الباب السابع
صناعة الحديد والصلب

الباب السابع

صناعة الحديد والصلب

Iron and Steel Manufacture

ومن خواص الحديد النقي أنه قابل للطرق والسحب ، كما من خواصه المهمة أنه قابل لاكتساب المغناطيسية فى الدرجات العادية ولكن يصعب مغنطته عندما يكون ساخناً ، وعند درجة حرارة 790 مئوية يفقد مغناطيسيته.

ينصهر الحديد النقي عند درجة حرارة 1535 مئوية ويغلي عند درجة حرارة 2750 مئوية ، والكثافة النوعية للحديد النقي 7.86 جم/سم^3 . والوزن الذري للحديد 55.847 .

يوجد فلز الحديد فى ثلاث أشكال مختلفة وهى كالآتي :

ألفا – حديد ، جاما – حديد ، دلتا – حديد .

كيميائياً يعبر الحديد نشطاً جداً حيث يتحد مع الهالوجينات مثل الكلور والفلور والبروم واليود كما أنه يتحد مع الكبريت والفوسفور والكربون والسيليكون . كما يحل الحديد محل هيدروجين معظم الأحماض المختلفة . كما يحترق الحديد فى الأكسجين مكوناً Fe_3O_4 .

خامات الحديد :

ولأن الحديد مثله مثل باقي العناصر الفلزية فإنه لا يوجد فى حالته العنصرية ومن أهم الخامات الطبيعية للحديد هى :

1- الهيماتيت (Haematite) أو أكسيد الحديد الأحمر Fe_2O_3 :

ويحتوى على نسبة 30%-60% من الحديد كما يحتوى خام الهيماتيت على نسبة عالية من السيليكا التى تعمل على خفض جودة الخام .

2- الماجنتيت (Magnetite) :

أو أكسيد الحديد المغناطيسي Fe_3O_4 وهو ما يطلق عليه أكسيد الحديد الأسود ويحتوى على نسبة من 45% إلى 70% من الحديد وله خاصية جذب برادة الحديد .

3- الليمونيت (Limonite) :

أو أكسيد الحديد المائي $2Fe_2O_3.3H_2O$ ولونه أصفر بني ويحتوى على نسبة 18% - 50% من الحديد وغالباً ما يوجد مختلطاً بالمنجنيز .

4- السيدريت (Sidrite) :

أو كربونات الحديدوز ويحتوى على 20%-40% من الحديد .

5- بيريت الحديد (Pyrite) :

أو كبريتيد الحديد FeS_2 ولونه أصفر باهت لاحتوائه على نسبة كبيرة من الكبريت .

ومن أهم الخامات المستخدمة فى صناعة الحديد هى الهيماتيت والماجنتيت على الرغم من وجود بعض الشوائب فى هذه الخامات مثل السيليكا (SiO_2) والفوسفور والكربون والمنجنيز والكبريت .

تجهيز خامات الحديد :

(1) إعداد الخام لتحسين خواصه الفيزيقية والميكانيكية :

أ- عمليات التجنيس Homogenization :

والمقصود هنا بعمليات التجانس ، كل عمليات مزج وخلط للخامات المختلفة بغرض الإقلال من التفاوت فى خواصها وبهذا المفهوم البسيط ، نلحظ أن هذه العملية تتكرر مع تعدد مراحل معالجة الخامات ، فتتم فى أحواض خامات التصدير بالمناجم ، وفى خلال عمليات نقل الخامات من المناجم إلى الكسارات ثم إلى المصانع ، وكما تجرى خلال عمليات التكسير والتشوين بالمناجم أو المصانع ، وتتم عملية التجنيس ، التى تتم فى أحواض تشوين الخامات بالمصانع أهم هذه جميعاً ، حيث تؤدي طبقاً لنظام محدد ودقيق .

