن الغير حديدية.
4. المواد القابلة للتشغيل بالقطع يمكن تشغيلها على آلات القطع .. على سبيل المثـال بواسطة الثقب - القشط - البرد - الخرط - التفريز - التخليق - التجليخ .....الخ ، وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض . كما توجد خواص ميكانيكيـة ،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 الواقـعة عليها وبالتغـيرات في المقاومة والانفعالات والاجهادات المؤثرة عليها أثناء التشغيل أو التشكيل ، ومن ثم فإن خواص مواد التصنيع المختلفة تحدد من خلال سلوك هـذه المواد ، وتبعا لذلك توجد مواد قابلة لعمليات التصنيع كالصب ـ الطرق ـ الدرفلة ـ اللحام ـ التشغيل بالقطع ..... وغيرها من العمليات ، كما أنها تستخدم كأساس للمقارنة بين المواد الهندسـية المختلفة ، وعلى سبيل المثال فإن المواد القابلة للصب يمكن صهرها عن طريق

عمليات السباكة مثل حديدي الزهر – الرصاص – سبائك النحاس – سبائك الألومونيوم ، والمواد القابلة للطرق يمكن تشكيلها عن طريق عمليات الحدادة ، الدرفلة ، الثني ، مثل الصلب – النحاس – سبائك الألومونيوم ، والمواد القابلة للحام يمكن وصل بعضها البعض بواسطة لحام الانصهار أو اللحام بالضغط مثل الصلب والمعادن غير الحديدية ، أما المواد القابلة للتشغيل بالقطع فيتم تشغيلها على آلات القطع المختلفة .. وتصلح جميع مواد التصنيع المعدنية لهذا الغرض.

فيما يلي عرض لأهم خواص المعادن :-

اللمعان :

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

اللون :

للمعادن ألوان تميز بعضها عن بعض ، ومعظم المعادن يشترك في اللون الأبيض والرمادي ، كما أن درجة هذا اللون تتوقف على تركيب العناصر والنسب الداخلة للمعدن ، وعلى سبيل المثال .. سبيكة نحاس تحتوي على 15% نيكل .. يكون لونها أبيض فاتح ، وسبيكة نحاس أخرى تحتوي على 40% زنك .. يكون لونها أصفر ذهبي . علما أن بعض المعادن لها لون خاص بها فقط مثل الذهب لونه أصفر ، ولون النحاس أحمر ، كما أن لمعان المعادن أو لونها قد يختفي تحت تأثير مفعول أكسوجين 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 4 ^{0}م .

∴ 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 يلـــي جدول 1 ــ 3 يوضح الوزن النوعي لأكثر المعادن الشائعة الاستعمال.

جدول 1 ـ 3

الوزن النوعي للمعادن الشائعة الاستعمال

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

المتانة : Toughness

عكس القصافة .. 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 الخرط ، وهذه الخاصية تختلف من معدن إلى آخر ، بل تختلف في المعدن الواحد لاختلاف درجة نقاوته 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 ــ النقر ــ القطع ــ الخدش ــ البرى (التآكل) نتيجة للإحتكاك وأيضا لمقامة الخدش أو القطع . يوجد للصلادة عدة أنواع أهمها ما يلي :-

(أ) **صلادة الخدش** : Scratch Hardness

هي خاصية مقاومة سطح المادة للخدش.

(ب) **صلادة البرى** : Wear Hardness

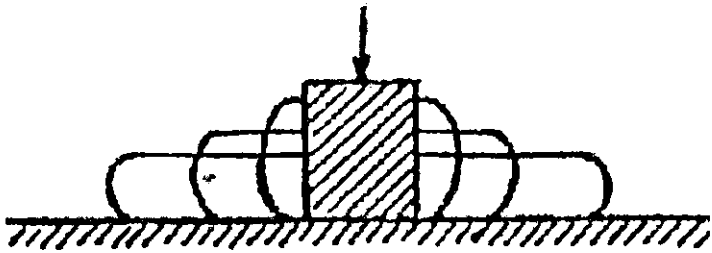
هي خاصية مقاومة سطح المادة للبرى نتيجة الإحتكاك.

(ج) **صلادة الإرتداد** : Rebound Hardness

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

(د) **صلادة التشكيل بالماكينات** : Malleability

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



شكل 1 – 2

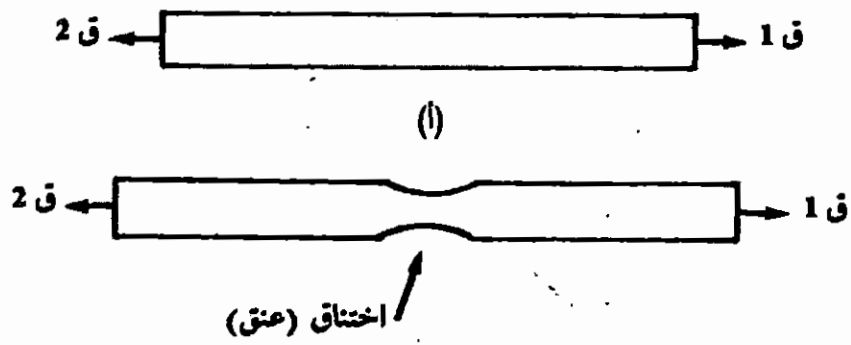
مادة مشكلة بالطرق تحت تأثير حمل الضغط

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



شكل 1 ـ 3

عينة تعرضت لإجهاد شد

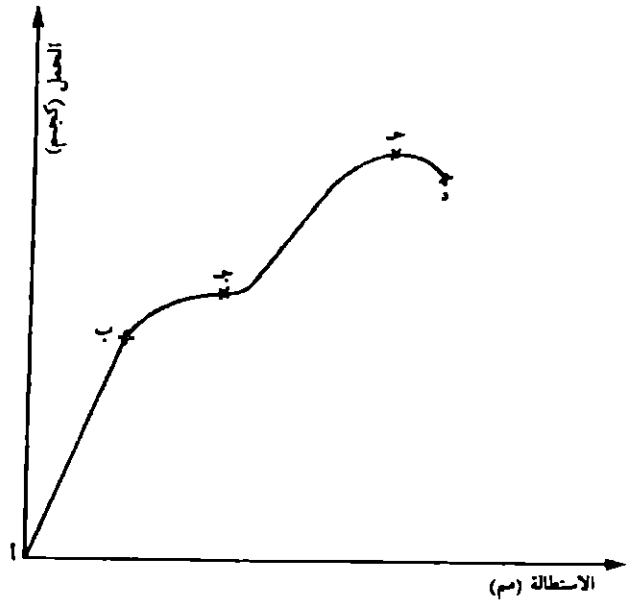
7. قوة التماسك :

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

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

تتوقف قوة التماسك أو الإجهاد على درجة بناء المعدن وكمية المواد الداخلة في تركيبة ، 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 ــ 4 يوضح منحنى بياني لشد عينة من الصلب الكربوني عند تعرضها لحمل (قوة) ليحدث بها استطالة تتناسب مع مقدار الحمل.



شكل 1 ــ 4

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

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

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

حيث σ .... مقدار الزيادة في الإجهاد

e .... مقدار الزيادة المناظرة في الإنفعال

E .... معاير المرونة في الشد والضغط.

اللدونة : Plasticity

هي قابلية المادة للتشـــكيل (تغيير شكلها) تحت تأثـــير 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.

الهشاشية : Crackly

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

المطيلية : Ductility

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

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

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

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

الليونة : Cottony

عكس الصلادة ، وهي قابلية المعدن للثني والحني والالتواء.

القصافة : Brittleness

معناها الهشاشية ، وهي قابلية المادة للكسر قبل حدوث تغير ملحوظ في الشكل مثل حديد الزهر والزجاج والخرسانة .. فإنها تتكسر 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 القصافة ، 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 قابلتها للسحب أكثر من الأسلاك التي تسحب على الساخن ، وهذه الخاصية ذات أهمية كبيرة بين المعادن التي تصنع منها المنشآت إذ يجب أن تكون قابلة للسحب تتحمل الاستطالة التي تنشأ عن حدوث طوارئ غير منتظرة.

قابلية الطرق :

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

تتوقف قابلية الطرق على العناصر الغريبة الداخلة في تكوين المعدن ، على سبيل المثال زيادة نسبة الكربون في الصلب يخفض من قابليته للطرق ، كما تتوقف أيضاً على درجة الحرارة ، فالزنك معدن هش .. ولكن عند رفع درجة حرارته إلى 150 ^{0}م يكون قبل للطرق وإذا زادت درجة الحرارة تحول إلى معدن هش مرة أخرى.

