القسم الأول

انتاج المعادن الحديدية
و غير الحديدية

obeikandl.com

obeikandl.com

obeikandl.com

obeikandl.com

تنقسم سبائك الحديد والكربون حسب نسبة الكربون فيها ، إلي صلب وزهر ، فالسبائك التي تحتوي علي كربون بنسبة لا تزيد عن 2٪ تعد صلبا ، أما التي تحتوي علي كربون بنسبة أكثر من ذلك فتعتبر من الحديد الزهر . وفي الواقع فإن نسبة الكربون في أنواع الزهر المصهور عنليا تتراوح بين 2,5 – 4,5 ٪ ويستخلص الحديد الزهر في الأفران العالية (ويسمي عند صبة منها بتماسيح الحديد)، أما الصلب فيحصل علية بالتحويل من الزهر .

والجزء الأكبر من الزهر المستخلص في الأفران العالية يستعمل لإنتألج الصلب . كما أن جزءا من هذا الزهر يستعمل لإنتاج المسبوكات الزهر .

1- **المواد الأولية لاستخلاص الحديد الزهر بالأفران العالية** :

هذه المواد هي خام الحيد والوقود والفلكس .

** **خامات الحديد :**

هي خامات طبيعية تحتوي علي مختلف أنواع الأكاسيد الحديدية وما يعرف بأسم المادة العاطلة وهذة المادة العاطلة تتكون عادة من السليكا (SiO_2) والإلومينا (Al_2O_3) وأكسيد المغنسيوم (MgO) وتتحدد صلاحية خام الحديد للإستخلاص بنسبة الحديد فية وبتركيب المادة العاطلة ، وبوجود عناصر ضارة مختلطة بة ومن هذه العناصر .." الكبريت – والفسفور – والزرنيخ وغيرها .

obeikandl.com

و من خامات الحديد الصناعي :-

خام الحديد المغنطيسي :

وهو يحتوي علي الحديد في شكل أكسيد الحديد المغنطيسى (Fe3 O4) ونسبة الحديد في هذا الخام تتراوح عادة بين 45 – 70 ٪ والخام ذو خواص مغناطيسية، شديد الكثافة، أسود اللون، ويوجد هذا الخام في الورال وسيبريا ومقاطعة كورسيك .

خام الهاتيت الأحمر :

وهو عبارة عن أكسيد الحديد غير مائي (Fe2 O3) وتتراوح نسبة الحديد في هذا الخام من 50 – 60٪ ولونة أحمر داكن . وإختزالة أسهل بكثير من خام الحديد المغناطيسي . ويتواجد هذا الخام في حوض كريفوي .

خام الليمونيت (الهماتيت البني) :

وهو عبارة عن أكسيد الحديدالمائي (2Fe2O3.3H2O) ونسبة الحديد فيه من 20- 60٪ ولونة بني ذو صبغات مختلفة . وهو سهل الإختزال مما يجعل إستخلاص الحديد الزهر إقتصاديا حتي الأنواع غير الغنية منة ويوجد في جبال الاورال وحوض ضواحي موسكو .

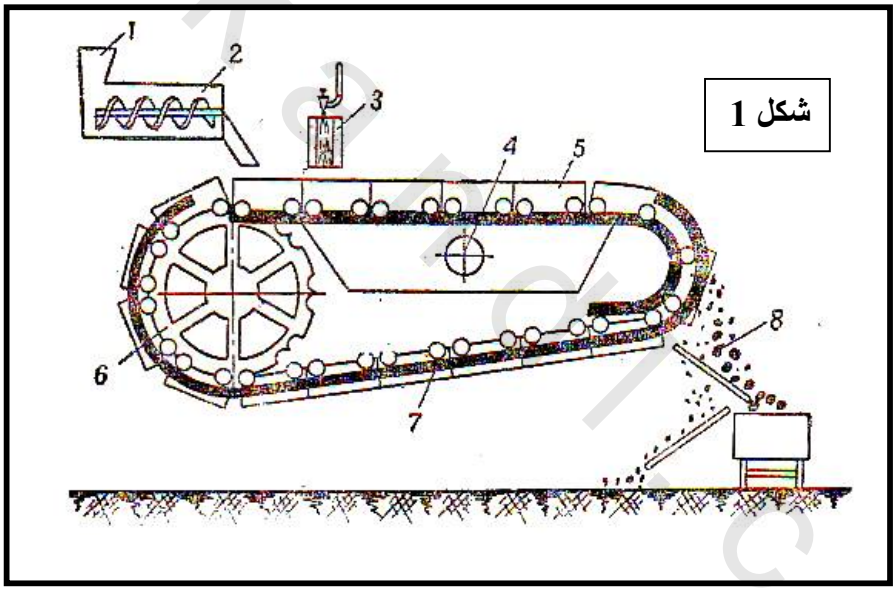
خام كربونات الحديد (السبار) :

وهو عبارة عن كربونات الحديد (Fe2CO3) وتتراوح نسبة الحديد فية عمليا من 30- 42٪ ولونة رمادي مصفر . وخام السبار سهل الإختزال .

obeikandl.com

- تحضير وتركيز الخام :

إن عمليات تحضير الخام وتركيزه التكسيرة الفرز و التجميص والغسيل والتركيز الكهرومغناطيسي والتلبيد ، ويتوقف سير عملية الإستخلاص في الفرن العالي وإستهلاك الوقود وجودة الزهر المستخلص علي حسن تحضير الخام ، ويتم التكسير في كسارات مخروطية أو وجهية ويفرز الخام المكسر علي هزازات أو غرابيل تفصل الأحجار الكبيرة عن الصغيرة ، وهذة الأخيرة فيما بعد يجري تلبيدها أي تجميعها وتسويتها إلي أحجار كبيرة .



شكل 1

الشكل رقم : 1- رسم لتركيب ماكينة تلبيد الخام

1- صندوق 2- الخلاط 3- مشعل 4- غرفة التخلخل 5- عربة 6- ترس محرك 7- قضيب 8- غربال هزاز 0

obeikandl.com

وتفرز الأحجار الكبيرة حجم 30- 100مم الناتجة الي درجات وترسل للصهر . ولجعل الخام مساميا وسهل الإختزال وخاليا من الشوائب الضارة يجري تحميص الخام . ويغسل الخام بالماء إذا كان يحتوي علي نسبة كبيرة من الطين والرمل والطفل .. إلخ فعند الغسيل يحمل تيار قوي من الماء هذة المادة العاطلة بعيدا عن الخام ويركز الخام إذا كان ذا خواص مغناطيسية في مجاهز خاصة تقوم فيها مغناطيسيا كهربائية بالتقاط أجزاء الخام وتلقي المادة العاطلة غير المغناطيسية بعيدا ، أما الأحجار الصغيرة وغبار الخام المتطاير الراجع من قمة الفرن العالي فتلبد للحصول علي أحجار كبيرة . وماكينة التلبيد ي الشكل السابق (رقم 1) عبارة عن جنزير حامل مجموعة من العربات الصغيرة تتحرك في دورة مغلقة وهي تحمل علي القضبان الموجودة علي هذه العربات طبقة يصل سمكها إلي 250مم من خلطة مبللة من الخام والوقود المفتت ويشعل الوقود بواسطة مشعل ويسحب تيار الهواء من أعلي لأسفل وتتولد عند اشعال الوقود درجة حرارتة 1200 – 1300 °م ويتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلي أجزاء كبيرة مسامية تصلح لعملية الصهر في الأفران العالية. وقد بدئ في الوقت الحاضتر في تلبيد ختليط من الخام والوقود والفلكس (الأساسي) للحصول علي مركب مختلط بالفلكس، وترفع هذه الطريقة كثيرا من إنتأجية الأفران العالية وتقلل إستهلاك الوقود عند صهر الحديد الزهر.

الوقود :

الوقود هو مادة عضوية تتكون من جزء قابل للإشتعال وجزء غير قابل للإشتعال (ويسمي بالجزء العاطل) والأجزاء القابلة للإشتعال هي الكربون والهيدروجين أما الجزاء العاطلة فهي

الرطوبة والرماد والكبريت، والكبتريت وإن كانت تتولد عند إشتعالة حرارة، الا أنه يعتبر مادة غير مرغوب فيها لأنة يسئ خواص المعدن عند اختلاطة بة . ويجب علي وقود الفران العالية أن يكون ذا حجم محدد ومتانة كافية، ومقاومة جيدة للإنسحاق . كما يجب ألا ينشق عند درجات الحرارة العالية وأن يحتوي علي أقل كمية من الشوائب الضارة التي يمكن أن تختلط بالمعدن، وأن تتكون عند أحراقة أقل كمية من الرماد، وأن يكون ذا قدرة كبيرة علي توليد الحرارة وثمن رخيص، **ويستعمل أساسا في** الأفران العالية كوقود فحم **الكوك ونادرا الفحم الخشبي** .

فحم الكوك:

هو أهم أنواع الوقود المستعملة للصهر بالأفران العالية ويحصل علي الكوك بالتقطير الإتلافي للفحم الحجري، ويجتري انتاج الكوك في أفران خاصة عند درجة حرارة 1000 – 1100 °م ، والكوك الجيد لونة رمادي فضي فاتح وهو غير ملوث للأيدي، مسامي بشكل واضح وعلي سطحة شقوق، ويحتوي علي 85 – 87٪ كربون و1,5 – 2,0 ٪ كبريت 5 - 9٪ ماء و10- 13٪ رماد والقيمة الحرارية للكوك 7000 – 8000 كيلوكالوري /كجم وتبلغ مقاوتة للإنسحاق 140 كجم /سم2، فتتميز أنواع الكوك الجيد بنسبة ضئيلة من الرماد والرطوبة وبنسبة نوعية صغيرة من الكبريت في تركيبها ومن مزايا إرتفاع قيمتة الحرارية ومساميتة ومقاومتة العالية للإنسحاق والتهشم ورخص ثمنة ، ويستعمل الكوك في الأفران العالية علي شكل قطع يبلغ حجمها من 30- 80مم .

obeikandl.com

الفحم الخشبي :

ويحصل علية بتقطير الخشب في أفران خاصة ، والفحم الخشبي الجيد لونة أسود لامع ويتركب من 80 – 90٪ C ، 10- 12 ٪ (H+O+N) ورماد من 0,6 إلي 1٪ وقيمتة الحرارية 65000 - 8000 كيلوكالوري / كيلو جرام 0والمزايا الأساسية لهذا الفحم (الفحم الخشبي) هي عدم وجود الكبريت وإنخفاض نسبة الرماد أما عيوبة فهي إنخفاض متانتة (نحة 20 كج /سم2) وإرتفاع ثمنة ، ويستعمل الفحم الخشبي عند صهر الأنواع الجيدة من الحديد الزهر فقط

الفلكس :

هو مادة معدنية توضع في الفرن العالي فتتحد مع المادة العاطلة للخام ورماد الوقود مكونة خبثا سهل الإنصهأر ، وعند وجود الشوائب الرملية أو الطينية في الخام يستعمل الحجر الجيري كفلكس أما اذا كانت المادة العاطلة جيرية التكوين فتستعمل بمثابة فلكس مواد تحتوي علي السليكا والكوارتز والحجر الرملي والكوارتزيت ، ويكسر الفلكس قبل الصهر إلي قطع حجمها من30- 80 مم .