ب- عمليات التكسير Crushing :

وهذه العملية تجرى على الخام بعد استخراجه بصفة عامة ، ذلك أن أحجام الخام الناتج ، تكون فى العادة كبيرة لا تناسب عمليات الصهر ، وعليه تجرى عملية التكسير هذه بهدف الوصول إلى الحجم الملائم ، هذا إذا كانت الخامات المتعامل معها متناسقة التركيب ، أو غنية بالمعدن .

جـ- عمليات الطحن Grinding :

لقد أوضحت الأبحاث العلمية أن هناك حجماً أمثل لحبيبات الخام ، يؤثر تأثيراً مباشراً على جودة الخليط الصناعي المنتج وخواصه ، ولذلك فمن اللازم أن تجرى عمليات طحن لهذه الخامات ، بهدف الحصول منها على هذه

الأحجام . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن غالبية عمليات تركيز الخام التى تعتمد أساساً على فصل الشوائب فيه مثل الفصل المغناطيسي .

وعمليات التعويم وغيرها ، تتطلب فى بعض الأحيان أحجاماً غاية فى الدقة ، حتى يمكن الاستفادة من التفاوت فى الخواص الفيزيقية كالوزن ، والمغنطة ، والذوبان ، إلخ فى عمليات الفصل بين المعدن والشوائب مما يستلزم طحنها طحناً دقيقاً .

د- عمليات تجميع النواعم :

تنتج عن عمليات طحن الخام أو عمليات التركيز ، كذلك تتولد عن عمليات تنظيف غازات الأفران العالية ، كميات هائلة من الخام الناعم ، الذي لا يمكن استخدامه فى الأفران العالية مباشرة ، ولكن لا يمكن إهمالها اقتصادياً ، ولذلك تخضع هذه الأحجام للمعالجة ، بغرض ربط وتجميع حبيباتها فى أحجام أكبر تكون متماسكة ومتجانسة ، ولها الخواص اللازمة للخامات المشحونة بالافران العالية .

وتجميع هذه الخامات الناعمة وربطها بعضها ببعض ، أما أن يكون نتيجة إضافة مواد رابطة ، دون أن تتعرض الخامات الناعمة ذاتها للإنصهار ، وإما أن تنصهر هذه جزئياً بالحرارة ، فترابط معاً نتيجة ذلك ، دون إضافة لمواد رابطة . ومن النوع الأول طرق التطويب ، والتكوير ، والتحبيب . ومن طرق النوع الثاني عمليات التلبيد .

(2) إعداد الخام لتحسين خواصه الكيميائية :

أ- التصنيف :

وتعتمد هذه الطريقة على اختلاف الكثافة ، والحجم ، والشكل لحبيبات المواد المطلوب تركيزها ، بمعنى استغلال كل المؤثرات التى تؤثر فى مسار هذه الحبيبات فى وسط سائل . وتجرى هذه العمليات بضغط السائل خلال طبقة من الخام ، ثم يسحب السائل بعد ذلك لتعود مكونات الطبقة إلى السكون مرة أخرى ، وهكذا فعند اندفاع السائل تسبح مكونات طبقة الخام فى حمام مغلق ، بحيث ترتفع المكونات الثقيلة بقدر محدود ، أما الشوائب الخفيفة ، فترتفع مسافة أكبر ، ثم يسحب السائل ، فيحدث تدرج للحبيبات المكونة للطبقة حسب أوزانها ، أما الشوائب الخفيفة ، وخاصة المواد الطينية ، فيتم التخلص منها مع ارتفاع السائل فجأة فى الحمام ، وحيث أن كمية السائل المدفوعة أكبر من حجم الحمام ، فإن الزيادة تتسرب إلى توصيلات جانبية ، حاملة معها هذه المواد الخفيفة . وبتكرار هذه العملية ، تتكون فى الحمام طبقات من المكونات الثقيلة ، تنتقل بعدئذ إلى أماكن التخزين . وهى إما حبيبات صغيرة ذات كثافة عالية ، وإما حبيبات ذات وزن ثقيل . ولذا تجرى عليها بعد ذلك عمليات فصل بالمناخل أو الغرابيل الآلية أو باستخدام طاولات التركيز ليتم فصلها عن بعضها البعض ، وبالتالي يتم الحصول على الخام المركز .