جدول 1 ـ 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	قالية الطرق
الذهب	الذهب
الفضة	الفضة
البلاتين	النحاس
الحديد	الألمونيوم
النيكل،	القصدير
النحاس/	البلاتين
الألمونيوم	الرصاص
الخارصين	الحديد
القصدير	النيكل
الرصاص	الخارصين

13. 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 والالتـــواء 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 الصـــلبة إلـــى الحالـــة العجينية بالتسخين ، تتوقف هذه الخاصية على درجة الحرارة التي يصهر فيها المعدن وعلى قابلية المعدن للتأكسد .. أي اتحاده بالأكسوجين ، فكلما كـــان المعـــدن ســـريع التأكسد ، كلما كان من الصعب لحامة ويحتاج إلى اتخاذ احتياطات خاصة.

4. قابلية الصهر:

جميع المعادن المعروفة تتحول من حالة الصلادة إلى حالة السيولة تحت تـــأثير 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 الأجـزاء التي لم تنصهر منه تطفو على سطح الزهر السائل ، أي أن كثافته في الحالة السـائلة أكثر وأكبر منها في حالته الصلابة.

المعادن التي تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة مباشرة هي الأفضـل لعمل المسبوكات ، إذ أنه كلما كان المعادن شديد الميوعة كانت أركـان المسـبوكات محددة وناطقة التفاصيل . جدول 1 ــ 5 يوضح درجات إنصهار المعـادن الشـائعة الاستعمال.

جدول 1 ـ 5

درجات انصهار المعادن الشائعة الاستعمال

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

5. قابلية التبخر :

هي خاصية تبخر المعادن ، أي بعد انصهارها تتحول من حالة السيولة إلى بخار ، حيث تصل أولاً إلى نقطة الغليان ثم تأخذ في التبخر ، ويمكن استقبال بعض المعادن في مكثفات وتبريدها للحصول على المعدن نفسه من غفلة .. (هذه الطريقة تستخدم أحياناً في حالات مثل الصوديوم والبوتاسيوم والزرنيخ والزئبق) ، علماً بأن جميع المعادن تقريباً يمكن تبخيرها غير أن بعضها يتبخر بسهولة والبعض الآخر يحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة جداً ليصل إلى درجة الغليات ليحدث التبخر . جدول 1 ـ 6 يوضح درجات حرارة غليان بعض المعادن.

جدول 1 ـ 6

درجات غليان بعض المعادن

المعدن	درجة الغليان بالدرجة المئوية
قصدير	2100
رصاص	1530
خارصين	930
ألمونيوم	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 ــ بوصة)وحدة الأطوال ، علما بأن نقل المعدن للحرارة يرفع من حرارة المعدن نفسه ، وارتفاع درجة حرارة المعدن تخفض من قوة تماسكه ، أي تخفض من مقاومته للإجهادات المختلفة.

16. توصيل المعادن للكهرباء :

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

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

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

جدول 1 ـ 7

قابلية بعض المعادن للتوصيل بالحرارة والكهرباء

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

16. مقاومة العوامل الجوية :

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

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

الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها لقوى إستاتيكية أوديناميكية:

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

ديناميكية أو متكررة كالآتي :-

التحميل :

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

1. **حمل إستاتيكي** : Static load

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

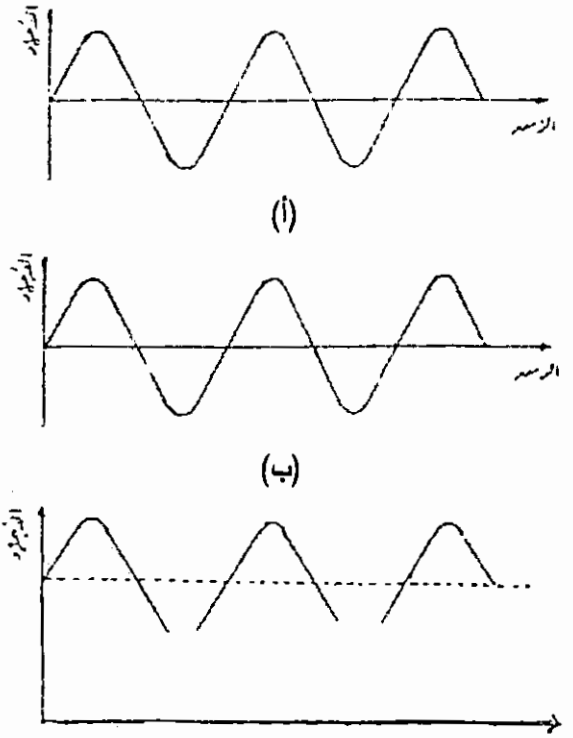
2. **حمل ديناميكي** : Dynamic load

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 إنهيار المادة تحت تأثير نفس الحمل أو أقل في حالة تكرره لعدة مرات.

يؤدي التحميل المتكرر إلى إجهادات متغيرة في حدود معينة كما هو موضح بشكل 1 – 5 كالآتي :-



(أ)

(ب)

(ج)

شكل 1 – 5

تأثر الإجهادات على المادة عند التحميل المتكرر

(أ) إجهادات تتغير من قيمة قصوى في الشد إلى قيمة قصوى في الضغط.

(ب) إجهادات تتغير من قيمة قصوى في الشد إلى قيمة تساوي صفر.

(ج) إجهادات تتغير من قيمة قصوى في الشد إلى قيمة أقل تكن أعلى من صفر.

الإجهادات : Stress

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

تسمى كثافة القوى الداخلية في جـزء المنشأ بالإجهاد Stess ، يمكن أن تكون هـذه الإجهادات شد Tensile أو ضغط Compressive أو قص Shear ..

ووحدتها هي Kg / cm^2 .

يعبر عن إجهاد الشـــد أو الضـــغط بالرمز σ ، ويعبر عـــن 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 الداخليـــة (الإجهادات) عند أى نقطـــة هي كما هو موضحة بالعلاقة التالية :-

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

حيث σ .... الإجهاد عند أي نقطة.

P .... الحمل أو القوة المؤثرة.

A .... مساحة المقطع المستعرض.

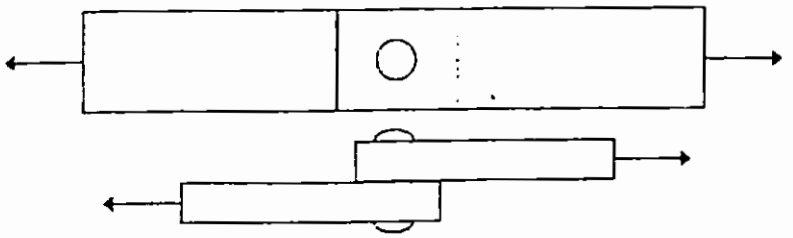
ويمكن إستخدام العلاقة السابقة في بعض حالات القص الذي لا يؤثر فيها الحمل F بطريقة مركزية حقيقية ، ولكنه يؤثر في المستوى المراد حساب الإجهادات عليه ، وعلى سبيل المثال مسمار البرشام الموضح بشكل 1 – 6 يكون إجهاد القص المؤثر عليه كما هو موضح بالعلاقة التالية :-

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

حيث **q** .... إجهاد القص.

F .... الحمل.

A .... مساحة المقطع المستعرض لمسمار البرشام.



شكل 1 – 6

إجهاد القص الواقع على مسمار البرشام

التشكيل والإنفعال : Deformation & Strain

عندما تؤثر قوى خارجية على المنشأ أو جزء من ماكينة يؤدي إلى تغير في نسبي في شكل وأبعاد هذا الجزء .. يسمى التغيير في أي بعد طولي للمنشأ تشكيلاً Deformation ، أما الانفعال Strain فهو وحدة التشكيل أو التغيير 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 ^{0}م تقريباً ، يذيب الكربون بنسب متفاوتة ، لا يؤثر الهواء الجاف عليه بينما الهواء الرطب يحول أسطحه إلى صدأ.

إذا تعرض الحديد إلى بخار ماء ساخن جداً ، فإنه يكون أوكسيد حديد مغناطيسي، أما الأحماض فإنها تتفاوت مقدرتها على إذابة الحديد ، فمثلا 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. الألمونيوم :

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

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

3. النحاس :

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

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

النحاس لا يذوب في حمض الأيدروكلوريك المخفف أو الكبريتيك المخفف ، ولكنه يذوب فيهما عندما يكونان مركزين ، أما حامض النيتريك المخفف والمركز فإنه يذيب النحاس ، علماً 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 ــ لين جداً ــ ينصهر عند درجة 326 ^{0}م ــ 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 ويحوله إلى كربونات الرصاص القاعدية، هذه الطبقة تكون موجودة على سطح الرصاص وتحجبه عن الهواء الجوي.

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

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

5. الزنك (الخارصين) :

الزنك معدن لونه أبيض يميل إلى اللون الأزرق الخفيف ينصهر عند درجة 420 ^{0}م ، يحترق عند زيادة درجة الحرارة عن هذا المقدار ، وهو معدن شديد اللمعان إلا أنه إذا تعرض للهواء مدة طويلة يزول هذا اللمعان نظراً لتكون طبقة من كربونات الزنك القاعدية البيضاء على أسطحه.