3- **الفرن العالي وتركيبة** :

الفرن العالي هو عبارة عن جهاز مركب جبار ، متواصل العمل ، وتصل انتاجيتة الي 2000 طن من الحديد الزهر في اليوم (24ساعة) ولقد وضع العلماء تصاميم للأفران العالية الحديثة وعلي رأسهم العالم الروسي م.أ.بافلوف . وفي الشكل التالي 3 مقاطع

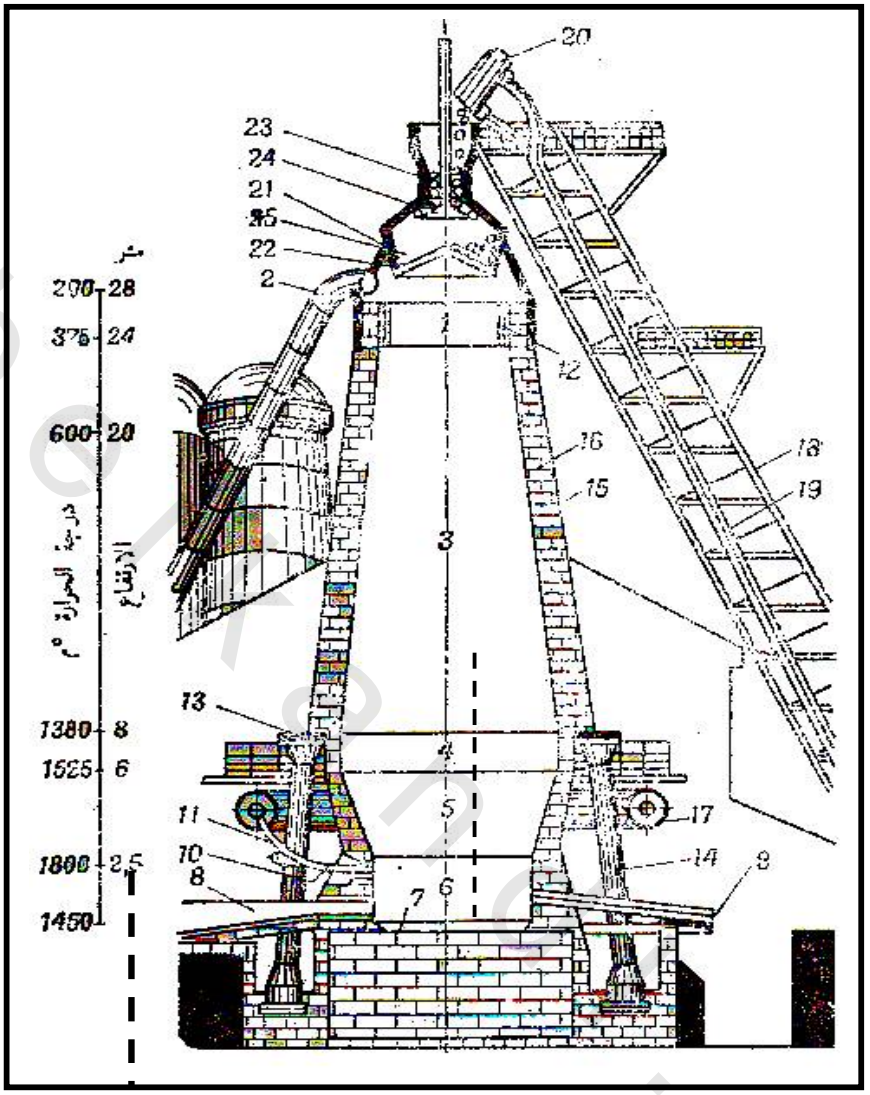
obeikandl.com

تبين التركيب الداخلي لفرن عالي حديث، والجزء العلوي (1) من الفرن يسمي القمة، وبالقمة جهاز ناثر لإنزال الشحنة ومواسير (2) لخروج الغازات (تخرج منها) غازات الفرن العالي ويؤول هذا الجزء إلي مخروطي (3) ويسمي بالقصبة أما أكثر أجزاء الفرن إتساعا (4) فيسمي بمنطقة الإنصهار وتقع تحتة الأكتاف (5) ويليها الكور (6) وهو ذو شكل أسطواني ويسمي قاع الكور (7) القعر، وعلي مستوي القعر توجد قناة صب الزهر (8) وتستخدم لخروج الحديد المنصهر وأعلي منها بقليل قناة (9) لخروج الخبث المنصهر وفي الجزء العلوي من الكور توجد علي محيطه من 12 إلي 18 فتحة مركب بها أجهزة (10) انفخ الهواء (توبير) وبطانة الفرن (16) مصنوعة من الطوب الحراري الشاموت وتركيبة بالتقريب 50-65٪ SiO_2، 35- 42٪ Al_2O_3، 1,5 – 3٪ Fe_2O_3 وتتراوح مقاومتة للحرارة بين 1580 – 1730°م والفرن مغطي بغلاف (15) ملحوم أو مبرشم من ألواح الصلب (الصاج) وتوضع في بطانة الكور القرميدية والأكتاف مواسير (مردات) يجري فيها الماء بإستمرار ويرسل تيار من الهواء الساخن في أنبوبة الهواء (17) فيسير في الأكواع المثنية (11) حتي يصل إلي فتحات دخول الهتواء (التوبير) ويصل الإرتفاع النافع (منطقة التشعيل) للفرن العالي الذي يعمل بالفحم الخشبي إلي 20 مترا والأرتفاع النافع للفرن هو المسافة من قعر الفرن حتي مستويإنزال الشحنة، ويسخن الهواء الذي يدخل إلي الفرن العالي خلال فتحات الهواء (التوبير) في مسخنات للهواء عبارة عن أبراج (1) (شكل3) مبطن بالطوب الحراري ومغطاة من الخارج بغلاف (2) من الصلب وتوجد داخل البرج غرفة الإحتراق 3 وقلب من الطوب (4) بة عدد من القنوات ويمر خليط من غاز الفرن

العالي والهواء الي المسخن خلال الماسورة (5) ويشعل هذا الخليط في غرفة الإحتراق وتخرج نواتج الإحتراق إلي القبة (6) ومنها تسير خلال قنوات القلب وتخرج من المدخنة إلي الجو 0 وبعد تسخين القلب (2- 3ساعات)توقف تغذية الخليط وتقفل المدخنة ويدفع في البرج خلال ماسورة (8) هواء بارد فيسخن عند مروره في القلب الي درجة 800°م ويسير في الأنبوبة (9) إلي مواسير الهواء الساخن المتصلة بالماسورة الحلقية للفرن العالي وتستمر التغذية بالهواء الساخنلمدة ساعة تقريبا .

وتقوم بتغذية الفرن من 3- 5 مستنات للهواء تعمل علي التوالي فيما بينها ، أحدهما (يغذي) الفرن بالهواء الساخن والأثنان الباقيتين في فترة التسخين بالغاز . ويشغل الفرن العالي الحديث في الفترة 24 ساعة كمية ضخمة من المواد الخام ولهذا فجميع العمليات الخاصة بتجهيز الخامات وشحنها تتم ميكانيكيا كماأنهتا مزودة الي حد كبير بوسائل الإدارة الاوتوماتيكية ، ولكي يسير العمل في الفرن سيرا طبيعيا يجب أن تحستب مقدما نسب الخام ولوقود والفلكس المجهزة ويسمي **خليط الخام** والوقود والفلكس بالنسب المحسوبة مقدما (بالشحنة) وتنزيل الشحنة في صناديق للأستقبال توجد بجانب ومنها تنزل إلي عربات – ميزان تحملها بعد الوزن علي عربات صغيرة خاصة (أسكيب) ترفع مع ما تحملة من خام إلي أعلي الفرن بواسطة رافعة مائلى أنظر شكل(1)

obeikandi.com



1- قبة الفرن، 2- ماسورة خروج الغاز، 3- القصبة، 4- منطقة الصهر، 5- الأكتاف ،6- الكور، 7- القعر، 8 - قناة صب الزهر، قناه الخبث، 10- التويير (فتحات الهواء)11- كوع الهواء، 12- حلقات، 13- حلقة السند، 14- مسند، 15- الغلاف الخارجي ،16- البطانة 17- أنبوبة الهواء، 18- رافعة عربات الشحن، 19- قضيب، 20- عربة شحن، 21- القمع الكبير، 22- المخروط الكبير، 23- القمع الصغير، 24- المخروط الصغير، 25- مواد الشحن

ويتكون جهاز النثر (شكل1) المركب بأعلي الفرن العالي من مخروط كبير 22 ومخروط صغير 24 وقمعين 21 و 23 وتشحن مواد الشحنة من العربة 20 (الأسكيب) في القمع الصغير 23 وعندما يكون المخروط الصغير 24 مغلقا وعند أنزال المخروط الصغير الصغير تنساب المواد إلي القمع الكبير 21 وبعد هذا الأخير ينزل مخروطة 22 فتنزل الشحنة إلي الفرن وفي هذا الوقت يكون المخروط الصغير مرفوعا ومغلقا وبهذا يمنع خروج غازات الفرن إلي الجو، وبهذه الطريقة يضمن احكام الفرن أثناء عملية الشحن ونظام الشحن كلة في الأفران العالية الحديثة أوتوماتيكي تماما .

3- عملية الاستخلاص بالفرن العالي :

يوجد في الفرن العالي عند عملية تياران متواصلان متضان الإتجاه فمن أعلي إلي أسفل ينزل الخام وفحم الكوك والفلكس الداخلة إلي الفرن ومن أسفل إلي أعلي تصعد نواتج أحتراق الكوك والهواء الساخن، ويسخن الكوك عند نزول ة بواسطة الغازات الساخنة الصاعدة، وعند تلامسة بالهتواء المدفوع في الجزء الأسفل من الفرن يحترق حسب التفاعل : $C+O2 = CO2+$ 97,65 Kcal وعند إحتراق الكوك ترتفع درجة الحرارة إلي 1600 – 1750 °م ويتفاعل ثاني أكسيد الكربون المتكون مع الطبقات الجديدة من الكوك المتوهج فيختزل إلي أول أكسيد الكربون حسب التفاعل :

obeikandl.com

$CO2 + C = 2CO - 37,7lKCal$ ويصعد الخليط الغاز المتوهج الذي يتكون من أول أكسيد الكربون وحامض الكربونيك وأزوت الهواء إلي أعلي فيتلامس مع مواد الشحنة ويسخنها بإسمرار مما يخلق في أجزاء الفرن المختلفة مناطق حرارية مختلفة، فعند القمة والجزء الأعلي من القصبة يجف الخام النازل وتظهر به شقوق وفي الجزء الأوسط من القصبة وما تحتها عند درجة حرارة 400 – 900 °م يتفاعل أول أكسيد الكربون مع الخام فيختزلة تدريجيا حسب التفاعلات الأتية :

$$3Fe2O3+CO = 2Fe3O4 +8870\ Cal$$

$$2Fe3O4 + 2CO + 6FeO + 2CO2 - 9980Cal.$$

$$6FeO + 6CO = 6FeO + 2CO2 + 19500$$

ومن العوامل المختزلة أيضا لخام الحديد اكربون الصلب الذي يتكون نتيجة لتفكك CO حسب المعادلة $2CO = C+CO2$ ويتم اختزال الخام بواسطة الكربون حسب التفاعل الأتي :

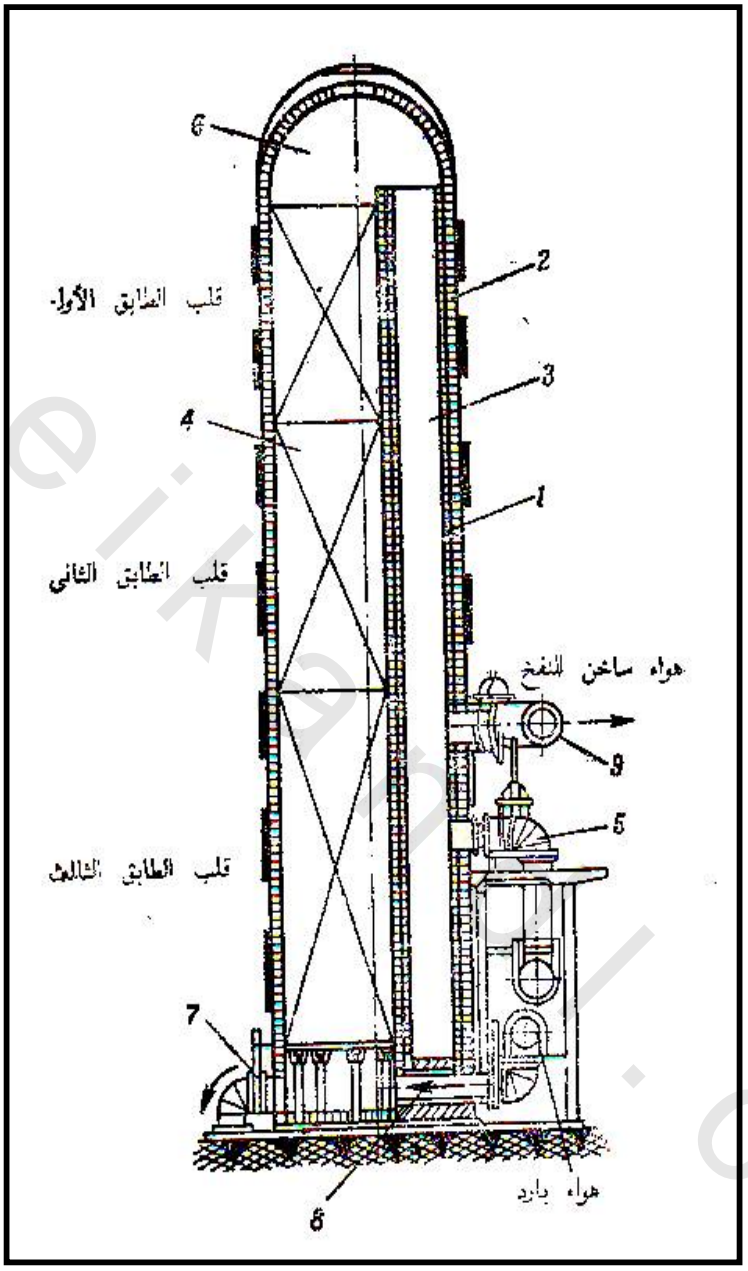
$$FeO + C= Fe + CO — 34460Cal$$

وتبدأ القطع الكبيرة من الحديد المختزل في الإنصهار فتكون كتلا من الحديد المسامي وفي منطقة الأكتاف عند درجة حرارة من 1100 إلي 1200°م تقريبا يختزل المنجنيز والسليكون والفسفور ثم تذوبهذه الشوائب في الحديد ويتم تشبع الحديد بالكربون عند تكوين كربيد الحديد حسب المعادلة التالية : $3Fe + 2CO = Fe3C + CO2$.