ب- التركيز باستخدام التوتر السطحي :

وتعتمد هذه الطريقة على اختلاف حساسية التوتر السطحي للمعادن المختلفة وتطبق على الخامات المطحونة الناعمة جداً ، ولا تقتصر نتائجها

على فصل المعدن عن الخام ، بل تتعداها إلى فصل المعادن بعضها البعض ، ويكون ذلك كما يلي :

بإمرار فقاعات هوائية خلال سائل يحوى حبيبات من معادن مختلفة ، فإن ذرات هذه المعادن تعلق بالفقاعات ، وترتفع لتعوم على سطحه ، حيث يمكن تجميعها واستخلاص المعادن منها . ولما كانت الخواص السطحية للخامات والمعادن تتفاوت فيما بينها تفاوتاً صغيراً جداً ، فلهذا يجب تكبير هذا التفاوت ، ويتم ذلك باستخدام مركبات عضوية تسمى "المجمعات" وهى إما زيوت عضوية مثل الكيروسين ، أو الديزل أو زيت الوقود ، أو قواعد عضوية . ومن خواص هذه المجمعات ، أن تتأين فى المحلول المائية ، وعليه تتحد مع أيونات المعدن المراد فصله ، مكونه مركبات غير قابلة للذوبان فى المحلول ، تغطى سطح المعدن وتكسبه صفة التوتر السطحي للزيت المستخدم ، بمعنى تملكه لزاوية التصاق كبيرة مع الماء .

جـ- الفصل المغناطيسي :

تتميز بعض العناصر بخواصها المغناطيسية ، وبالتالي يستفاد صناعياً بهذه الخواص فى عمليات فصل المعادن عندما توجد بها شوائب ليست لها هذه الخاصية . وعليه فإذا تعرضت الحبيبات القابلة للمغنطة لمجال مغناطيسي ، فإنها تنفصل تاركة الشوائب المختلطة بها ، ويجرى ذلك بإمرار هذا الخليط على سير ناقل تحت مغناطيس قوي ، حيث تعلق الحبيبات القابلة للمغنطة بالمغناطيس ، وتنفصل عما دونها . ومن المعروف أنه كلما زادت مغناطيسية أحد المواد ، كلما أمكن تأثيرها بمجال مغناطيسي أضعف وعليه ، فبإضعاف قوة المغناطيس تباعاً من الشمال إلى اليمين ، تزداد مغناطيسية الفصل ، وبالتالي يمكن فصل المعادن كل عن الآخر . وفقاً لخاصيته المغناطيسية ،

ويمكن أيضاً استخدام هذه الطريقة ، فصل الحبيبات غير المغناطيسية حسب أحجامها (أو أوزانها) .

هـ- التحميص :

تعتبر عملية تحميص كربونات الحديد (السيدريت) لتخليصها من غاز ثاني أكسيد الكربون ، من عمليات تركيز الخام . وتتلخص هذه العملية في تسخين هذا النوع من الخام إلى درجة حرارة عالية ، دون درجة حرارة بدء إنصهار (ميوعته) مع السماح للكميات الكبيرة من الهواء بالمرور خلال طبقات الخام ، وقد يستخدم أحياناً هواء لافح . وعندما تصل درجة حرارة الخام إلى درجة الحرارة التي يساوى أو يزيد فيها الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون على الضغط المحيط ، يتصاعد الغاز ويتخلص منه . وبعملية حسابية بسيطة ، نجد أنه إذا تعرض خام السيدريت الذي يحوى 35% حديد لعملية التحميص ، وخلص من كل ما لديه من غاز ثاني أكسيد الكربون ، فإن نسبة الحديد ترتفع إلى 45% . وتستخدم عملية التحميص أيضاً لخامات بيريت الحديد ، حيث يمكن التخلص من نسبة كبيرة من الكبريت الذي بها .