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

6. الفضة:

الفضة معدن أبض لامع ينصهر عند 560 ^{0}م ــ لين جداً ــ الفضة المنصهرة تمتص كميات هائلة من الأكسوجين ، وإذا برد المنصهر بدأ الغاز يتصاعد ليحدث شقوقاً في سطح المعدن ، لذلك يوضع مسحوق فحم الخشب على سطح الفضة أثناء تجمدها لامتصاص الغاز ومنع التشقق.

الفضة لا تتأثر بالهواء الجوي المعتاد إذا كان رطباً ، ولكنه إذا احتوي على غاز كبريتيد الايدروجين فإن سطح الفضة يتغطى بطبقة سوداء تسمي 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 ـ كثافتها النسبية ـ درجة حرارة إنصهارها)

المعدن	رمز المعدن	الكثافة النسبية	درجة حرارة الانصهار °م
الألومنيوم	Al (Aluminum)	2.7×10^{3}	660
البزموث	Bl (Bismuth)	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
التنجستن	W (Tungsten)	4.5×10^{3}	3410
الخارصين	Zn (Zinc)	7.1×10^{3}	419.5
الماغنسيوم	Mg (Magnesium)	1.7×10^{3}	651

الفصل الثاني

إستخلاص وإنتاج المعادن

تمهيد

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 التقليب - المحولات والأفران الكهربائية ... وغيرها .

ودلك 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 السيليكات ... وغيرها ، كما يحتوي على شوائب من القشرة الأرضية . يوجد الحديد في الطبقات السطحية أو في الطبقات العميقة بالأرض ، وعادة يكون مختلطا 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

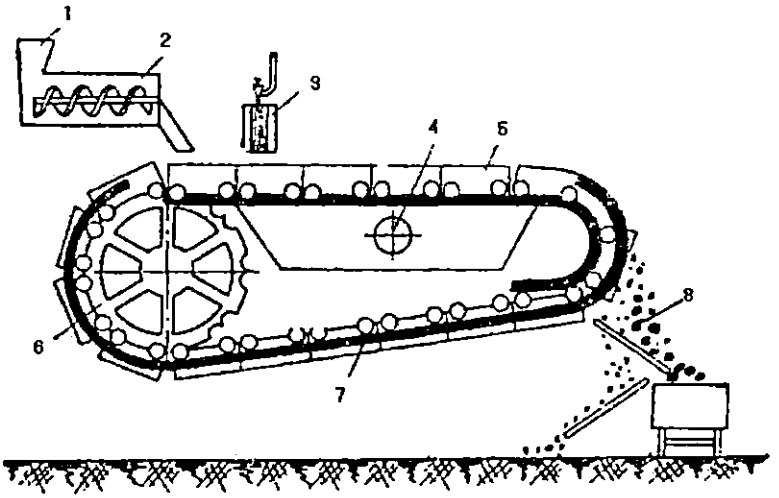
تجرى عمليات تجهيز غفل الحديد من خلال تكسير الأحجار الكبيرة بالطرق الميكانيكية إلى أحجام صغيرة ، ويغسل الخام بالماء للتخلص من الأتربة والرمل والطفل ... الخ ، ثم يفرز لاستبعاد المواد الغير حديدية ، ويتم ذلك باستخدام مغناطيسيات كهربائية ، حيث تلتقط الأجزاء التي تحتوي على حديد وتلقى المواد

الأخرى الغير مغناطيسية بعيدا.

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 ^{0}م، حيث يتخلص من معظم السيليكا والشوائب الأخرى ، وبذلك يتم الحصول على غفل غني بالحديد حيث تبلغ نسبة الحديد بالغفل إلى نحو 90 % تقريبا.

وتجرى عملية تلبيد الغفل للأحجار الصغيرة وغبار الخام المتطاير للحصول على أحجار كبيرة وشكل 1 – 7 يوضح ماكينة تلبيد الخام وهي عبارة عن جنزير يحتوي على عربات صغيرة تتحرك في دورة مغلقة وتحمل على القضبان الموجودة على هذه العربات طبقة يصل سمكها إلى 250 ملليمتر من خليط مبلل من الخام والوقود المفتت ، ويشعل الوقود بواسطة مشعل ، ويسحب تيار من الهواء من أعلى إلى أسفل، وتتولد عند اشتعال الوقود درجة حرارة ما بين 1200 إلى 1300 ^{0}م، ويتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلى أجزاء كبيرة مسامية تصلح للصهر في الأفران العالية

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



شكل 1 – 7

رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تلبـــيد الخام

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

إنتاج الحـــديد الخام

Wrought Iron Production

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

إنتاج المعادن الحديدية : Ferreous Metals Production

يستخلص الحديد من المواد الخام من خلال صهرها بهدف إزالة الشوائب العالقة بها ، ومن الصعب فصل المعدن (الحديد النقي) فصلا تاماً من العناصر المكونة لـه 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.

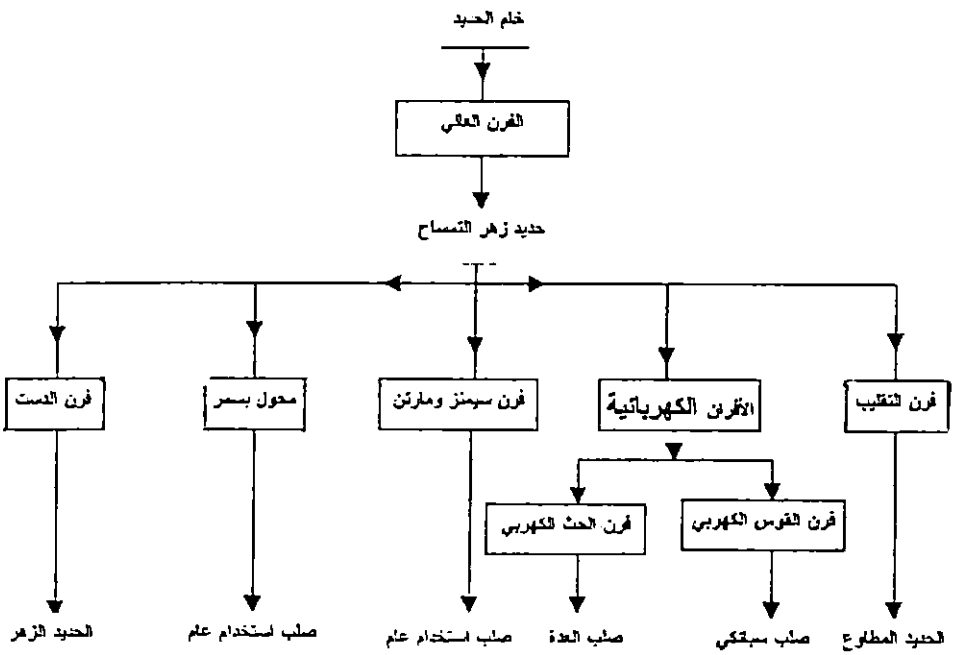
أما الحديد المستخدم في الصناعة فهو عبارة عن سبيكة (خليط) من الحديد النقي مضافا إليه الكربون بنسبة تتراوح ما بين 0.1 % إلى نحو 3.7 % مع بعض العناصر الأخرى بنسب ضئيلة جدا مثل السيليكون - المنجنيز - الفوسفور - الكبريت

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

ويمكن تلخيص عمليات إنتاج المعادن الحديدية المخلفة في الآتي :-

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

وشكل 1 - 8 يوضح رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها.