obeikandl.com

ويذوب كربيد الحديد المتكون وكذلك الكربون الصلب في الحديد المسامي الذي يتحول نظرا لهذا التشبع الي زهر، وتذوب في الحديد كذلك المركبات الكبريتية بالخام والكوك، ويسمي الحديد المذاب بة كربون وسليكون، ومنجنيز وفوسفور وكبريت بالزهر، وتظهر في منطقة الأكتاف فطرات من الزهر المنصهور تنساب تدريجيا إلي الكور، وكما بينا سابقا فهناك مادة عاطلة بالخام وهذه المادة العاطلة صعبة الإنصهار جدا، ولخفض درجة إنصهارها يضاف الي الشحنة الحجر الجيري، ويكون الحجر الجيري بتفاعلة مع المادة العاطلة (أو بأنصهاره معها) الخبث .

obeikandl.com



مسخن الهواء (شكل 2)

يـزوب في الخـبث جـزء مـن المـواد الضـارة (الكبريتيـة والفوسفوريـة) والرمـاد ، ويسـمي الخـبث الـذي يحتـوي عـلي نسـبة كبيرةمن ثاني أكسيد السليكون SiO2 حمضيـا ، عنـد إرتفـاع نسـبة أكسـيد الكالسيـوم CaO في الخـبث فيسـمي قاعديـا ، وكلمـا كـان الخـبث أكثـر قاعديـا كلمـا سـاعـد أكثـر عـلي تخلص الحديد الزهـر من الكبريت، وينسـاب الخـبث عـلي شـكـل قـطرات كـالحـديد إلـي أسفـل الفـرن العـألي، ولـمـا كـان الـون النوعي للخبث أقل مـن الوزن النـوعي للحـديد الزهـر، فـإن الخـبث المصهـور يطفـو فـوق الحـديد الزهـر المصهـور، ويخـرج الحـديد الزهـر مـن الفـن العـالي مـن القنـاة السفـلي المسمـاة بقنـاة الحديد الزهـر 8 (شـكل "1") أمـا الخـبث فيخـرج خـلال الفتحةالعليـا المسماة بقناة الخبث 9 .

ويجمـع الخـبث مـرة كـل سـاعـة تقريبـا ، ويحمـل الخـبث المجمـتع في حمـلات الخبث الي مـكـان تحويلة التـالي، أمـا الحديـد فيجـري إستخراجـة 6 مـرات تقريبـا كـل 24 سـاعـة ولإستخـراج الحديـد يـوقف تيـار الهـواء وتثـقب سـدادة قنـاة الحـديد الزهـر، فينسـاب الحـديد الزهـر المصهـور في الميـازيب إلـي بـوادق كبيـرة مبطنـة (مآخذ المعادن) نسمي كذلك بالخلاط، ويحمل فيها إلي مـكـان إستعمـالـة، ويذهـب جـزء كبيـر مـن الحديد الزهـر في حالتة السائـلة إلـي ورشةصهـر الصـلب، أمـا الجـزء البـاقي فيسـبك في متكينـات السأبك للحصول علي حديد التماسيح .

وأهم دليل فنى اقتصادى على كفاءة عمل الفرن العالى هو معامل استغلال سعته النافعة K و هو نسبة السعة النافعة للفرن V

obeikandi.com

بالامتار المكعبة الى انتاجه فى فترة 24 ساعة بالطن T . و المعامل K يساوى :

$$K = \frac{V}{T} \quad m^3/t$$

فكلما قل K كلما زاد مقدار الحديد الزهر المستخلص بكل متر مكعب من حجم الفرن، و بالتالى فكلما قلK كلما زادت انتاجية الفرن . و باستعمالالطرق المتقدمة التى يطبقها خبراء الافران العالية السوفييت يمكن الوصول الى قيمة متوسطة للمعامل K بنحو 0.65

ويقوم الصناع المجددون فى الانتاج بتطبيق الاجراءات التالية للحصول على افضل استغلال للسعة النافعة للفرن :

1- شحن الفرن بخام وكوك مجهزة بالاحجام المناسبة .

2- الاحتفاظ بدرجة حرارة عالية و ثابتة بالافران .

3- استخدام اجهزة المراقبة و القياس الاوتوماتيكية لتسجيل دلائل سير العمل فى الفرن .كما يوجه المجددون عناية خاصة لمكننة العمليات التى تطلب جهدا كبيرا للتحكم فى الافران العالية .

و قد بدىء فى السنوات الاخيرة فى دفع هواء غنى بالاكسجين الى الفرن و ذلك مما يزيد من انتاجية الافران العالية . و لتزويد العمليات المتالورجية بالكمية اللازمة من الاكسجين فقد عكف الخبراء فى الوقت الحاضر على تجهيز تركيبات لتحضير الاكسجين تنتج من 10000 – 30000 م3 / ساعة .

obeikandi.com

4- **نواتج الفرن العالى** :

من نواتج الفرن العالى – الحديد الزهر و الخبث و غاز الفرن العالى . و الحديد الزهر هو الناتج الاساسى لعملية الصهر فى الفرن العالى، و ينقسم الحديد الزهر للفرن العالى حسب تركيبه الكيميائى و استعماله الى حديد زهر للسباكة و حديد زهر للتحويل و حديد زهر خاص . كما ينقسم حسب نوع الوقود المستعمل الة حديد زهر الكوك و حديد زهر الفحم الخشبى .

1) حديد زهر السباكة يستعمل للحصول على مسبوكات زهر فى ورش سباتكة الزهر . و يتراوح تركيب زهر السباكة المنتج فى الافران العالية فى الحدود التالية :

سليكون 1.25 – 4.25 ٪ ، منجنيز 0.5 – 1.3 ٪ ، فوسفور الى 0.3 ٪ ، كبريت الى 0.7 ٪ و ترقم انواع زهر السباكة بالارقام JIK-00، JIK-0 ، JIK-1 ، JIK-2، JIK-3، JIK- . وفى هذا الترقيم كلما زاد الرقم الموجود فى الترقيم كلما كانت نسبة السيليكون اقل ،فنسبة السيليكون فى JIK-00 مثلا من 3.76 – 4.25٪ و فى الزهر JIK-4 نسبة السيليكون 1.25– 1.7 ٪ .

2) حديد زهر التحويل و هو الزهر الذى يحول الى صلب و يسمى هذا حديد الزهر الابيض حسب طريقة التحويل اما بحديد زهر مارتن (م) او حديد زهر باسمر (ب) او حديد زهر توماس (ت) .

والجدول التالى (1) يبين التركيب التقريبى لانواع الحديد الزهر للتحول ومنه نرى ان بهذه الانواع نسبة صغيرة من السيليكون و نسبة كبيرة من المنجنيز،وعلى الاخص فى حديد زهر مارتن ،ويوجد الكربون فى هذه الانواع فى حالة متحدة مع الحديد ولهذا فهو ذات ميكسر ابيض وكثيرا ما يسمى بالحديد الزهر الابيض .

obeikandi.com

3) احديد الزهر الذى يحتوى على نسبة كبيرة من السيليكون او المنجنيز و المسمى بالسبائك الحديد و تستعمل سبائك الحديد كاضافات خاصة عند انتاج الصلب و كذلك عند انتاج المسبوكات من الزهر . و فى جدول (1) ترد تركيبات انواع زهر التحويل و زهر السبائك و الانواع الخاصة من الزهر و كذلك شبائك الحديد المستخلصة فى الافران العالية .

جدول رقم 1

تركيب حديد الزهر التحويل **وسبائك الحديد المنتجة فى الافران العالية**

أنواع الحديد	السيليكون	المنجنيز	الفوسفور	الكبريت
حديد تحويل (م)	0.3- 0.5	1.5- 3.5	حتى0.3	حتى0.07
حديد تحويل (ب)	0.9- 2	0.6- 1.5	حتى0.07	حتى0.06
حديد تحويل (ت)	0.2- 0.6	0.8- 1.3	حتى1.6- 2	حتى 0.8
حديد سباكة الحديد: حديد- سليكون (فروسيليكون)	9- 13	3	0.2	0.04
حديد –منجنيز (كرومنجنيز)	2	70- 75	0.35- 0.45	0.03

4)خبث حديد الافران و يستعمل لانتاج طوب الخبث و كتل الخبث و الاسمنت الخبثى كما يحصل من الخبث الحامضى على صوف الخبث الذى يستعمل عازل حرارى لرداءة توصيله للحرارة .

5) غاز الفرن العالى و يستعمل بعد تخليصه من الغبار كوقود لمسخنات الهواء و الغلايات و غيرها من التركيبات الصناعية و النسب المتوسطة لمركباته هى : 27٪ co، 12٪ co2، 2٪ H2، 0.5 ٪ CH4، 58 ٪ N2. و قيمته الحرارية نحو 1000 كالورى /م3 و يعد هذا الغاز من الغازات الفقيرة من حيث القيمة الحرارية .

obeikandi.com

obeikandl.com

الباب الثانى

انتاج الحديـــد الصلـــب

obeikandl.com

obeikandl.com

المادة الخام الاساسية لانتاج الحديد الصلب هى حديد زهر التحول و كذلك الحديد الخردة و يجب ان يكون نسبة الكربون والمواد المختلطة الاخرى فى الصلب اقل بكثير منها فى الحديد الزهر ويتوصل لى ذلك بأكسدتها فى عملية التحويل و من الطرق الحديثة لانتاج الصلب :

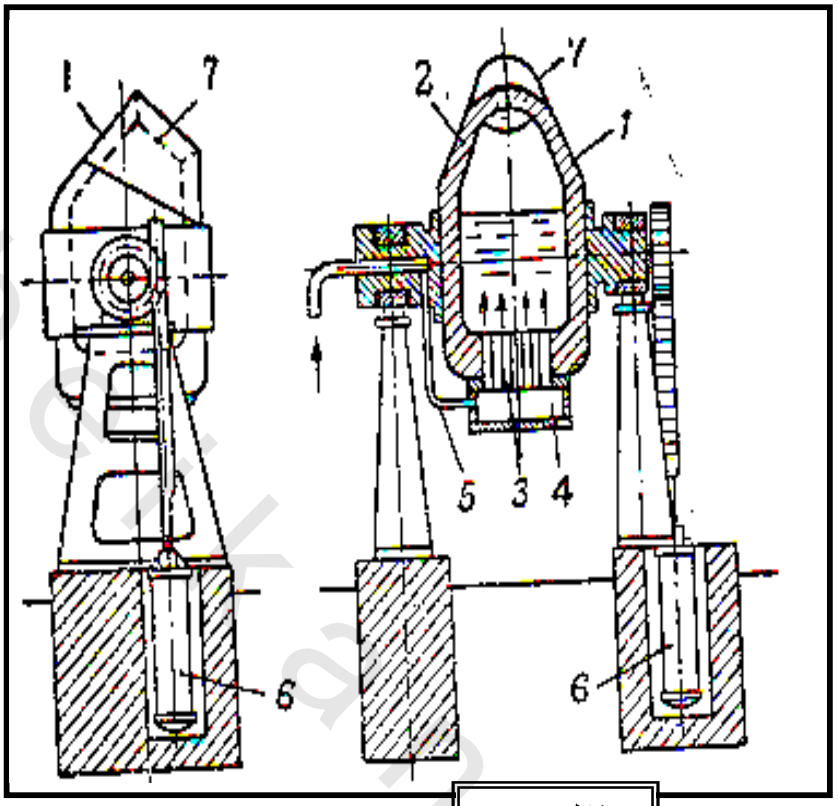
1- طريقة التحويل . 2- انتاج الصلب فى افران مارتن .