استخلاص الحديد من خاماته :

الطريقة المستخدمة في استخلاص الحديد من خاماته تعتمد على اختزال اكاسيد الحديد بواسطة فحم الكوك . ويستخدم لهذا الغرض الفرن العالي (Blast furnace) .

وصف الفرن العالي :

يجب أن يحقق تصميم الفرن العالي بأجزائه المختلفة ، القيام بأداء وظيفته الأساسية والتى تتلخص فى استغلال مكونات شحن الفرن من الخام ، والحجر الجيري أو الدولوميت ، وفحم الكوك ، والإضافات الحديدية ، علاوة على الهواء اللافح الداخل من قرب نهايته السفلى فى إنتاج الحديد الزهر والخبث اللذين يسحبان من فتحات خاصة من الجزء الأسفل للفرن ، بالإضافة إلى غاز الأفران وأتربة الغازات التى تتصاعد من أعلاه .

وتتعرض المشحونات خلال هبوطها بالفرن إلى العديد من التغيرات الكيميائية والفيزيقية ، فترتفع درجة حرارتها ويزداد حجمها فى الجزء العلوي من الفرن ، لتعود مرة أخرى فى قرب رحلتها داخله إلى الانكماش نتيجة انصهارها .

ويتكون الفرن فى شكله العام ، من مخروطين ناقصيين يتلاقيان بقاعدتيهما الكبيرتان يسميان "المخروط العلوي" و "المخروط السفلي" تبعاً لوصفهما بالفرن . وينتهي المخروط السفلي بقاعدته الصغيرة فى المكان الذي يتجمع فيه ناتج إنصهار المشحونات بأسفل الفرن ، والذي يمسى "بودقة الصهر" . والأفران العالية تعتبر من الوحدات الإنتاجية المستمرة التى لا يجوز إرباكها أو إعاقتها . ويعنى ذلك استمرار شحن الخامات ، وخروج الغازات وما تحمله من أتربة من أعلى الفرن ، وسحب الخبث والحديد على فترات زمنية منتظمة من أسفله . ومما يزيد من صعوبة التشغيل ، وبالتالي مما يحتم ضرورة التحكم الدقيق فيه ، أن العملية مغلقة ، حيث لا يمكن أن يشاهد بالعين ما يتم فى مراحلها المتوسطة وعليه يجب أن يجهز الفرن العالي بالعديد من أجهزة القياس والتحكم والتى يمكن عن طريقها تتبع الخطوات المختلفة فى مراحل التشغيل .

بالإضافة إلى ما سبق ، فإن طبيعة العمل تقتضى أن يتعامل الفرن مع كميات ضخمة من المشحونات ومن المنتجات ويكفى أن نعلم أن الطن الواحد من الحديد الزهر المنتج يحتاج فى المتوسط العادى إلى كميات من المواد الخام الآتية :

2 طن من الخام

0.7 طن من الحجر الجيري والذي يستخدم كمادة مخفضة لدرجة حرارة انصهار الحديدي (Fluxing Material) .

1 طن من الفحم بالإضافة إلى 4 أطنان من الهواء اللافح .

وينتج عن ذلك حوالي 6 أطنان من الغازات ، 0.7 طن من الخبث ، و80 كجم من تراب الغازات ، وعليه نجد أن الفرن سعة 2000 طن يومياً (متوسط سعة الأفران حالياً) يتعامل مع 4000 طن من الخام و1400 طن من الحجر الجيري ، 2000 طن من الفحم ، 6 ملايين متر مكعب من الهواء ، وينتج 9 ملايين متر مكعب من الغازات ، و2000 طن من المعدن ، و1400 طن من الخبث و160 طناً من تراب الغازات .