شكل 1 ــ 8

رسم تخطيطي لعمليات إنتاج المعادن الحديدية المختلفة والأفران المستخدمة لكل منها

الفرن العالي

Blast Furnace

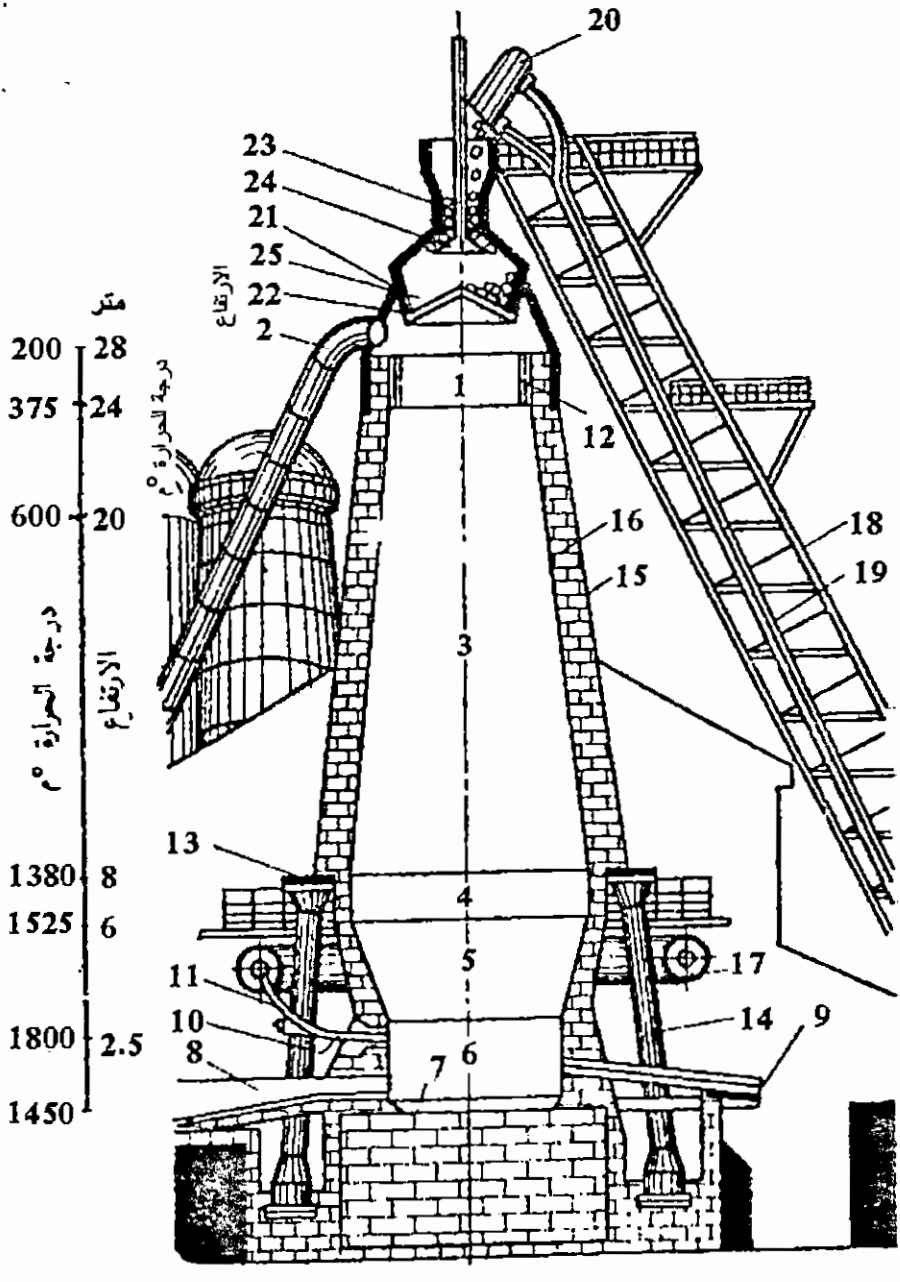
سمي الفرن العالي بهذا الاسم لضخامته وارتفاعه الشاهق ، حيث يتراوح ارتفاعه ما بين 30 إلى 80 متر ، ويبلغ قطر أكبر مقطع فيه ما بين 10 إلى 14 متر.

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 ليتحـــول إلى حديد زهر (تماسيح الحديد).

الفرن العالي الموضح بشكل 1 ــ 9 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 ^{0}م، ويمكن تقســيم التجويف الداخلي للفرن إلى الأجزاء التالية :-



شكل 1 – 9

رسم تخطيطي لمقطع بالفرن العالي

1.القمة :

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

2.القصبة :

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

3.منطقة الانصهار :

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

4.الأكتاف :

هو جزء أسطواني مخروطي ، أسفل القصبة.

5.الكور :

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

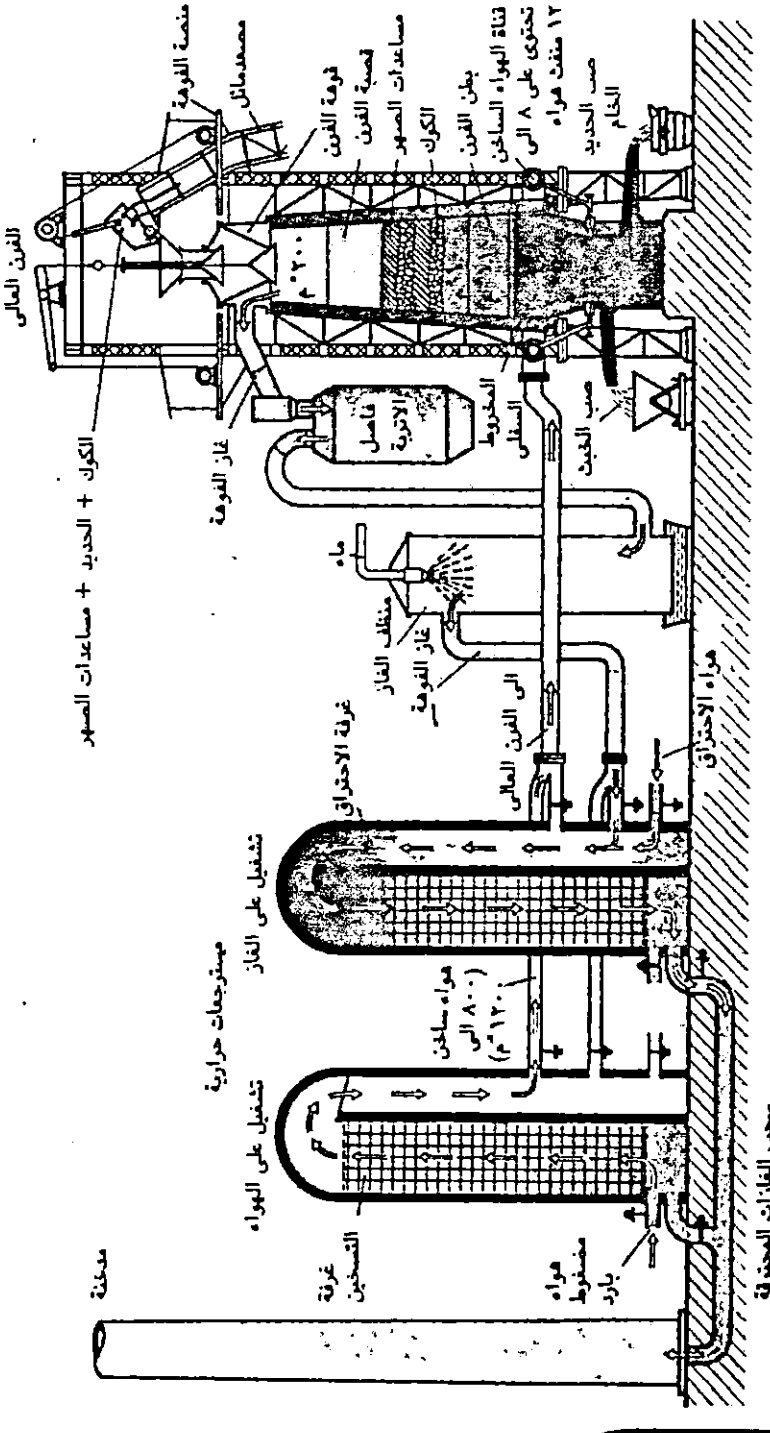
(أ) فتحة في القاع لخروج الزهر المنصهر.

(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 ^{0}م.

منشأة الفرن العالي : Blast Furnace Establishment

يحتاج الفرن العالي إلى منشاة ، وهي تتمثل في إنتاج العمليات العديدة مثل رافعات للشحنة – تجهيز الهواء الساخن – ماء تبريد – فواصل للأتربة والمواد غير المرغوب فيها ... وغيرها . لذلك لا يعمل الفرن العالي بمفرده بل يجب إنشاء وحدات بجواره للمساعدة في عمليات الصهر . وشكل 1 – 10 يوضح منشأة الفرن العالي.



شكل 1 – 10
منشأة الفرن العالى

شحنة الفرن العالي : Blast Furnace Charge

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

1. خام الحديد :

يشحن الفرن باثنين 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 تلبيدها على شكل قو ــ بحجم مناسب.

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

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

2. فحم الكوك :

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

3. مساعد صهر :

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

4.هواء ساخن :

ينفخ الهواء الساخن الذي يصل إلى 1000 ° م من خلال مواسير بأسفل الفرن، ويحتاج الفرن العالي إلى كمية هائلة من الهواء الساخن بحيث يتراوح ما بين 2 إلى 4 متر مكعب لكل كيلو جرام من الزهر المنصهر . لذلك فإن الهواء الساخن الذي يصل إلى الأفران العالية الحديثة يصل ما بين 1300 إلى 3500 م3 / دقيقة ، تحت ضغط 1.4 إلى 2.1 ضغط جوي.