3- انتاج الصلب فى الافران الكهربائية .

1- **طريقة التحويل** :

و قد اقترحت هذه الطريقة المتالورجى الانجليزى هـ. بسمر 1855، و هى مبنية على نفخ الهواء المضغوط خلال الحديد الزهر المصهور المصبوب فى وعاء خاص يعرف بالمحول، و المحول عبارة عن وعاء 1 كمثرى الشكل كما هو مبين بالشكل التالى مبرشم من صفائح الصلب (الصاج) سمكها 15 – 30 مل و التجويف الداخلى (2) للمحول مبطن بمادة مقاومة للحرترة (بطانة) سمكها نحو 300 مم و السعة النافعة للمحول تصل الى 30 طن و يدخل الهواء خلال القاع القابل للتغيير (3) الذى له نحو 300 فتحة و هذه الفتحات مغلقة من أسفل بواسطة الصندوق (4) الذى يدخل فيه الهواء عن طريق المحور المجوف و الكوع (5) و تقوم تركيبة خاصة بادارة المحول الى الوضع الافقى لشحنه بالمعدن او لصب الصلب الجاهز خلال العنق (7) و عند صهر الصلب يدار المحول الى الوضع الرأسى و فى هذا الوضع تكون تغذية الهواء على أقصاها 1.5 – 2.5 ض. جـ و يكون التحويل حامضيا او قاعديا حسب التركيب الكيميائى للحديد الزهر المحول .

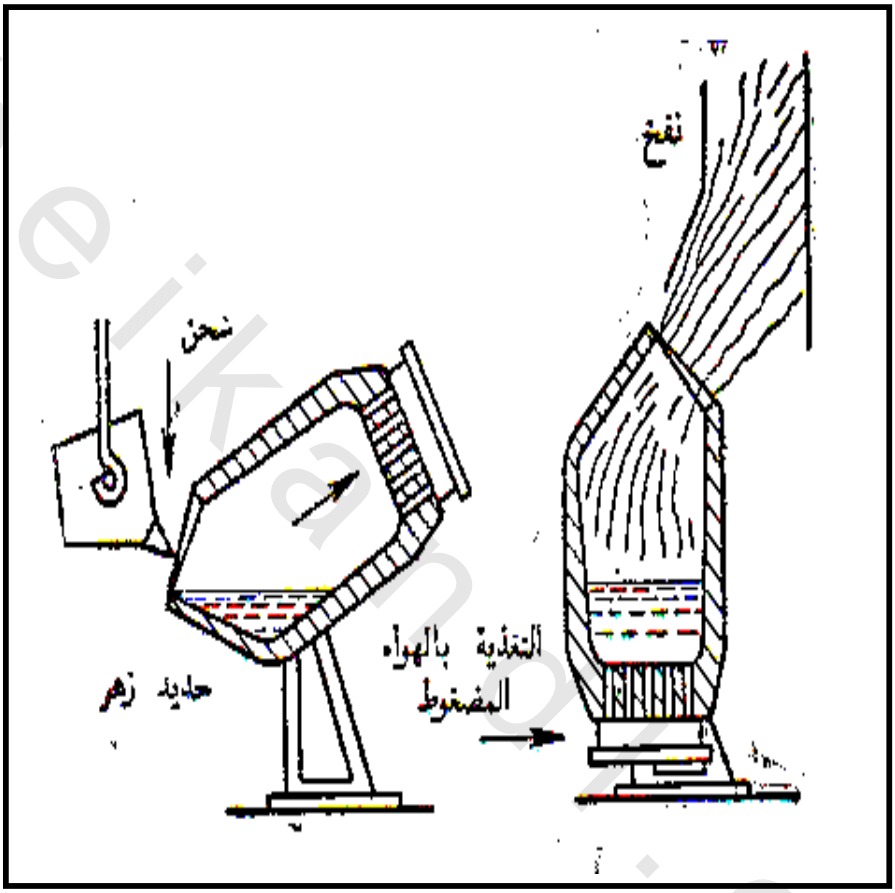
obeikandi.com



شكل (3)

و يجرى التحويل الحامضى و يسمى بطريقة بسمر فى محول ذو بطانة حامضية من الطوب الديناسى المجهز من مادة مقاومة للحرارة تحتوى من 90- 97٪ سيليكا و لما كانت البطانة الحامضية تتآكل عند تعرضها للخبث القاعدى فلا يمكن ان تحول بطريقة (بسمر) الى انواع الحديد الزهر السيليكى التى تعطى خبثا حامضيا بالاضافة الى ذلك فان الحديد الزهر المحول يجب ان يحتوى على الاقال كمية ممكنة من الفوسفور و الكبريت، لانه لا يمكن تخليص الصلب من هذه المواد عند التحول لعدم وجود خبث قاعدى .

و قبل أن يبدأ نفخ الهواء فى المحول، يوضع فى الوضع الافقى شكل (4) و يسخن، ثم يملا بالحديد الزهر السائل الى 1/3 حجمه تقريبا . وبعد ذلك يبدأ نفخ



شكل (4) المحول فى وضع الصب ووضع النفخ

الهواء و يدار المحول الى الوضع الرأسى (العامل)، و تنقسم عملية التحويل الى ثلاث مراحل متميزة :

المرحلة الاولى :

و تتميز بظهور شرر كثير عند عنق المحول و يفسر ظهور الشرر بالتأثير الميكانيكى لتيار الهواء على الحديد الزهر المصهور الذى تتطاير قطرات منه و تحرق فى الهواء بشكل نجوم مضيئة و فى هذه المرحلة تبدأ الاكسدة الشديدة للمواد المختلطة بالحديد الزهر المصبوب نتيجة لتفاعل اكسيد الحديد المتكون مع السيليكون والمنجنيز المختلطين بالحديد و تتم هذه العملية حسب التفاعلات التالية :

$$Fe + ½\ O2 = Fe\ O + 64430\ Cal$$

$$2Fe\ O + Si = SiO2 + 78990\ Cal$$

$$Fe\ O + Mn = Fe + Mn\ O\ 32290\ cal$$

و يصحب أكسدة السيليكون توليد كمية كبيرة من الحرارة و ارتفاع حاد لدرجة حرارة المعدن .

المرحلة الثانية :

و تبدأ عند ارتفاع درجة الحرارة الى 1500 ^{o} م، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون :

$$Fe\ O + C = CO + Fe - 34460\ Cal$$

و يسبب تكوين اول غليانا شديدا للمعدن و يظهر عند عنق المحول لهبا ابيض خاطف نتيجة لاتمام احتراق اول اكسيد الكربون فى الهواء الى ثانى اكسيد الكربون

$$CO + ½\ O2 = CO2$$

المرحلة الثالثة :

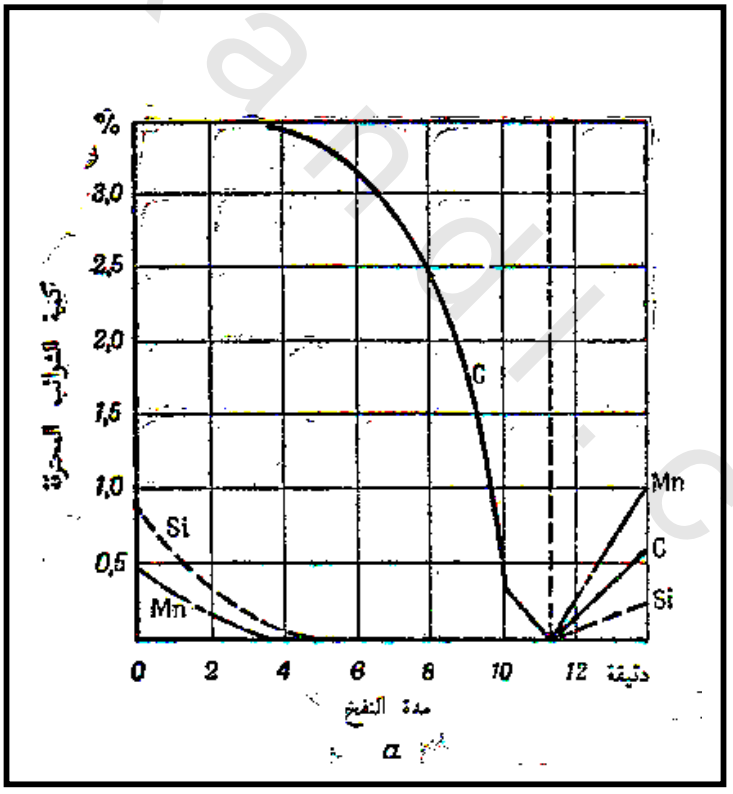
وتتميز بظهور دخان بنى داكن و هو دليل على تأكسد شديد للحديد و عندئذ توقف العملية و يدار المحول الى الوضع الافقى و يدار

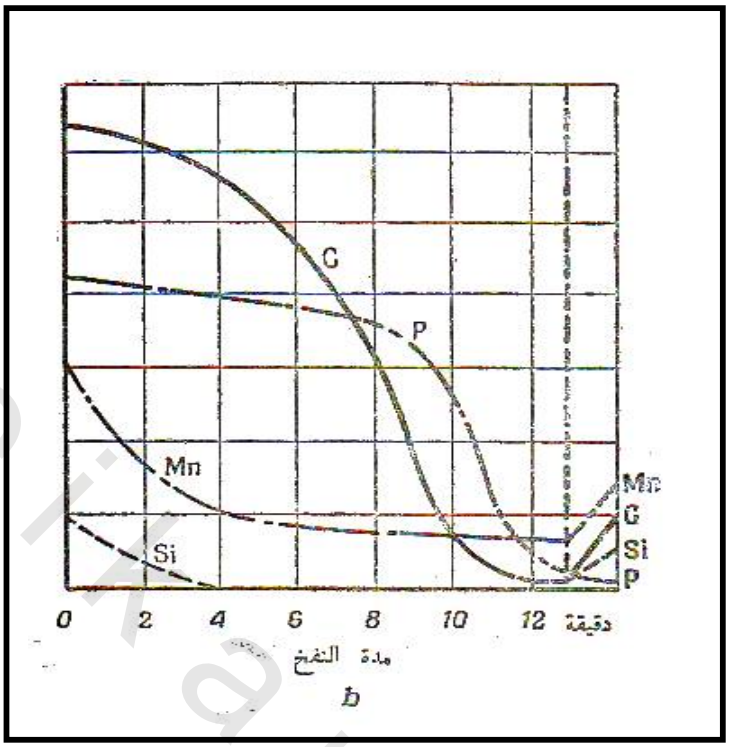
obeikanal.com

الهواء تدريجيا و يحتوى المعدن بعد نفخ الهواء خلاله على كمية كبيرة من اكسيد الحديد الذائب الذى تقلل كثيرا من جودته و لاختزال الصلب تضاف سبائك الحديد كحديد المنجنيز مثلا و يتم الاختزال حسب التفاعل :

$$Fe\,O + Mn = Fe + MN\,O$$

ويمكن الحصول على صلب يحتوى على النسبة المطلوبة من الكربون حسب كمية سبائك الحديد الزهر الخاص المضاف و تستمر عملية نفخ الهواء فى المعدن 10 – 15 دقيقة و بعد ذلك تؤخذ عية للتحليل ثم يصب الصلب الجاهز فى بوتقة و فى شكل (a 5) منحنيات احتراق المواد المختلفة للحديد فى عملية بسمر .





شكل رقم (5) رسم بيانى لاحتراق الشوائب عند تحويل الصلب (a) فى محول ذى بطانة حامضية و (b) فى محول ذى بطانة قاعدية

طريقة توماس :

و قد اقترحها فى سنة 1878 الانجليزى توماس وتستعمل لتحويل حديد الزهر المحتوى على نسبة كبيرة من الفوسفور و تصنع بطانة محول توماس من الدولوميت و هو مادة مقاومة للصهر و تركيبها $MgCO3.CaCO3$ وسعة محول توماس اكبر بقليل من سعة محول بسمر والسبب فى ذلك هو ضرورة شحن المحول بالجير و يشحن الجير فى بدأ العملية فى المحول المسخن بكمية تقرب من 10 – 15 ٪ من وزن المعدن ثم يصب الحديد الزهر و يرسل تيار الهواء خلاله .و فى الشكل

(5 b) رسم بيانى لاحتراق المواد المختلطة بالحديد الزهر فى عملية توماس .