وبجانب كل ذلك فإن بقية الوحدات المساعدة للفرن ، كأحواش تشوين الخامات ، وعنابر معالجة الخبث ، ومسخنات الهواء ، وصالات الصب الإضافية ، ووحدات نفخ الهواء ، والورش الميكانيكية والكهربائية ، والمخازن اللازمة تشكل احتياجات كبيرة فى المكان ، وتحتاج إلى مساحات شاسعة ، مع حتمية توافر الترابط الداخلي فيما بينها .

التفاعلات الكيميائية فى الفرن العالي :

تتعرض المشحونات بالفرن العالي . إلى العديد من التغيرات الكيميائية خلال رحلتها من أعلى الفرن . وحتى الحصول عليها فى هيئة معدن أو خبث

منهصر فى أسفله . وكذا الحال لعامود غازات الأفـران الصـاعد . وهـذه التغيرات تتولد نتيجة العديد من التفاعلات التى تتم وفقاً لأسـس ونظريـات علمية ثابتة .

ولفهم ما يحدث بالفرن من تفاعلات . نجد لزاماً التعرض لشرح الأسـس النظرية التى تتحكم في أهمها .

1- عند درجة حرارة بين 500°م – 1000°م تحدث عمليـة الإنحـلال (Dissociation) الحراري لمركبات الكربونـات مثـل كربونـات الحديدوز التى تتحول إلى أكسيد الحديدوز وثاني أكسيد الكربون .

$$FeCO_3 \xrightarrow{\Delta} FeO + CO_2$$

يتحول بعد ذلك أكسيد الحديدوز إلى أكسيد الحديديك بفعل الأكسدة .

$$4FeO + 2O_2 \longrightarrow 2\,Fe_2O_3$$

أيضاً فى نفس نطاق درجة الحرارة (1000°C-500°C) تتحول كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) إلى أكسيد كالسيوم وثاني أكسيد الكربون .

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$$

2- باندفاع الهواء الساخن من الفتحات الهوائية الموجودة بأسفل الفـرن يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة إتحاد كربون فحم الكوك مـع أكسجين الهواء الجوي ثم يختزل ثاني أكسـيد الكربـون بواسـطة الكربون المسخن لدرجة الإحمرار إلى أول أكسيد الكربون كلما ارتفع إلى أعلى الفرن طبقاً للأتي :

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$CO_2 + C \longrightarrow 2\,CO$$

3- تختزل أكاسيد الحديد حسب قدرتها على الاستغناء عن الأكسجين المتحد بها وفى درجات الحرارة أعلى من 570°م ، على النحو التالي :

أكسيد حديديك – أكسيد الحديد المغناطيسي – أكسيد الحديدوز ، بمعنى أنه بتعريض هذه الأكاسيد للاختزال فى درجات الحرارة أعلى من 570°م (بغاز أول أكسيد الكربون) فإنها تختزل على النحول التالي :

- يتحول أكسيد الحديديك إلى أكسيد الحديد المغناطيسي

$$3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$$

- يختزل أكسد الحديد المغناطيسي إلى أكسيد حديدوز .

$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3\ FeO + CO_2$$

- يتم اختزال أكسيد الحديدوز إلى حديد .

$$FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2$$

4- ينخفض الحديد الصلب المجزء تجزيئياً (المختزل) إلى الجزء السفلي من الفرن تحت تأثير وزنه نظراً لزيادة كثافته النوعية حيث تبلغ درجة الحرارة فى هذه المنطقة من الفرن حوالي 1200° م والتى هى كافية لإنصهار الحديد والذي يبدأ بدوره فى امتصاص كميات من الكربون مكوناً مصهور الحديد الطفل (Pig Iron) الذي يتجمع في بئر الفرن لأسفل .