العمليات التي تتم داخل الفرن العالي :

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

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

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

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

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

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

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

منتجات الفرن العالي : Blast Furnace Products

ينتج الفرن العالي المنتجات التالية :-

1.حديد زهر التمساح :

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

ملاحظة :

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

إنتاج حديد الزهر

Cast Iron Production

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

فرن الدست

Cupola Furnace

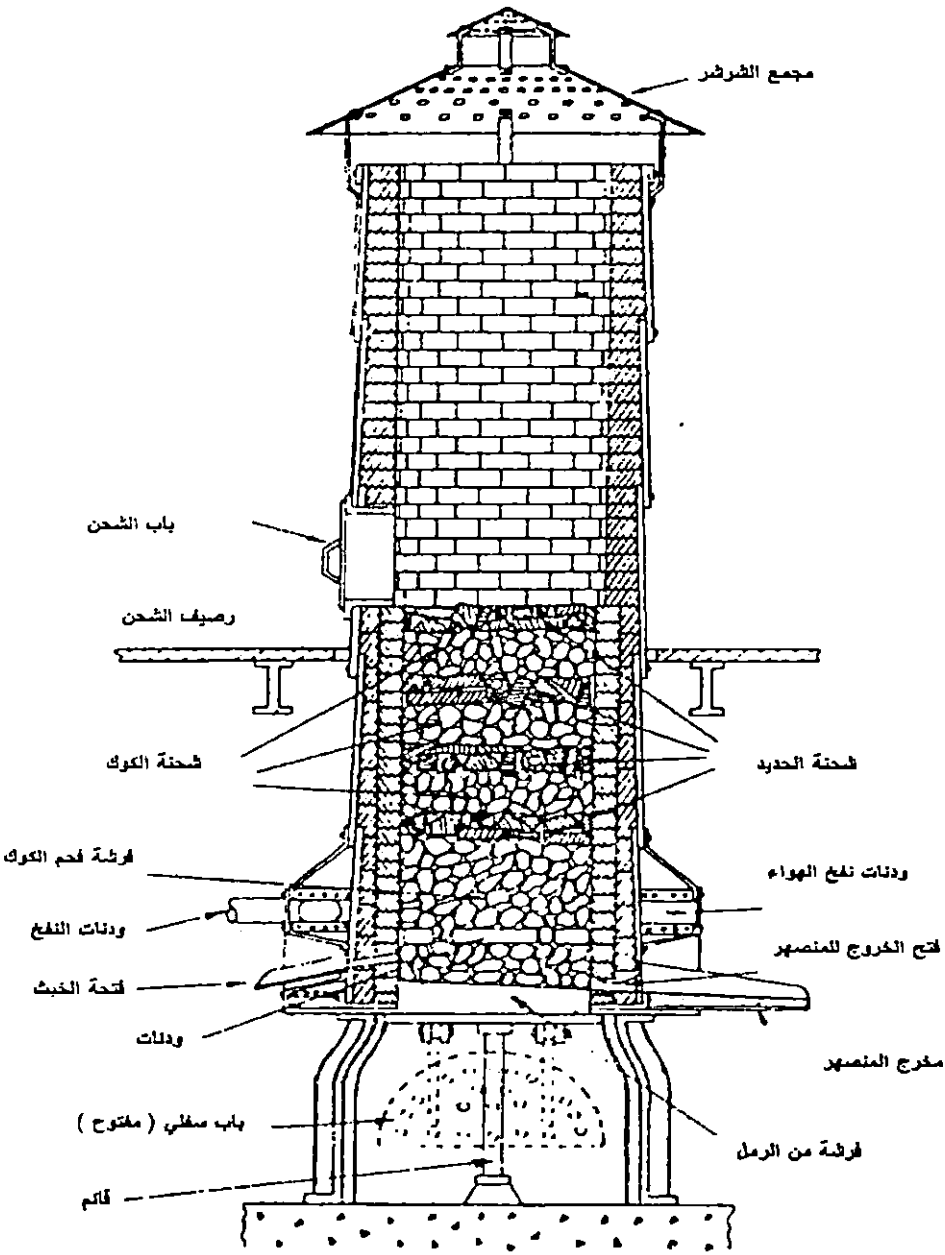
على الرغم من أن اختراع فرن الدست كان في القرن الثامن عشر .. إلا أنه يعتبر من أكثر أنواع أفران الصهر انتشاراً ، حيث ينتج ملايين الأطنان من حديد الزهر سنوياً .. والتي تمثل حوالي 80 % إلى 90 % من حديد الزهر المنصهر في المسابك .

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

يتكون فرن الدست الموضح بشكل 1 - 11 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 1 – 11

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 فرشة فحم الكوك ، وبعد إتمام اشتعال هذه الكمية من فحم الكوك ، يشحن الفرن بطبقات متتالية من الحديد الخام والخردة معا ، وفحم الكوك ، ومساعد الصهر .. (غالبا يكون من الحجر الجيري) ، بحيث تكون كل ثلاث طبقات متتالية شحنة واحدة . الغرض من إضافة مساعد الصهر مع كل شحنة هو الحصول على خبث اكثر سيولة .

يعتمد الصهر في فرن الدست على ستمرار عملية الشحن وإخراج المنصهر ، إذ كلما تحركت الشحنة إلى أسفل .. أي إلى منطقة الصهر ، يضاف بالفرن شحنة إضافيا من أعلى . وتتوقف حجم الشحنة على حجم وسعة الفرن.

يخرج حديد الزهر المنصهر من فرن الدست عند درجة حرارة تتراوح ما بين 100 إلى 1600°م ، حيث يصب المعدن المنصهر في بواتق مبطنة من الطين الحراري ، وتنقل البواتق عن طريق حوامل خاصة لصب المعدن المنصهر في القوالب المجهزة.

تسخن أفران الدست الكبيرة عن طريق أوناش خاصة تستعمل لرفع المواد إلى منطقة الشحن بالفرن . وجدول 1 – 9 يوضح الشحنة التي تحتوي على المواد المختلفة التي توضع في فرن الدست ، والمواد المنتجة منه.

جدول 1 – 9

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 ^{0}م.

2. يحتوى على نسبة كبيرة من الكربون تتراوح ما بين 2 % إلى 4 %.
3. طول فترة سيولة المعدن المنصهر.
4. رخيص الثمن.
5. يحتوي بداخله على نسبة من الجرافيت الحر ، الذي يعمل على تحسين الأداء الزيتي له ، ومن ثم فإنه يساعد على تخفيض معامل الاحتكاك مع المواد الأخرى، لذلك يستخدم في صناعة المنزلقات الطويلة للماكينات.

إنتاج الحديد المطاوع

Wrought Iron Production

يستخدم فرن التقليب 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.

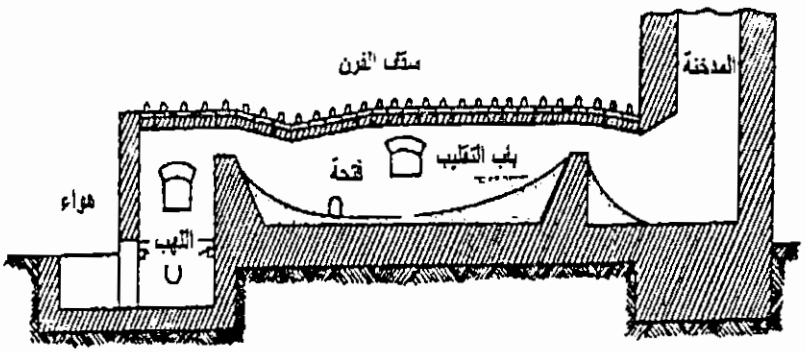
فرن التقليب

Pudding Furnace

فرن التقليب الموضح بشكل 1 – 12 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.

تبطن قاعدة فرن التقليب بطبقة من أكسيد الحديد عند تشغيله ، ثم توضع تماسيح الحديد الخام في مجمرة الفرن ، ثم يسلط 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 1 – 12

فرن التقليب 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

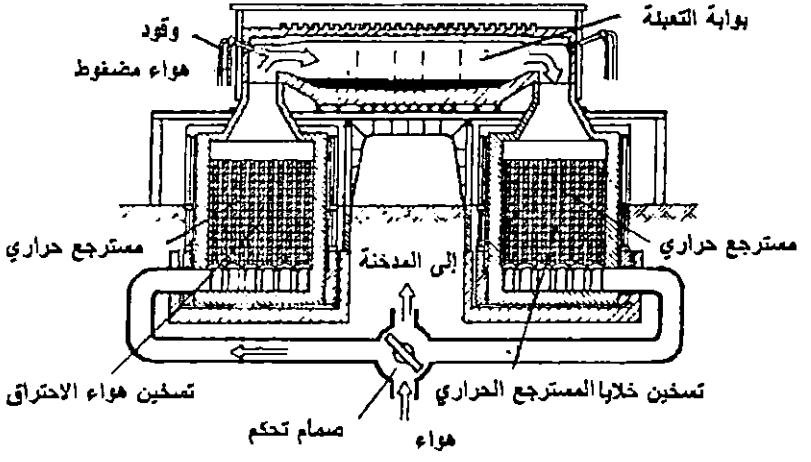
اكتشف هنري بسمر عام 1855 م طريقة إنتاج الصلب بكميات كبيرة باستخدام محول ، ويعتبر هذا الاكتشاف من الأحداث التاريخية الهامة التي أدت إلى تطور صناعة الصلب.