و فى عملية التحويل القاعدى تتولد الحرارة اللازمة نتيجة لتأكسد السيليكون كما يحدث فى العملية الحامضية و لكن نتيجة لاحتراق الفوسفور فى المقام الاول و يصحب تأكسد الفوسوفر توليد كمية كبيرة من الحرارة و ارتفاع كبير من درجة الحرارة :

$$2P + 5Fe\ O = P2\ O5 + 5\ Fe + 46900\ Cal$$

ويتحد ختمس اكسيد الفوسفور المتكون مع الجير :

$$P2\ O5 + 4Ca\ O = (Ca\ O)\ 4.\ P2\ O5$$

و يعد نفخ تيار الهواء يقشط الخبث و تضاف المواد المختزلة و تستمر العملية نحو 20 دقيقة و الخبث القاعدى يحتوى على 25 ٪ تقريبا من خامس اكسيد الفوسفور و يستعمل كسماد زراعى و يجب ان تحتوى فى انواع زهر الفرن العالى المستعملة للتحويل القاعدى على نسبة صغيرة من السيليكون (انظر جدول رقم 1 حديد ت) لان السليليكون يتأكسد عند الصهر الى Si O2 و يكون خبثا حامضيا يسبب تآكل البطانة القاعدية للمحول .

و تمتاز طريقة التحويل بارتفاع انتاجية المحول و صغر حجمه وببساطة عدم الحاجة الى وقود اذا ان الوصول الى درجة حرارة عالية يكون على حساب كمية الحرارة المتولدة فى عملية تأكسد العناصر و هذا كله يجعل تكاليف الصلب الناتج زهيدة و العيوب الجوهرية لهذه الطريقة هى استحالة تحويل الكمية الكبيرة من الحديد الخردة و تحويل انواع الزهر ذات التركيب المحدد و التآكسد الكبير للمعدن (5 – 10 ٪) و صعوبة تنظيم عملية و وجود نسبة كبيرة منأكسيد

الحديد و الازوت فى الصلب مما يخفض من جودته و يعتبر صلب محولات من انواع الصلب ذات الجودة العادية و يستعمل لانتاج صفائح الصلب و المواسير الملحومة و الكمرات ذات المقاطع المختلفة و الاسلاك و غيرها من المنتجات التى تتطلب لانتاجها كمية كبيرة من المواد الرخيصة . و قد أدخل فى السنوات الاخيرة فى عملية التحويل نفخ تيار من الاكسجين بدلا من الهواء مما يزيد من سرعة العملية و يرفع انتاجيتها . و الصلب المحول الناتج عند استعمال تيار الاكسجين يقارب فى جودته صلب عملية مارتن . ان الاستخدام الواسع للاجهزة و العدادات الاوتوماتيكية التى تراقب و تنظم عمليات الصهر فى المحولات يحسن نوعية الصلب كثيرا و يجعل هذه الطريقة فى صهر الصلب اكثر تطورا و بانتهاء مشروع السنوات السبع فقد انتشر انتاج الصلب فى المحولات فى الاتحاد السوفييتى انتشارا واسعا.

2- **طريقة مارتن** :

تتميز طريقة مارتن لانتاج الصلب عن طريقة التحويل بكونها لا تسمح بتحويل الحديد الزهر (السائل او حديد التماسيح) فحسب بل ويمكن بواسطتها كذلك اعادة صهر اجزاء الماكينات التى اصبحت غير صالحة للعمل والمتراكمة فى المصانع وكل الانواع الممكنة من خردة المعادن الحديدية . و يصهر نحو 85 ٪ من الصلب فى الاتحاد السوفييتى بطريقة مارتن . و يصل طول الافران المارتنية الكبيرة الى 25 متر و عرضها الى 7 أمتار و تتراوح سعة الافران من 20 – 500 طن . و شكل (6) يوضح تركيب فرن مارتن .ويتكون الفرن من مكان التشغيل A حيث تصهر الشحنة، و شبابيك الشحن 1 لادخال المواد . و الرأسين B، B1 التى تتجه منها قنوات الى مسترجعات الحرارة 3، 4،

obeikandl.com

5، 6 و هذه الاخيرة عبارة عن غرف ذات قلب من الطوب الحرارى المصفوف على شكل يشبه القفص . والهدف منها استعمال الحرارة الزائدة فى عمليات الصهر .

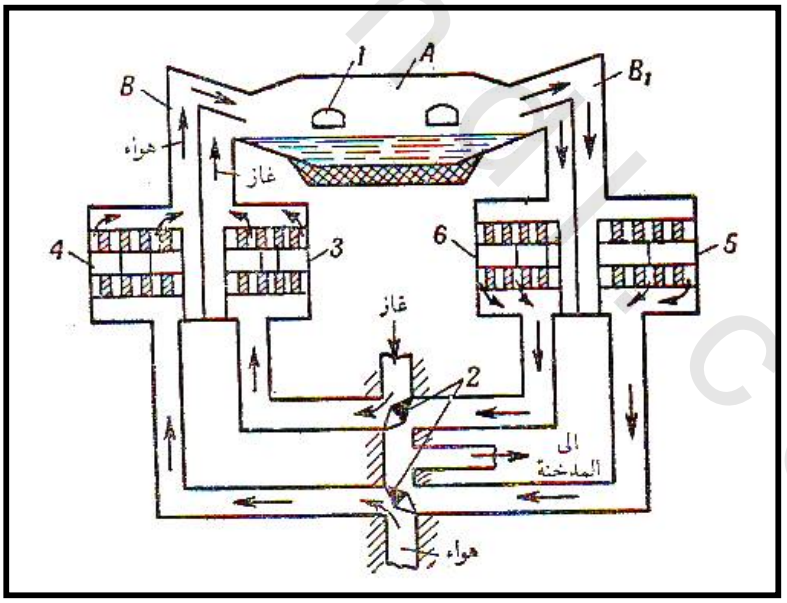
و فى الوضع المبين بالشكل للصمامين 2 يسير الهواء و الغاز فى قنوات منفصلة الى الرأس B ويمر الغاز بمسترجع الحرارة 3 بينما يمر الهواء بالمسترجع 4 . و عند خروج الخليط الساخن من الرأسين يشتعل معطيا لهبا طويلا زاحفا يسخن مكان التشغيل بالفرن حتى 1200 º م . و تخرج النواتج المتوهجة للاحتراق خلال الرأس B1 الى المسترجعين 5، 6 حيث تترك كمية من الحرارة للقلب ثم تتجه الى القناة المؤدية الى المدخنة . و بعد تسخين المسترجعات يدار الصمامان 2 بزاوية 90 º فيغير الهواء و الغاز اتجاههما ويمران بالقلب الحار للمسترجعين 5، 6 حيث يسخنا حتى 110 – 1200 º م و يدخلان بهذه الدرجة الى مكان تشغيل الفرن حيث يختلطان و يشتعلان فيرفعان درجة حرارة الفرن الى 1800 º م . و تخرج نواتج الاحتراق من الفرن خلال الرأس B الى المسترجعين 3، 4 حيث يسخن قلبيهما ثم تذهب الى القناة المؤدية الى المدخنة . و بعد 20 – 30 دقيقة يعاد الصمامان الى الوضع السابق و تتكرر الدورة، وقد اتسع فى الوقت الحاضر استخدام التحكم الاوتوماتيكى فى النظام الحرارى بالفرن . و توضع لهذا الغرض فى الاماكن الملائمة اجهزة تقوم بتسجيل درجة الحرارة مما يضمن تحقيق الظروف الحرارية المطلوبة .

ويجرى اخراج الصلب الجاهز خلال فتحات الخروج بالحائط الخلفى للفرن (لا ترى بالرسم)، و عند عمل الفرن بالوقود السائل يكون به مسترجعان للحرارة فقط لتسخين الهواء، و افران مارتن

obeikandi.com

يمكـن ان تكـون حامضـية او قاعديـة حسـب نـوع الطـوب الحـرارى المستعمل فى التبطين و تصنع قبب و ردوس الافران الحامضية القاعدية من الطوب الكرومى المنجنيزى، الذى يتحمل جديدا التقلبات الحداة لدرجة الحرارة .و هنـاك عـدو انـواع مـن عمليـات الصـهر بطريقـة مـارتن حسب كبيعة المواد الاولية للعملية . واهم هذه الانـواع هـى عمليـة الخـام و عمليـة الخـردة، وتسـتعمل عمليـة الخـام فـى ورش افـران مـارتن بالمصـانع المتالورجية . و فى هذه العملية يحول اتلديد الزهر المنصهر معاضافات من خام الحديد و بقايا الانتاج المتالورجى .

اما عملية الخردة فتستعمل فى ورش افران مـارتن بمصـانع بنـاء الماكينـات التـى تمتلـك كميـة كـبيرة مـن نفايـات الانتـاج . و يكـون تركيب الشحنة المحولة فى هـذه الحالـة مـن 60 – 80 ٪ خـردة (نفايـات الانتاج، وخردة المعادن الحديدية (و 20 – 40 ٪ من حديد التماسيح)



شكل رقم 6 يبين رسم تخطيطى لتركيب فرن مارتن

عملية خام (القاعدية) :

يصهر بهذه الطريقة الجزء الاكبر من الصلب المنتج جميعه. و فى بداية العملية يلقى فى الفرن المسخن بالدولوميت المحمص لتحمية قاع الفرن و جوانبه المائلة ، و بعد ذلك تشحن المواد الصلبة بالشحنة بترتيب معين، و كذلك الجير اللزم لتحويل الفوسفور و الكبريت الى خبث و تتم عملية شحن المواد الاولية بواسطة ماكيمة للشحن باعتبارها عملية تتطلب جهدا كبيرا و بعد تسخين المواد الصلبة يصب الحديد الزهر السائل، و عملية صب الحديد الزهر السائل مثلها مثل عملية شحن المواد الصلبة تتم ميكانيكيا و اثناء سير العملية يبدأ سطح المعدن المصهور فى التأكسد بواسطة اكسجين غازات الفرن و يتغطى تدريجيا بطبقة من الخبث و يذوب اكسيد الحديد Fe O المتكون فى المعدن المنصهر و يتفاعل مع مواد الشحنة :

1- 2 Fe O + Si = Si O2 + 2 Fe + 78990 Cal

2- Fe O + Mn = Mn O + Fe 32290 Cal

3- Fe O + C = Fe CO – 34460 Cal

4- 5 Fe O + 2 P = P2 O5 + 5 Fe +46900 Cal

ويتحد الجير الموجود بالشحنة مع P2 O5 مما يساعد على تخليص الشحنة من الفوسفور :

P2 O5 + 4 Ca O = (Ca O) 4 P2 O5

وبالمثل فوجود كمية كافية من اكسيد الكالسيوم فى الخبث يضمن تحويل الكبريت الى خبث :

Fe S + Ca O = Fe O + Ca S

obeikandl.com

وكما نرى التفاعلات 1- 4 اعلاه، فان اكسيد الحديد FeO هو المصدر الوحدي للاكسجين بحمام المعدن المنصهر المغطى بطبقة من الخبث . ويضاف خام الحديد عدة مرات لمضاعفة سرعة عمليات الاكسدة . و العلامات المميزة الدالة على السير الطبيعى للعملية هى الغليان و هىالفترة التى يتم فيها التأكسد الشديد للكربون .

و يساعد الغليان على تقليب المعدن و خروج الغازات و التوزيع المتساوى للحرارة على عمق حمام المعدن كله .وتؤخذ اثناء سير العملية عينات عدة مرات يمكن منها الحكم على التركيب التقريبى للصلب . وفيما عدا العينات يجرى تحليل عاجل للمعدن و الخبث يحدد تركيب الصلب الكيميائى بدقة خلال 3- 5 دقائق . وقبل نهاية الصهر يزاح الخبث و تضاف المواد المختزلة . و للحصول على انواع الصلب الخاصة (السبائكية) يضاف الحديد الكرومى (الفروكروم) او الحديد الفانادى (الفرو فانديوم) .....الخ .