5- عند درجة حرارة حوالي 1000°م يتفاعل أكسيد الكالسيوم الناتج من تفكك لحجر الجيري مع الطفل والرمل (SiO_2) المختلط مع خام الحديد مكوناً خبث الحديد (Slag) .

$$CaO + SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3\ (Slag)$$

يطفو الخبث المنصهر فوق سطح الحديد المنصهر لأنه أخف منه ويكون الخبث طبقة على سطح الحديد المنصهر تحميه من التأكسد .

ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية اختزال أكاسيد الحديد إلى أعلى الفرن العالي حيث يتم اختزاله جزئياً بواسطة الكربون المسخن لدرجة الإحمرار إلى غاز أول أكسيد الكربون الذي يكون حوالي 25% من كمية الغازات المتصاعدة فى أعلى الفرن وعلى ذلك فيمكن حرق هذه الغازات فى أبراج معينة واستخدامها فى تسخين الهوا قبل دفعة من أسفل الفرن العالي.

هذا ويمكن تحسين كفاءة وزيادة إنتاج الفرن العالي من الحديد الخام وذلك بخلط الهواء المدفوع من الفتحات الهوائية أسفل الفرن بغاز الأكسجين وفى هذه الحالة لا يحتاج الهواء إلى تسخين شديد قبل دفعه للفرن . ولقد وجد أن الأفران العالية التى تستخدم غاز الأكسجين يزيد مرة ونصف عن عائد الأفران التى تستخدم الهواء المسخن . كما أن استخدام الأكسجين يقلل من استهلاك فحم الكوك بنسبة 25% .

يتميز الحديد الناتج من الفرن العالي باحتوائه على حوالي 93% حديد ، 5% تقريباً كربون ونسبة قليلة من السليكون والمنجنيز والفوسفور والكبريت.

ويحول هذا النوع من الحديد الخام إلى حديد زهري بصهر فى أفران تشبه الأفران العالية بعد خلطه بكميات من الحديد الخردة ، فحم الكوك والحجر الجيري ويسخن الفرن بدفع تيار من الهواء المسخن لدرجات حرارة عالية من فتحات هوائية أسفل الفرن .

أنواع الحديد الزهر

1- الحديد الزهر الرمادي :

ويحصل عليه بتبريد الحديد المنصهر ببطئ ، فينفصل معظم الكربون الذائب على هيئة جرافيت . وهذا النوع من الحديد يتميز بلونه الرمادي نظراً لوجود الجرافيت ولذا فإنه لين ناعم الملمس ، مقاومة للصدمات . ويستخدم هذا النوع من الحديد فى صناعة محركات الآلات الزراعية وأنابيب المياه .

2- الحديد الزهر الأبيض :

وفى هذا النوع من الحديد يترسب الكربون الذائب على هيئة كربيد الحديد (Fe_3C) أو ما يطلق عليه السيمنتيت وهذا النوع من الحديد شديد الصلابة هش ولا يتحمل الصدمات العالية ولذلك فإنه يستخدم فى صناعة أعمدة النور ، أنابيب المياه وقوائم المناضد .

ومن الحديد الزهر الأبيض يمكن تحضير بعض أنواع الحديد والصلب التى تحتوى على نسبة أقل من الكربون واختفاء الشوائب الأخرى كالسيليكون ، الفوسفور ، والمنجنيز .

الحديد المطاوع Wrought Iron :

يعتبر الحديد المطاوع من أنقى صور الحديد حيث أنه يحتوى على نسبة قليلة جداً من الكربون لا تتعدى 0.2% كما أنه خال من السيليكون والفوسفور والكبريت كما يتميز بارتفاع درجة إنصهاره إلى حوالي 1500°م

بينما يمكن أن يلين بتسخينه عند درجة حرارة أقل وعلى ذلك فيمكن تشكيله بعمليتي السحب والطرق كما يمكن لحام قطعه بعضها ببعض .