محول بسمر الموضح بشكل 1 – 13 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 1 – 13

الأوضاع المختلفة لمحول بسمر

التحويل باستخدام محول بسمر (التحويل الحامضي) :

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

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون نسبة الفوسفور الموجودة بالخام منخفضة ، ويجب أن تكون الشحنة محتوية على نسبة منخفضة من الشوائب.

يشحن المحول وهو في الوضع الأفقي ، ويبدأ في دفع الهواء المضغوط بضغط حوالي 2 ضغط جوي ، ثم يدار الفرن تدريجيا 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 المندفع ، 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 ^{0}م، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون ، الذي يسبب تكون أول أكسيد الكربون الذي يؤدي إلى غلياناً شديداً للمعدن المنصهر ، ويظهر عند عنق المحول لهب أبيض خاطف نتيجة لإتمام عملية احتراق أول أكسيد الكربون في الهواء وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون.

المرحلة الثالثة :

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

يحتوي المعدن في هذه المرحلة على كمية كبيرة من أكاسيد الحديد الذائبة والناتجة عن نفخ الهواء خلاله ، والتي تؤدي إلى انخفاض كبير في جودته ، وتضاف سبائك الحديد ، كالحديد المنجنيزي مثلا 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 المندفع خلاله ، وفي هذه الحالة تتولد الحرارة اللازمة نتيجة لاحتراق الفوسفور في المقام الأول ، والتي تؤدي إلى الارتفاع الكبير في درجة الحرارة ، وارتفاع درجة الحرارة ليست نتيجة لتأكسد الفوسفور كما يحدث في محول بسمر (المحول الحامضي) .. بل نتيجة لاحتراقه.

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

ملاحظة :

يجب أن يحتوي الحديد الخام المنصهر المنتج بالفرن العالي والمستعمل في محول توماس (القاعدي) للتحويل إلى صلب ، على نسبة قليلة من السيليكون ، حيث أن السيليكون يكون خبثا 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 ألـواح الصلب والمواسير الملحومة ، والمشغولات المدرفلة مثـل القضـبان الكمـرات ذات المقاطع المختلفة وكتل الصلب والأسلاك ..... وغيرها من المنتجات.

2.الخبث : SLAG

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

فرن سيمنز مارتن

Siemens Martin Furnace

فرن سيمنز مارتن الموضح بشكل 1 - 14 سمي بهذا الاسم نسبة إلى مخترعه ، كما سمي بفرن المجمرة 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 مجمرة مفتوحة ، وقـد طـورت عملية احتراق الوقود في هذا الفرن بحيث يكون فرناً عاكساً.

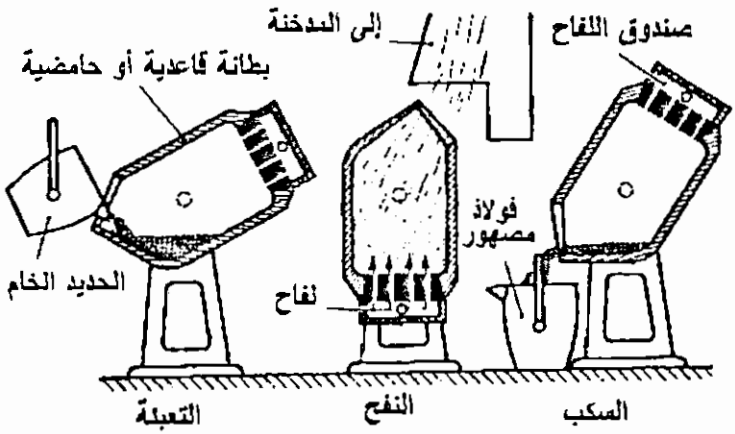
يندفع الهواء الساخن مسبقا عند إشعال لهب الفرن ، ويحترق الوقود المكون من غاز مصانع الكوك أو الغاز الطبيعي أو الزيت ، كما يتم تسخين الهواء عن طريق أحد مسترجعات الحرارة الموجودة أسفل المجمرة.

تتلامس السنة اللهب التي تبلغ درجة حرارتها إلى ما بين 1800 إلى 2000 ^{0}م مع سطح الشحنة المنصهرة ، ويتم ذلك عن طريق الإمرار التبادلي لغازات التسـخين خلال خلايا المسترجعات الحرارية ، حيث تسخين أحدهما في حين يقوم الآخر بتسخين

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

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

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



شكل 1 – 14

فرن سيمنز مارتن

منتجات فرن سيمنز مارتن : Simens Martin Furnace Production

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

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

الأفران الكهربائية

Electrical Furnaces

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

مميزات الصهر الكهربائي :

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

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

عيوب الصهر الكهربائي :

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

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

أنواع الأفران الكهربائية : Types Of Electrical Furnaces

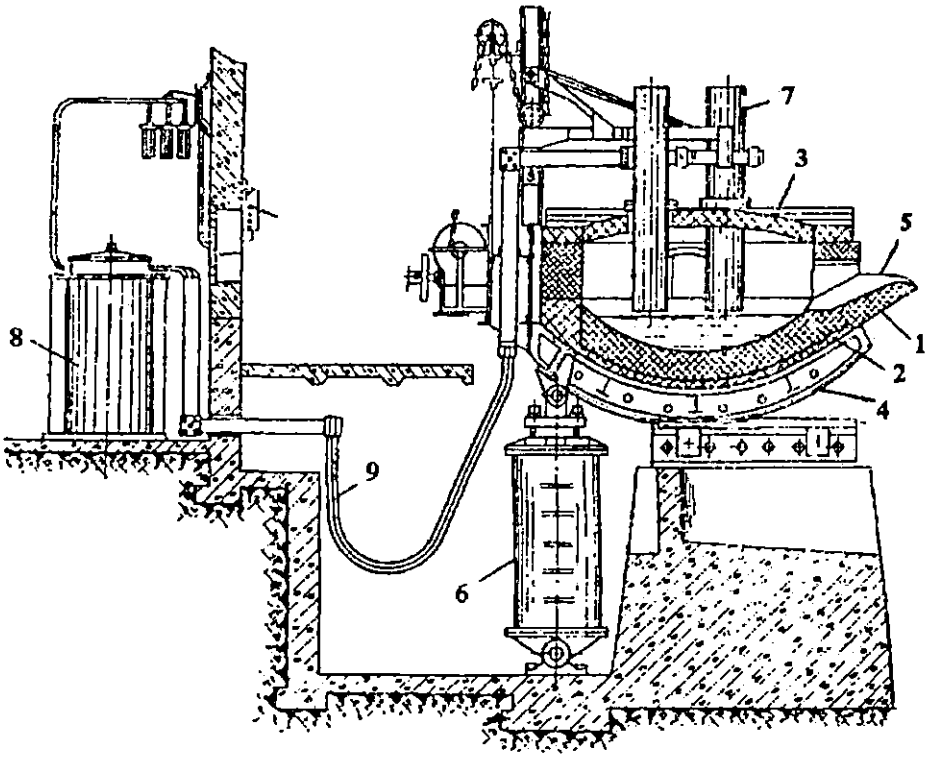
يوجد نوعان من الأفران الكهربائية هما فرن القوس الكهربائي ، وفرن الحث الكهربائي ذو البوتقة .. فيما يلي عرض كل منهما على حدة.

فرن القوس الكهربائي : Electric Arc Furnace

فرن القوس الكهربائي الموضح بشكل 1 - 15 يحتوي على أقطاب كربونية ، يعمل الفرن بمبدأ استغلال الحرارة المتولدة من القوس الكهربائي المنبعث من الأقطاب إلى المعدن المنصهر ليصل درجة حرارته إلى 3400 ° م ، الذي يؤدي إلى انصهار خردة الصلب الموجود في الصلب المكرر مسبقاً ، بالإضافة إلى التخلص من جميع الشوائب الموجودة مثل الكبريت والفوسفور والكربون ، حيث تحترق هذه الشوائب أثناء عملية الصهر.

يؤخذ الأكسوجين اللازم للاحتراق من الهواء المحيط بحمام مصهور ، كما يؤخذ من مواد مطلقة للأكسوجين ، وفي نهاية عملية الصهر يضاف إلى الشحنة مواد مناسبة 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 والتنتالوم.



شكل 1 – 15

فرن القوس الكـــــهربائي

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

منتجات أفران القوس الكهربائي : Electric Arc Furnaces Products

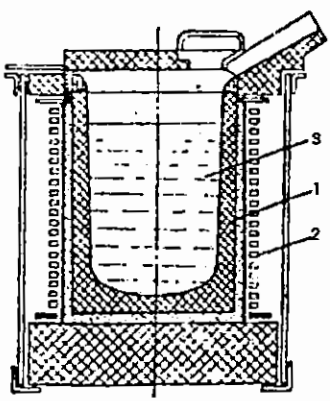
تستخدم أفران القوس الكهربائي لإنتاج الصلب الذي لا يصدأ Stainless Steel، وجميع أنواع صلب العدة مثل صلب السرعات العالية High Speed Steel وغيرها ، وكذلك أنواع صلب الهياكل الإنشائية التي تتحمل الاجهادات العالية جدا.