عملية الخردة :

و تجرى فى افران ذات بطانة حامضية على شحنة تحتوى على اقل كمية ممكنة من الفوسفور و الكبريت . و يتلخص جوهر العملية فى أكسدة الكربون و السيليكون و المنجنيز و هى تحت وقاية الخبث . و سير العملية فيما يختص بأكسدة المواد المختلطة و تبادل الاكسجين سبيه بما اوضحناه سابقا . و تكوت خواص الصلب المصهور فى الفرن الحامضى اجود بكثير من خواص الصلب المصهور فى الفرن القاعدى، ولكن ضرورة استعمال الشحنات النقية ترفع كثيرال من تكاليف الانتاج . و اهم دليل فنى اقتصادى على كفاءة الانتاج بطريقة مارتن هو كمية الصلب الناتج عن كل متر مربع من ارضية الفرن فى مدة 24

ساعة . و قد توصل منتجو الصلب المجددون باستعمال الطريقة السريعة لصهر الصلب الى انتاجية عالية تصل الى 12 طنا من الصلب الجيد لكل متر مربع من ارضية الفرن كل 24 ساعة وقد تمكن المتالورجيون السوفييت من استعمال الاكسجين فى انتاج الصلب فى افران مارتن مما رفع كثيرا من انتاجية الافران . وتسير عملية مارتن سيرا هادئا مقارنة مع عملية التحويل كما انها تسمح بالحصول على صلب كربونى و صلب سبائكى ذى جودة عالية ، و تركيب كيميائى يطابق تماما التركيب المطلوب . و الصلب المارتنى و ان كان يقل عن الصلب المنتج بالافران الكهربائية فى كثافته و تماثل اجزائه الا انه ارخص بكثير من الصلب الكهربائى .

و يستعمل صلب مارتن الحامضى فى انتاج الماكينات التى يعلق عليها الكثير من الاهمية فى حين يستعمل الصلب القاعدى فى الصناعة العامة كالسكك الحديدية و الكبارى و الهندسة المدنية

3- **الصهر الكهربائى**:

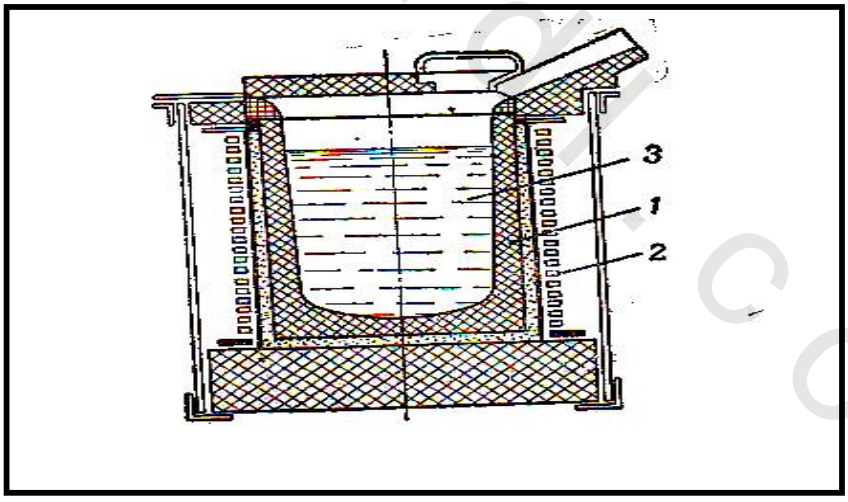
يمتاز الصهر الكهربائى اذا قورن بالطرق الاخرى لصهر الصلب بعدة مميزات، منها امكان التوصل لدرجة حرارة عالية فى مكان الصهر، مما يسمح بالحصول على خبث به كثيرا منالجير، يضمن التخلص التام تقريبا من الفوسفور و الكبريت، و كذلك يخفف كثيرا من احتراق المعدن عناصر الاشابة نتيجة لعدم وجود لهب مؤكسد .

وتعمل الافران الكهربائية الصناعية اما بالحث الكهربائى واما بمبدأ القوس الكهربائى .

obeikandl.com

أفران كهربائية بالحث :

فى شكل (7) رسم لفرن كهربائى بالحث (بدون قلب) يعمل بتيار تردده 500 – 2000 ذبذبة / الثانية .فحول البودقة المقاومة للحرارة 1 ملف على شكل ماسورة من النحاس ذات مقطع مستطيل 2 يجرى بها الماء للتبريد . ويمر تيار عالى التردد من مولد خاص فى الملف فيثير فى المعدن تيارات دوامية تسخن المعدن 3 بسرعة حتى انصهاره . وتشغل فى الافران ذات التردد العالى شحنات موادها شديدة النقاوة منتخبة بعناية، و نظرا للسرعة الكبيرة للعملية لا يجد المعدن فرصة للتأكسد الشديد و عند نهاية الصهر تضاف كمية صغيرة من الاضافات و المواد المختزلة . و لا تزيد سعة الفرن العالى التردد عن 8 طن . و هى تستعمل لانتاج مسبوكات الصلب الواجهية و لصهر سبائك الصلب ذات النسبة العالية للعناصر المضافة (الصلب المتحمل للحرارة و الصلب المقاوم للانصهار و الصلب الغير قابل للصدأ) .



شكل رقم 7 ، رسم تخطيطى لفرن كهربائى بالحث

1- البودقة المقاومة للحرارة . 2- مفاعل حث . 3- المعدن

obeikandi.com

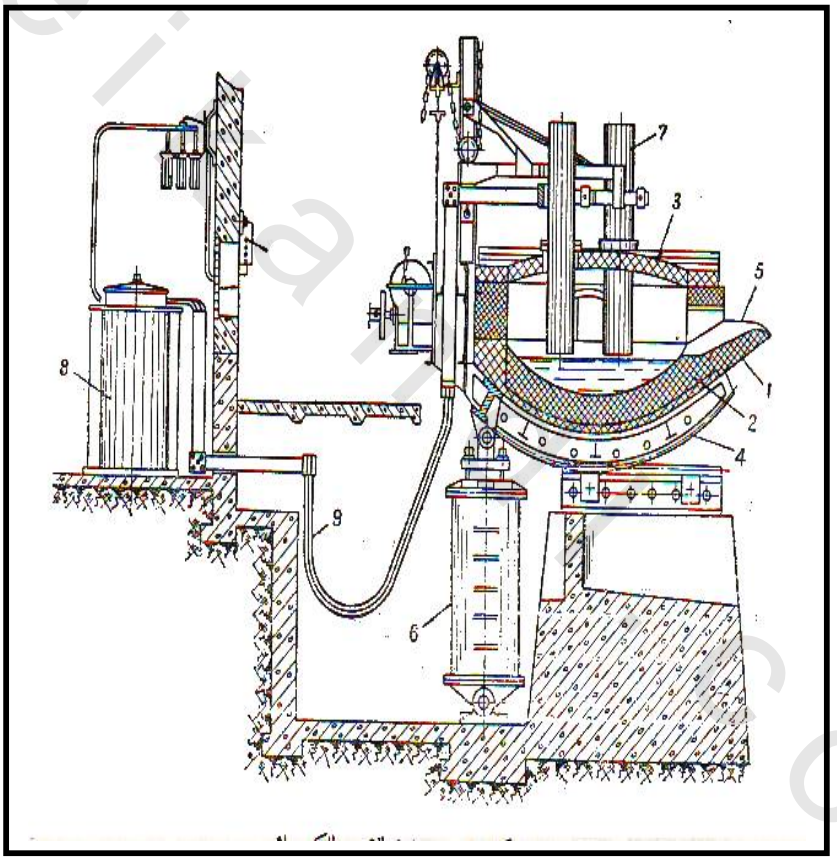
افران القوس الكهربائى :

وتعمل بمدأ استغلال الحرارة المتولدة عن القوس الكهربائى المتكون. و تنقسم الى افران ذات قوس مستق و افران ذات اقواس غير مستقل . و فى افران النوع الاول توجد الاقطاب فوق سطح حمام المعدن، و يتم صهر الشحنة بواسطة الحرارة المتولدة عن القوس المتكون . اما فى الافران ذات القوس غير المستقل فيجرى صهر المعدن بواسطة حرارة القوس الكهربائى المتكون بين الاقطاب و حمام المعدن . و قد انتشر استعمال هذه الافارن لصهر الصلب و السباكة انتشارا واسعا .

و فى شكل (8) مقطع تخطيطى لفرن قوس ذى وجهين و يصنع الغلاف 1 من صفائح سميكة من الصلب . و تصنع البطانة 2 فى الافران الحامضية من الديناس، و فى الافران القاعدية من الماجنزيت . و تصنع قبة الفرن 3 من الطوب الديناسى بحيث يمكن خلعها . و يركب الفرن لسهولة صب المعدن على مجارى مقوسة 4، و يجرى الصب بالميزاب 5 باستعمال التوصيلة الكهربائية او الهيدروليكية 6 التى تقوم بامالة الفرن . و تصنع الاقطاب 7 متحركة، و هى اما من الكربون او الجرافيت . وتغذى الاقطاب بالتيار من محول 8، بواسطة كابلات مرنة 9، و تصل سعة افران القوس 180 طن. وتضم الشحنة عند صهر الصلب فى افران القوس الكهربائى الخردة و الزهر وخام الحديد و الفلكس و المواد المختزلة و سبائك الحديد، و المادة الاولية الرئيسية هى خردة الصلب . اما الزهر فبقوم برفع نسبة الكربون فى المعدن، و يضاف خام الحديد لاكسدة المواد المختلطة، و يستعمل الجير كفلكس فيكون خبثا قاعديا ،و يحصل على الخبث الحامضى باضافة الرمل الكوارتزى . وتستعمل كمواد مختزلة الحديد السليكى (الفرو سيليكون) و

obeikandl.com

الحديد المنجنيزى (الفرومنجنيز) والالومنيوم. و يضاف الحديد الكرومى (الفرو كروم) و الحديد النيكلى (الفرو نيكل) و الحديد الولفرامى (الفرو ولفرام) للحصول على صلب سبائكى . و ينتج فى الافران ذات البطانة الحامضية صلب عالى الجودة ياستعمال شحنة نقية خالية من الفوسفور و الكبريت بقدر الامكان . اما فى الافران القاعدية فينتج صلب يستعمل للانشاءات ذو نسبة منخفضة من الشوائب الضارة .



شكل رقم (8) فرن القوس الكهربائى

عملية الصهر الكهربائى (قاعدية) :

بعد انصهار الشحنة فى الفرن يلقى فيه بكمية محددة من الجير و خام الحديد او نواتج تأكسد الحديد ثم يوصل التيار الكهربائى . و يمكن تقسيم عملية صهر الصلب الى مرحاتين : مرحلى التأكسد و مرحلة الاختزال . وفى المرحلة الاولى تتأكسد جميع المواد المختلطة (ما عدا الكبريت) بواسطة اكسجين الخام او نواتج تأكسد :

$$2Fe + Si = 2 Fe + Si O2 + 78990 Cal$$

$$Fe O + Mn = Fe + Mn O + 32290 Cal$$

$$5Fe O + 2P = 5Fe + P2 O5 + 47850 Cal$$

ويضمن وجود الجير حدوث التفاعل الاتى :

$$P2 O5 + 4Ca O = (CaO) 4 P2 O5$$

يقشط الخبث و تضاف مرة اخرى كمية صغيرة من الجير والخام . وبعد تكون الخبث مرة اخرى تؤخذ عينة لمعاينة وجود الفوسفور ثم يقشط الخبث مرة اخرى وتكرر هذه العملية حتى التخلص التام من الفوسفور كله تقريبا . ومن المحتمل عند ارتفاع نسبة الكربون احتراق جزء منه لو كانت درجة الحرارة للفرن كافية ذلك .

$$Fe O + C= Fe + CO – 34460 Cal$$

اما فى المرحلة الثانية فيغمر سطح المعدن بخبث قاعدى يتكون من الجير و السبار القابل للانصهار ثم يضاف الكوك المفتت . و يجرى اختزال المعدن و تحويل الكبريت الى خبث حسب التفاعلات الاتية :

$$Fe S + Ca O + C = Fe + Ca S + CO$$

$$Mn S + Ca O + C = Mn + Ca S CO$$

obeikandi.com

بعد قشط الخبث يضاف خبث جديد و تتكرر هذه العملية حتى يتم التخلص من الكبريت كله تقريبا .

ولاختزال الصلب نهائيا تضاف سبائك حديد فاذا كان المطلوب هو الحصول على صلب سبائكى تضاف سبائك حديد تحتوى على نسبة عالية من عناصر الاشاية المطلوبة . وتؤخذ عينات اثناء سير العملية وقبل صب الصلب يحكم منها على مدى نضوج الصلب و مطابقاته للتركيب الكيميائى المطلوب . و تتراوح مدة الصهر الكهربائى حسب سعة الفرن و تركيب الشحنة المشغلة من 2- 8 ساعات و قد اكتسب انتاج الصلب فى الافران الكهربائية اهمية كبيرة نظرا لانتشار استعمال انواع الصلب السبائكى والصلب العالى الجودة فى بناء الماكينات الهامة .