ويمكن الحصول على الحديد المطاوع بصهر الحديد الزهر فى أفران تسمى الأفران العاكسة مبطنة بطبقة من أكسيد الحديد Fe_2O_3 حيث يدفع تيار من الغازات الساخن على جوانب الفرن وسقفه ويغلب مصهور الحديد الزهر باستمرار للتأكد من ملامسته الدائمة لطبقة أكسيد الحديديك . تتأكسد الشوائب فى هذا الفرن . فيتأكسد الكربون إلى غاز ثاني أكسيد الكربون ويتأكسد الكبريت إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت وتتصاعد هذه الغازات من الفرن . أما شوائب السيليكون والفوسفور فإنها تتحد مع أكسيد الحديديك لتكوين خبث الحديد ويتحول الحديد النقي إلى عجينة لينة ولا ينصهر لارتفاع درجة إنصهاره ، ثم تؤخذ عجينة الحديد على هيئة كرات تعامل بمطارق بخارية خاصة للتخلص من الخبث وهذا النوع من الحديد يقاوم الصدأ بدرجة كبيرة ويستخدم فى صناعة بعض أنواع المسامير والسلاسل والجنازير .

الحديد الصلب Steel Iron :

يمكن الحصول على الحديد الصلب من الحديد الخام الناتج من الفرن العالي بطريقة تعتمد على أكسدة الشوائب الموجودة بالحديد الخام .

طريقة بسمر Bessemer Process :

وهى الطريقة القديمة وفيها يدفع تيار من الهواء أو الأكسجين الساخن خلال الحديد الخام المنصهر داخل محول كبير يعرف باسم محول بسمر (Bessemer Converter) مصنوع من ألواح الحديد ومبطن من الداخل بطبقة من طول السيليكا . ويمكنه احتواء من 40 إلى 50 طن من الحديد

الخام فى العملية الواحدة . والمحول يرتكز على محور دوران أفقى يعطى له حرية الحركة الأفقية والرأسية . ويوجد فى قاع المحول حجرة للهواء ينفذ منها إلى داخل المحول مجموعة من الأنابيب الصغيرة يدفع خلالها الهواء ليقلب شحنة الحديد الخام المنصهر فيعمل على أكسدة الشوائب التى يحتوى عليها . وفى مقدمة الشوائب التى تتأكسد السيليكون والمنجنيز حيث يتحول إلى سيليكات أو فوسفات الكالسيوم أو المنجنيز مكونة خبثاً منصهراً من أعلى المحول .

ويتحول الكبريت إلى ثاني أكسيد الكبريت الذي يتصاعد . أما الكربون فإنه يتحول إلى أكسيد الكربون الذي يشتعل بلهب أزرق عند فوهة المحول ويحترق لتكوين ثاني أكسيد الكربون .

وعندما يتم تحول الحديد إلى صلب . والذي يستدل عليه عندما يختفى لهب أول أكسيد الكربون – يدار المحول حول محوره لمنع دخول الهواء مع استمرار التسخين حتى يتم التخلص من جميع الشوائب .

وتحتاج هذه العملية داخل محول بسمر من 19 إلى 20 دقيقة يمكن بعد تفريغ محتوياته . وطريقة بسمر تعطى حديداً يحتوى على نسبة أقل من 0.3% كربون . وإذا لزم الأمر الحصول على صلب بنسب كربون أعلى فيمكن ذلك بطريقتين : أحدهما تعتمد على وقف تيار الهواء المندفع قبل تمام عملية احتراق الكربون . أما الثانية فتعتمد على إضافة كمية معينة من الحديد الزهر المحتوى على نسبة عالية من الكربون إلى منصهر الحديد الناتج داخل محول بسمر . ثم يدفع تيار من الهواء لفترة وجيزة تسمح بتقليب محتويات المحول .