فرن الحث الكهربائي : Electric Induction Furnace

يتكون فرن الحث الكهربائي الموضح بشكل 1 - 16 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 1 – 16

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 1 - 10 الذي يوضح نسبة الكربون داخل الصلب ، ومجال استخدام كل منها.

جدول 1 – 10

مجالات استخدام الصلب الكربوني

الاسم	النسبة المئوية للكربون	الاستخدامات
الصلب الرخو (الصلب المنخفض الكربون)	0.125 – 0.1	قضبان السلك ، والأنواع الرقيقة ، والأنابيب المصمتة المسحوبة .. الخ
	0.3 – 0.15	ألواح الغلايات ، وأعمال الكباري ، والقطاعات الإنشائية ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، وأعمال الورش العامة .
الصلب المتوسط الكربوني	0.5 – 0.3	أعمدة الدوران ، ومطروقات مشكلة بالمطرقة الساقطة ، ومواسير ، والأسلاك ، والأجهزة الزراعية .
	0.7 – 0.5	الياءات ، وعجلات السكك الحديدية ، وقوالب الحدادة الكبيرة ، وحبال السلك ، والمطارق ، وعدد تشكيل البرشام .
	0.9 – 0.7	الياءات وقوالب الحدادة الصغيرة ، والحدود القاطع للمقصات ، والمقاطع على البارد ، والمقاطع المستخدمة في ورش النجارة .
الصلب العالي الكربوني	1.1 – 0.9	أجنات القطع على البارد ، وقوالب الكبس ، والسنابك ، ولقم قطع أسنان القلاووظ ، وأدوات أعمال النجارة ، وأعمدة المحاور .
	1.4 – 1.1	شفرات الحلاقة ، 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 لبعضا خواص مميزة في الاستخدام الصناعي ، مثل جودة التوصيل الكهربائي والحراري – مقاومة الصدأ – مقاومة التآكل – انخفاض معامل التآكل – خفة الوزن – سهولة التشكيل على البارد وعلى الساخن ... الخ ، بجانب الاعتبارات الاقتصادية الأخرى.

إنتاج النحاس

Production Of Copper

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

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

غفل النحاس : Uses Of Steel

يوجد غفل النحاس في القشرة الأرضية على شكل مركبات مختلطة بخامات معادن أخرى ، ومركبات النحاس الموجودة في الطبيعة هي أكاسيد مختلطة مع الكبريت والحديد والتي تعرف باسم بيريت النحاس ، حيث يحتوي على نحاس بنسبة 32 %.

استخلاص النحاس : Copper Extraction

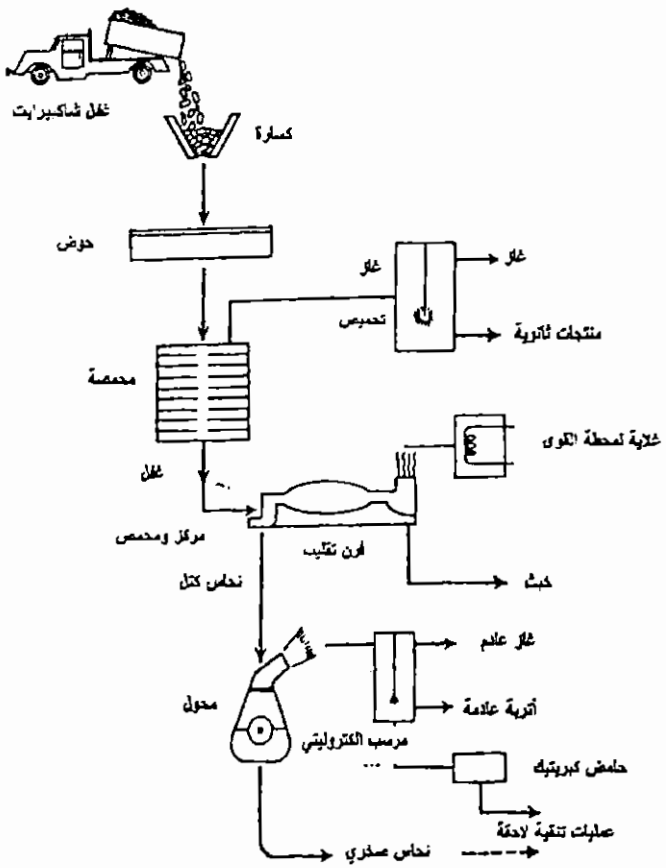
يستخلص النحاس من خاماته بإحدى طريقتين هما :-

1. الطريقة الجافة.
2. الطريقة الرطبة.

وتعتبر الطريقة الأولى هي الأكثر استخداماً ، ويستعمل لهذا الغـرض أفـران عاكسة خاصة.

الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس :

تتكون الطريقة الجافة لاستخلاص النحاس والموضحة بشكل 1 - 17 من عدة مراحل هي :-



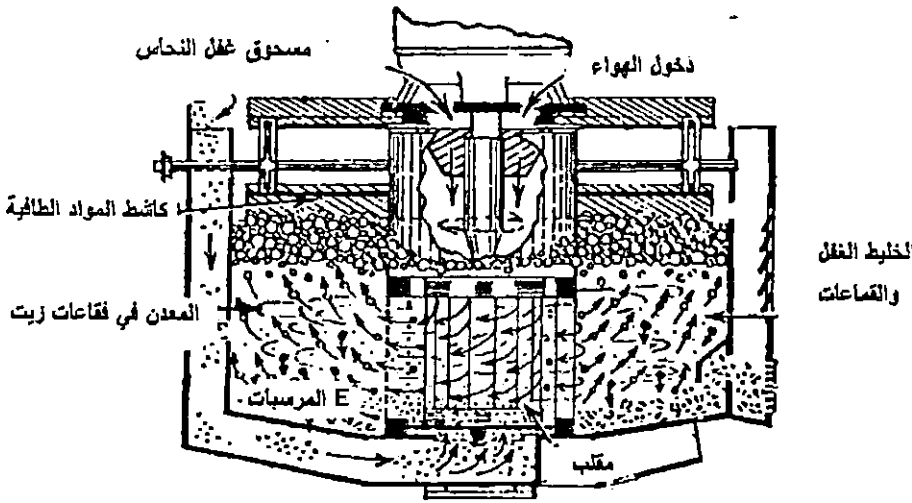
شكل 1 ـ 17

رسم تخطيطي لخريطة استخلاص النحاس بالطريقة الجافة

أولا : تكسير الغفل في كسارات خاصة.

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

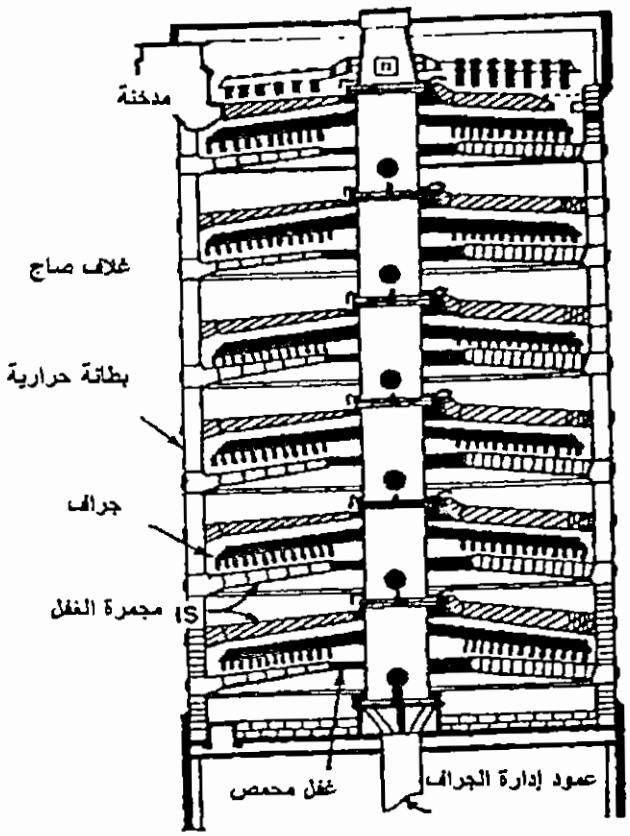
ثالثا : تخليص الغفل من الشوائب والأتربة العالقة كما هو موضح بشكل 1 ــ 18 ، ويتم ذلك بطريقة التقويم في حوض ماء ، حيث تبدأ حبيبات الغفل الغير مبتلة بتكوين فقاعات وتطفو على سطح الماء ، ويرسب الباقي في القاع ، وعادة يضاف زيت بترول للماء ، ونفخ الهواء في الماء للتعجيل بالطفو ، حيث تلتصق فقاعات الهواء المتكونة بحبيبات الغفل وتطفو على شكل زيت يمكن إزالته بسهولة.