4- **صب الصلب** :

يصب الصلب المصهور في المحول أو في فرت مارتن أو الفرن الكهربائي في بودقة صب، وبعد ذلك يجري سبكة في قوالب خلصة . وبعد ذلك يجري سبكة في قوالب خاصة .

وبودقة الصب (أنظر الشكل 9) عبارة عن وعاء (1) من الصلب المبرشم، ومبطن بالطوب الحراري (2) وفي قاع البودقة فتحة مستديرة يركب بها كوب (3) من الطين الحراري وتغلق فتحة الكوب بسدادة مصنوعة من مادة مقاومة للحرارة، ومثبتة بذراع الإغلاق (4) وتركيبة الإغلاق (5) مثبتة علي الغطاء من الخارج، وتحمل البودقة إلي مكان الصب بواسطة الأوناش المعلقة.

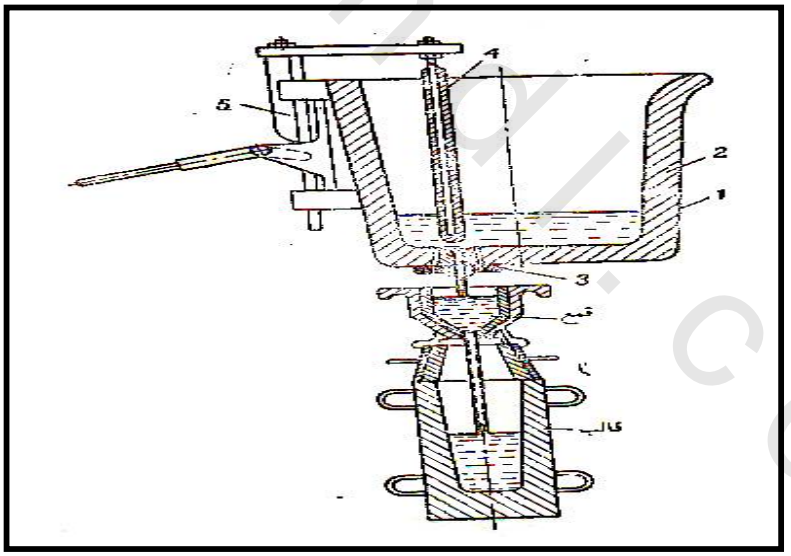
أما القالب فيصنع من الزهر، واحيانا من الصلب بقاع أو بدون قاع، ويصنع القالب مسلوبا من أحدي الجهتين لتسهيل

إخراج الصبة (الكتلة المصبوبة)، كما هو مبين في الشكل (10) ومبين بة أنواع من القوالب ذات المقاطع المختلفة .

ويمكن أن يكون الصلب عند صبة أما (هادئا) أو (فوارا) وتخرج من الصلب الهادئ عند كمية قليلة من الغازات كما أنة لا يغلي .

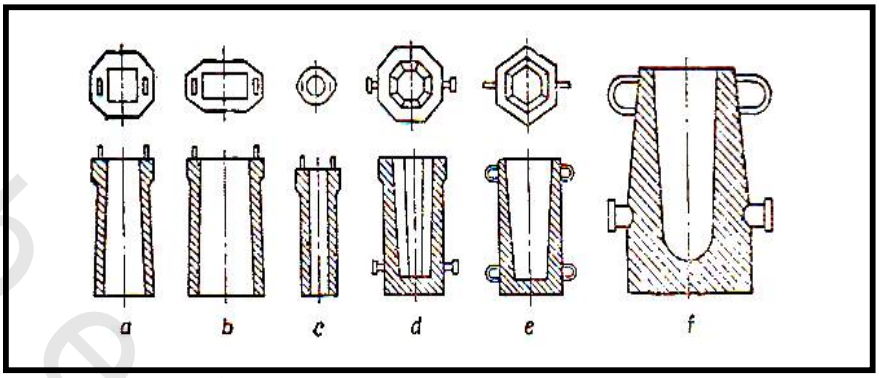
وللحصول علي هذا لبصلب يجري إختزال تام للمعادن بلإضافة كمية كافية من زهر الخاص، أما الصلب (الفوار) فيغلي أثناء عملية عملية الصب وتتصاعد منة كمية مبيرة من الغازات،

ويفسر فوران الصلب بأنة يصب قبل أن يتم إختزالة الكامل فعند إنخفاض درجة الحرارة يتفاعل جزء من الكربون مع أكسيد الحديد المتبقي $FeO + C = Fe + CO$.



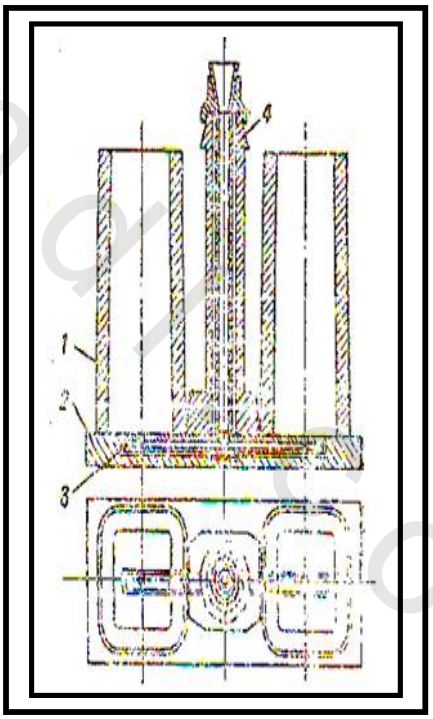
بودقة الصب (شكل 9)

obeikandl.com

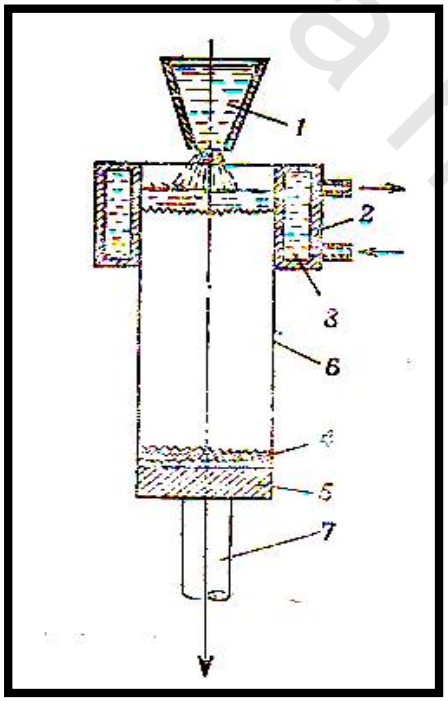


شكل (10) أنواع قوالب اصب

B,A- لصب المستعملة للدلفنة ، C – للمواسير ، F,E,D - للمطروقات



شكل (11) الصب بطريقة السيفون



شكل (12) رسم تخطيطي للصب المستمر للصب

obeikandl.com

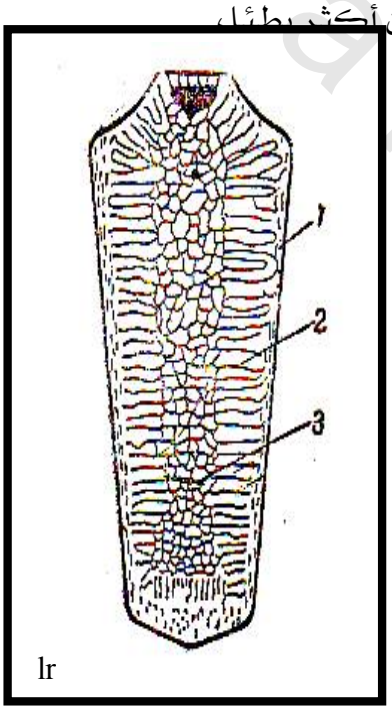
والصلب الفوار أرخص من الصلب الهادئ ، كما يعطي كمية أكبر من المعدن ويوفر في المواد المختزلة إلا أنة أقل في الجودتة من الصلب الهادئ بكثير. ويمكن ملء القوالب بالمعدن السائل من أسفل (الصب بطريقة السيفون) أو من أعلي والصب بطريقة السيفون (شكل 11) يسمح بملئ عدد كبير من القوالب 1 في وقت واحد ، وتوضع هذه القوالب علي طبق 2 من الزهر بة قنوات 3 مبطنة بطوب واجهة وتتصل القنوات بالمصب الرئيسي 4- وتملأ القوالب الموضوعة (بدون قاع) بالمعدن السائل خلال المصب الرئيسي بمبدأ الأواني المستطرقة . ويستعمل الصب بطريقة السيفون أساسا لصب الصلب الفوار، وتتكون بأعلي الصبة فجوة عند تجميد المعدن .

أما الصب من أعلي (شكل 9) فيستعمل للحصول علي صبب كبيرة من الصلب " الهادي " وفي هذه الطريقة يصب ذو درجة حرارة منخفضة مما يقلل من حجم فجوة التجمد ويعطي صلبا أكثر تكاثفا وقد أتسع في الوقت الحاضر إمتشار طريقة الصب المتواصل للصلب، مما أعطي وفرا كبيرا للمعدن وبشكل 12 رسم تخطيطي يبين أسس هذه الطريقة ، فالصلب السائءل ينساب من القمع 1 بسرعة محددة غلي المبلور 2 المبرد بالماء 4، ويبدأ المعدن المنساب 4 في التبلور عند تلامسة بالسطح المعدني 5، وبإنزال هذا لسطح إلي أسفل والتغذية بالصب السائل دون إنقطاع تحدث بلورة تدريجية لطبقات المعدن الأخري، وهكذا يمكن الحصول علي صبب 6 ذات طول كبير ونظرا لملء الفراغ الناتج عن الإنكماش بالمعدن السائل لا تحدث فجوة عند التجميد ، وتقوم

التركيبة 7 بتحريك الصبة إلي أسفل بسرعة تتناسب مع سرعة صب المعدن في المبلور .

بناء صبب الصلب :

لا يبرد الصلب المصبوب في قالب الصبة بإنتظام (أنظر الشكل 13) يبين بناء الصبة ، فعند أماكن تلامس المعدن السائل بحوائط القالب يبرد المعدن بسرعة ، مكونا طبقة رقيقة متكافئة 1 من البلورات الدقيقة ذات الإتجاهات المختلفة ويجري التبريد في إتجاه مركز الصبة ببطء ، ويكون نمو البلورات في غالبيتة في إتجاه عمودي علي جدران القالب ، وتسمي البلورات المتكونة بالبلورات 2 العمودية (لشبهها بالأعمدة) في الجزء المحوري من الصبة فإن التبريد يكون أكثر بطئا .



ولما كانت الحرارة تتسرب في مختلف الجهات فإن الجزء من الكتلة 4 يتكون من بلورات متناثرة دون ترتيب معين وكما بين د ، ك ، تشرنوف فإن نموالبلورات المتكونة يكون غير منتظم . ففي البداية تنمو البلورة في إتجاه محورها الرئيسي ثم تتفرع منة فروع تنمو بزاوية معينة ومن هذه الفروع تنمو فروع أختري جديدة وهكذا .

شكل (13) مقطع تخطيطي لصبة من الصلب

obeikandl.com

ونتيجة لذلك تتكون بلورة ذات شكل شبية بالشجرة ولذلك تسمي (دندريت) (أي الشجرية) أما الفراغ الموجود بين الفروع فيملأ بالجزء الباقي من المعدن السائل، الذي يتجمد عد إكتمال التبلور. ومن عيوب صبب الصلب : فجوة التجمد والعزل والفقاعات الغازية والشقوق .

وفجوة التجمد هي الفراغ الذي يتكون عند تجمد الصبة، ونظرا لوجود فرق بين حجم المعدن السائل والمتجمد، فمن المستحيل صب كتلة دون فجوة التجمد، ويعمل عادة علي أن تكون هذه الفجوة بأصغر حجم ممكن وعلي أن تكون بالجزء العلوي من الكتلة .

أما العزل فهو التوزيع الغير متساوي لمكونات السبيكة في أجزاء الكتلة المختلفة، وهناك نوعان من العزل : **العزل داخل البلورات والعزل المناطقي** ويؤدي العزل داخل البلورات إلي **عدم تماثل أجزاء البلورة في تركيبها الكيميائي** ويمكن بواسطة التسخين الانتشاري جعل تركيب البلورات متماثلا إلي حد كبير . **أما العزل المناطقي** فيتميز بالتوزيع غير المتساوي للعناصر المكونة للسبيكة في مقطع الصبة ولا يمكن إعادة التماثل بالإنتشار ولا يمكن إصلاح هذا العيب بطبيعتة بأي حال من الأحوال .