ويوجد عدة عيوب لطريقة بسمر منها فقد 10% من الحديد تقريباً من الحديد الكلي نتيجة لتأكسده إلى أكسيد حديد الذي ينتج مع الخبث بالإضافة إلى

أن الصلب الناتج يحتوى على كمية ذائبة من الخبث مما يقلل القيمة الفيزيقية للصلب الناتج .

ويستخدم الصلب الناتج بهذه الطريقة فى صناعة المسامير ، الأسلاك ، أعمدة الإضاءة ، حديد التسليح ، ولذلك حلت طريقة جديدة نسبياً وهى طريقة الفرن المفتوح .

أنواع الصلب :

يوجد خمسة أنواع أساسية من الصلب وهم كالآتي :

1- صلب الكربون Carbon Steel

ويشمل هذا النوع من الصلب أكثر من 90% من أنواع الصلب ، هذا النوع من الصلب يحتوى على نسب مختلفة من الكربون ، ويحتوى على نسبة من المنجنيز لا تزيد عن 0.6% ، كما يحتوى على نسبة من النحاس لا تزيد عن 0.6% ، كما يحتوى على نسبة من السيليكون لا تزيد عن 0.6% . يستخدم هذا النوع من الصلب فى صناعة الماكينات ، وهياكل السيارات ، ومباني الصلب المعدنية ... ألخ .

2- سبائك الصلب Alloy Steel

هذا النوع من الصلب يتميز بتركيبة خاصة ، حيث يحتوى على نسب من الفاناديوم ، والموليبيدنيوم ، أو بعض العناصر الأخرى ، كما يحتوى على نسب من المنجنيز ، والسليكون ، والنحاس أكبر من النسب الموجودة فى صلب الكربون . يستخدم هذا النوع من الصلب فى صناعة تروس وأكسات السيارات ، وبعض المعدات التى تتطلب مواصفات خاصة .

3- الصلب منخفض السبيكة عالي المتانة High-Strength Low Alloy Steel:

هذا النوع من الصلب يرمز له بالرمز HSLA ، ويعتبر من أحدث أنواع عائلة الصلب ، ويتميز بقلة تكلفة إنتاجه عن إنتاج النوع السابق من سبائك الصلب ، حيث يحتوى على كميات أقل من المواد غالية الثمن المكونة للسبيكة.

وينتج هذا النوع للاستخدامات الخاصة ، حيث يتمتع بمواصفات صلابة عالية وخفة الوزن .

4- الصلب المقاوم للصدأ Stainless Steel :

ويحتوى هذا النوع من الصلب فى تركيبه على الكروم والنيكل ، وبعض العناصر الأخرى التى تعطيه بريقاً خاصاً وتجعله مقاوم للتآكل ، أيضاً تجعله مقاوم للأحماض والغازات . ويستخدم هذا النوع فى العديد من الأغراض ، مثل أنابيب وتنكات البترول ، أيضاً فى تصنيع وحدات إنتاج الكيماويات ، والمركبات الفضائية ، والأجهزة والأدوات المنزلية ، وكثير من الأستخدامات الكثيرة .

5- صلب الأدوات Tool Steel :

ويحتوى هذا النوع فى تركيبته على التنجستين ، والموليبيدنيوم ، وعناصر سبائكية أخرى ، لها القدرة على اكساب الصلب متانة وصلابة عالية ، أيضاً تكسب الصلب القدرة على المقاومة للتآكل مما يجعلها تستخدم فى آلات القطع.

الأسئلة

1- أذكر خامات الحديد ؟

2- أشرح العمليات التى تتم لإعـداد الخـام لتحسـين خواصـه الفيزيقيـة والميكانيكية ؟

3- أشرح العمليات التى تتم لتحسين خواص الخام الكيميائية ؟

4- بين مع الشرح الفرن العالي ؟

5- أذكر التفاعلات الكيميائية التى تحدث فى الفرن العالي ؟

6- تكلم بالتفصيل عن أنواع الحديد ؟

7- أذكر مع الشرح أنواع الصلب ؟