شكل 1 – 18

خليط تقويم لفصل غفل النحاس عن المواد العالقة به

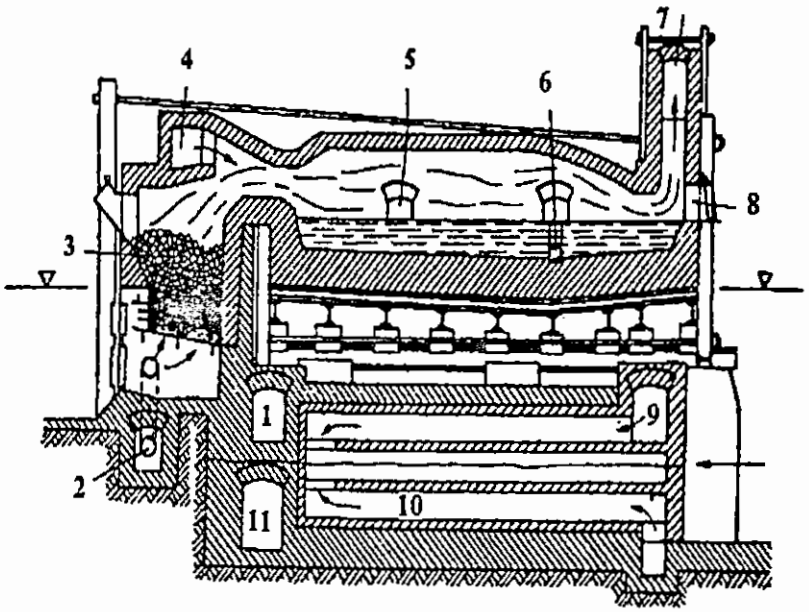
رابعا : تحميص الغفل جزئيا بالتسخين ، حيث يتكون خليط من مركبات كبريتيد النحاس وأكاسيد الحديد ، ويسمى هذا الخليط بالكالسين . يتم التحميص عند درجة حرارة ما بين 800 إلى 1000 ^{0}م في أفران عاكسة كما هو موضح بشكل 1 – 19.



شكل 1 – 19

تحميص غفـــل النحاس

خامسا : صهر الكالسين مع حجر الجير (كمساعد صهر) في فرن يشبه فرن التقليـب الموضح بشكل 1 – 20 ، حيث يتم التخلص من معظم مركبات الحديد فـي صورة خبث ، حيث يتبقى غفل النحاس ملبداً مع باقي مركبات حديد الخبـث الذي يسمى بالنحاس الصخري.

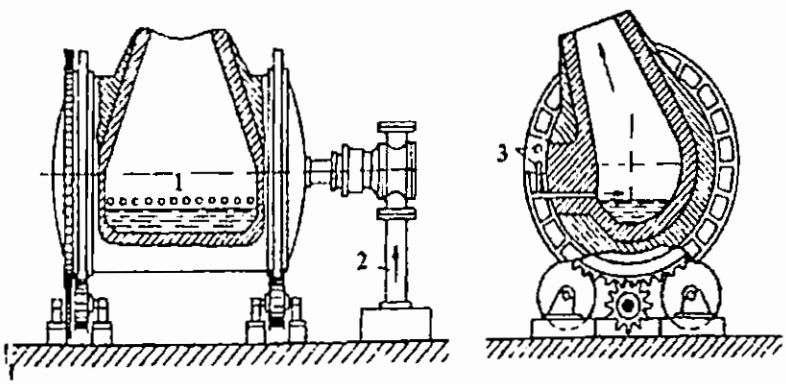


شكل 1 – 20

فرن التقليب 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 1 - 21 ، 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 1 – 21

محول نفـــــخ النحاس

1. منافس النفخ.

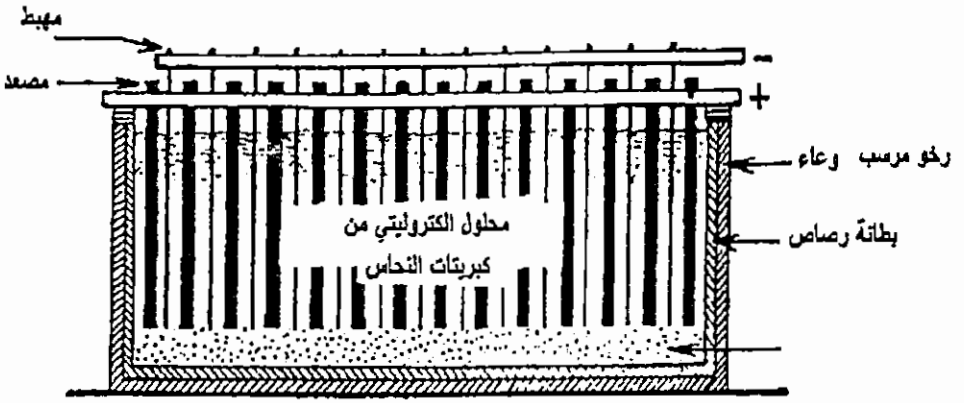
2. مدخل هواء النفخ.

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 1 - 22 ، 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 1 – 22

خلية ترسيب كهربائية لإنتاج النحاس النقي

الطريقة الرطبة لاستخلاص النحاس :

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

إنتاج الألومنيوم

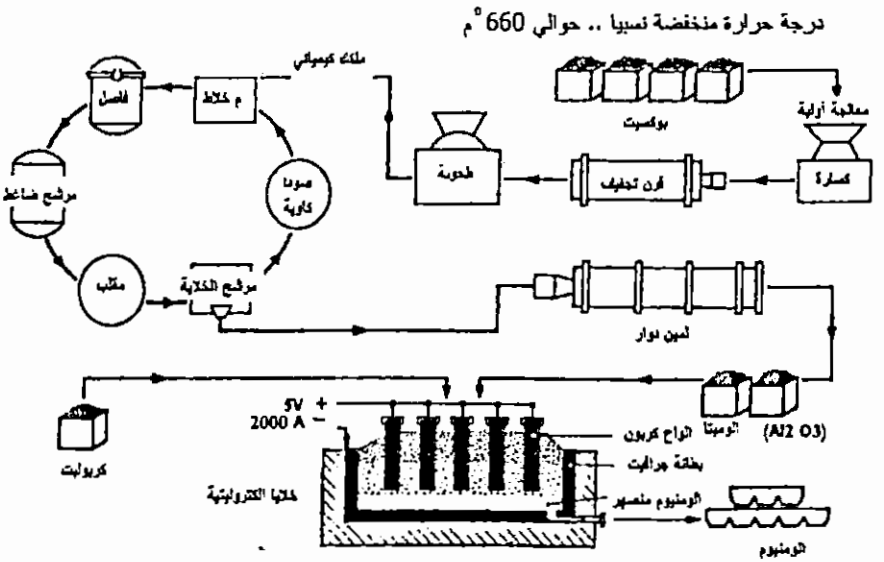
Production Of Aluminium

الألومنيوم معدن حديث الاكتشاف ، تم استخلاصه لأول مرة عـام 1825 م ، ويعتبر الألومنيوم من أكثر المعادن انتشاراً في الكرة الأرضية ، وأكثر المعادن غيـر الحديدية استخداماً.

يوجد الألومنيوم على شكل أكاسيد أو سيليكات ولا يوجد الألومنيوم حـراً فـي الطبيعة ، وذلك لشدة اتحاده مع الأكسوجين.

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

يتم استخلاص الألومنيوم من خام البوكسايت بطريقة التحليل لاكهربائي ، وشكل 1 - 23 يوضح خريطة استخلاص الألومنيوم من البوكسايت.



شكل 1 – 23

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 نسبيا.

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 بحجر القصدير ، تكون نسبة القصدير في الخام عادة صغيرة جداً ، حيث تبلغ من 0.25 % إلى 1 % ، أما الباقي فهو مواد عاطلة 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 (الخارصين) من خامات الزنك ، ويعتبر من أهم خاماته ، حيث يحتوي على 30 إلى 50 % خارصين . 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 ^{0}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 .

خواص الرصاص : Lead Properties

1. لونه رمادي مائل للزرقة ، ذو سطح غير لامع.
2. ينصهر عند درجة حرارة 335 ^{0}م.
3. معدن ثقيل ، يتداول في الأسواق بالكيلوجرام.
4. معدن طري ، سهل التشكيل ، يتأكسد بسرعة في الهواء.

استعمالات الرصاص : Uses Of Lead

1. يستعمل مع القصدير لتكوين سبائك تستخدم في عمليات لحام السمكرة.
2. يستعمل مع الأنتـــيمون في صناعة الرصاص الصلب.
3. تستعمل مركباته (أكسيد الرصاص الأصفر) في صـــناعة الزجـــاج والكريســـتال والفخار.