و الفقاعات الغازية هي فراغات صغيرة تنتشر في أماكن مختلفة من الكتلة . وتتكون الفقاعات في الصلب الردئ الإختزال تحت القشرة بالقرب من السطح، ولا يعطي الصلب الجيد الإختزال كثيرا من الفقاعات عند التجمد وتكون هذه عادة في أعماق الكتلة. زمن العيوب المحلية للكتلة خشونة السطح والنتوءات، الشقوق والفصوص غير المعدنية الخ .

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الثالث

إنتـاج المـعـادن الغير حديدية

obeikandl.com

obeikandl.com

من المعادن الغير حديدية المستعملة علي نطاق واسع في الصناعة النحاس والألومنيوم والقصدير والزنك والرصاص والنيكل والمغنسيوم، ويفسر إستعمال المعادن الغير حديدية وسبائكها بأن لبعضها خواص قيمة، كجودة التوصيل الكهربائي والحراري ومقاومة الصدأ وصغر معامل الإحتكاك – الخ .

ولقد ذكرنا في الجزء الخاص بخواص المعادن الغير حديدية وسبائكها.

1- إنتاج النحاس

يستعمل النحاس في حالتة النقية في الصناعات الكهربائية والحرارية (إنتاج الطاقة) والصناعات الكيميئية، كما أن النحاس يستعمل علي نطاق واسع للحصول علي السبائك، ويستخلص من خامات النحاس.

خامات النحاس :

وتوجد في القشرة الأرضية أساسا علي شكل مركبات مختلطة، تحتوي عدا عن النحاس علي خامات معادن أخري .

ويستخلص الجزء الأكبر من النحاس من خاماتة الكبريتية التي تحتوي علي النحاس بنسبة تصل إلي 5٪ من هذه الخامات :

1) **بيريت النحاس، الهالكوبيريت** $Cu2S.Fe2S2$ وهو أكثر خامات النحاس إنتشارا .

obeikandl.com

2) **الهالكوزيت** .Cu2S

3) البورنيت أو الخام الأرقط 0 Cu2S. FeS.CuS

4) **الكوبريت، خام أكسيد النحاس** Cu2O ويعتبر من الخامات الفقيرة وهناك طريقتان لإنتاج النحاس : الطريقة البيرومتالورجية (الجافة) والطريقة الهيدرومتالورجية (الرطبة) وقد أنتشر إستعمال الطريقة الجافة التي تشغل بها الخامات الكبريتية، ولا يشغل بالطريقة الرطبة إلا الخامات الأكسيدية .

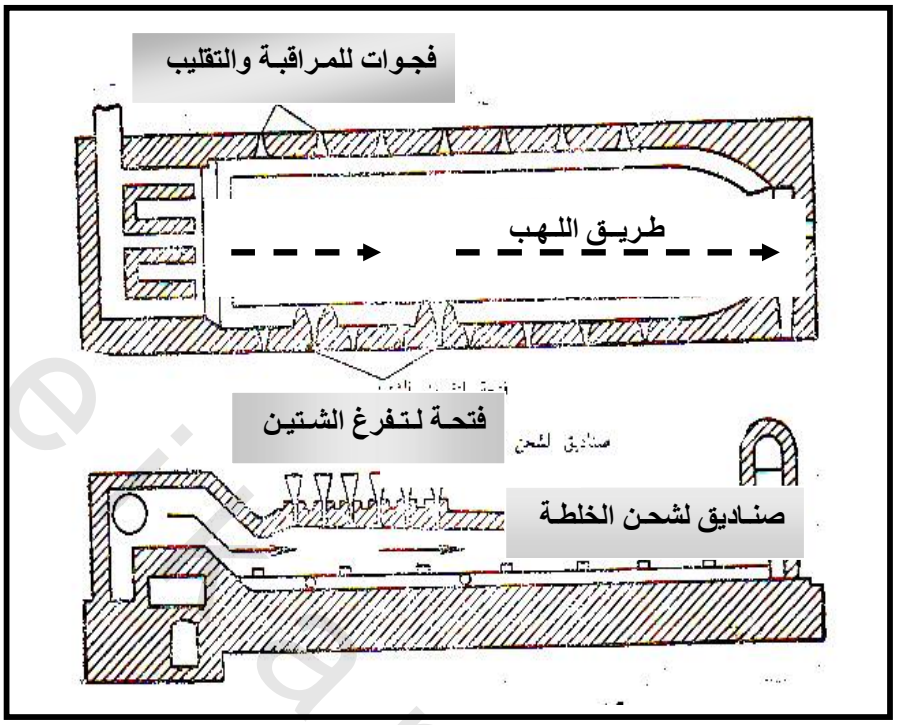
الطريقة الجافة (البيرومتالورجية لإستخلاص النحاس :

وتتكون هذة الطريقة من العمليات الأتية : 1)- تركيز الخام، 2)- التحميص 3)- التحويل إلي نحاس صخري (شتين) 4) الحصول علي النحاس غير النقي 5)- التنقية

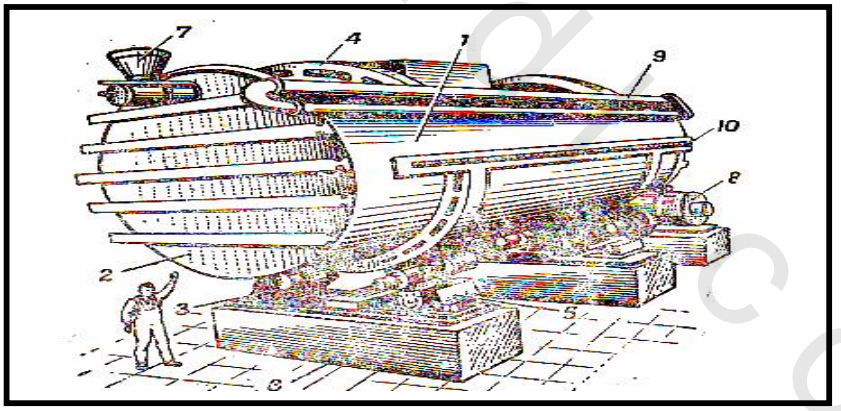
تركيز خامات النحاس الكبريتية ويجري بطريقة الطفو وهي مبنية علي قدرة المركبات الكبريتية علي عدم الابتلال بالماء . فيفتت الخام

قبل التعويم في طواحين ذات كرات حتي يصل حجم حباتة إلي 0,05 – 0,5 مم وبعد ذلك يحمل في ماكينة الطفو المملوءة بالماء فتبدأ جزيئات الخام الكبريتي المفتتة التي لم تبتل بالماء في الصعود إلي السطح أما

obeikandl.com



رسم تخطيطي للفرن الماكس الشكل (14)



الشكل (15) محول أسطواني لنفخ النحاس الصخري (الشتين)

1- الغلاف 2- القاع 3- أستوانة 4- إطار 5- مسند

6- الأساس 7- العنق 8- تركيبة التحريك 9- ماسورة الهواء

10- فتحات الهواء

obeikandl.com

جزيئات المادة العاطلة فترسب علي القاع، ةللأسراع يطفو جزيئات الخام الكبريتي تضاف كمية صغيرة من زيت البترول الخام كما ينفخ الهواء خلال الماء فتلتصق فقاعات الهواء المتكونة بجزيئات الخام وتصعد معها علي شكل زبد يقشط ويزال منو الماء .

التحميص :

ويقام بتحميص الخام المركز لتقليل نسبة الكبريت بة ولتحويل بعض كبريتيد النحاس والحديد إلي أكاسيد وعند التحميص تزال كذلك بعض الشوائب الضارة بالخام كالزرنيخ والأنتيمون، ويتم في أفران خاصة بها عدة اقباء في درجة حرارة 800 - 1000°م ويجري شحن الخام المركز بالطفو مخلوطا بالفلكس خلال صناديق توجد علي طول قبة الفرن، وعند درجة حرارة تقترب من 1100 °م تجري التفاعلات الأتية :

$$Cu2S + 2Cu2\ O = 6Cu + SO2$$

$$2Cu + FeS = Cu2S + Fe$$

$$Cu2O + FeS + SIO2 = Cu2S + FeSiO2$$

ويكون كبرتيد النحاس الثنائي $Cu2S$ وكبريتيد الحديد FeS النحاس الصخري، بينما تعطي المادة العاطلة والفلكس وأكسيد الحديتد الخبث وتتراوح إنتاجية الفرن في الحدود من 2- 6 طن كل 24ساعة لكل متر مربع أرضية الفرن وبعد إ نتهاء الصهر يقشط الخبث ويؤخذ النحاس الصخري للتشغيل في المحولات، ويجري التحويل في أجهزة كمثرية أو أسطوانية الشكل (15) ذات تيار هواء جانبي ويمكن تميز

مرحلتين للتحويل ففي المرحلة الأولي عند نفخ الهواء يتأكسد الحديد حسب المعادلة التالية :

$$2Cu2S + 2FeS + 3O2 = 2Cu2S + 2FeO + 2SO2$$

وفي هذا التفاعل تنطلق حرارة ولتحويل أكسيد الحديد إلي خبث تضاف السيلكا :

$$FeO + SiO2 + FeSIO20$$

ويقشط الخبث المتكون ($FeSiO2$) أما في المرحلة الثانية فيحرق الكبريت المتحد مع النحاس حسب المعادلة التالية :

$$2Cu2S + 3O2 = 2Cu2O + 2SO2$$

ويتفاعل أكسيد النحاس المتكون $Cu2O$ مع كبريتيد النحاس $Cu2S$ المتبقي حسب المعادلة التألية :

$$2Cu2O + Cu2S = 6Cu + SO2$$

ويحتوي النحاس غير النقي الناتج علي شوائب بنسبة نحو 2٪

تنقية النحاس (التنقية من الشوائب الضارة) :

وتتم إما بالطريقة الحرارية أو بالطريقة الكهروكيميائية وتجري التنقية بالطريقة الحرارية في أفران عاكسة ويحتوي النحاس الذي ينتج بواسطها علي 99,5 - - - 99,7 ٪ من عنصتر النحاس ويصب هذا النحاس في كتل أو صفائح مصعديتة لعملية التحليل الكهربائي وتستعمل هذه الصفائح للحصول علي تنقية أكثر للنحاس (تصل إلي نسبة

obeikandi.com

99,98 ٪ من عنصر النحاس) الذي يستعمل لتلبية أحتياجات الصناعات الكهربائية .

الطريقة الرطبة (الهيدرومتالورجية) :

وتستعمل للخامات الأكسيدية الفقيرة يفتت الخام أولا إلي أن يصل حجم حبيبات إلي 2 – 15 مم وبعد ذلك يمر بمرحلة الفرز للحصول علي حبيبات ذات حجم واحد (درجات) وتجري لكل درجة عملية تركيز في ماكينة ترسيب وفي هتذة الماكينة يغسل الخام والمادة العاطلة بواسطة تيار من الماء، ولما كان الوزن النوعي للخام والمادة العاطلة مختلفا، فإنهما ينفصلان : فيرسب الخام إلي أسفل بينما تبقي المادة العاطلة بأعلي، ويعامل الخام المركز بمحلول مخفف من حامض الكبريتك ويتلو ذلك ترشيحة للحصول علي محلول نظيف ويتم ترسيب النحاس من المحلول بالتحليل الكهربائي أو بأحلال الحديد (الخردة) محل النحاس حسب التفاعل التالي :

$$CuSO4 + Fe = FeSO4 + Cu$$

ويعاد صهر النحاس الناتج في أفران لهيبية ثم بنقي .

2- **إنتاج الألومنيوم** :

يعد البوكسيت المادة الخام الرئيسية للحصول علي الألومنيوم، والبوكسيت صخر معدني مركب يحتوي علي هيدروكسيد الألومنيوم AI(OH)a طليقا بنسبة 40 – 60٪ وعلي عدد من الشوائب : TiO2: CaO : SiO2: Fe2O3 وغيرها

ويوجد في الإتحاد السوفيتي موارد غنية من البوكسيت وينقسم إنتاج الألومنيوم إلي عمليتين :

1) الحصول علي أكسيد الألومنيوم (الالومينا) من البوكسيت .

2) التحليل الكهربائي للألومينا .

الحصول علي أكسيد الألومنيوم (الطريقة القلوية) :

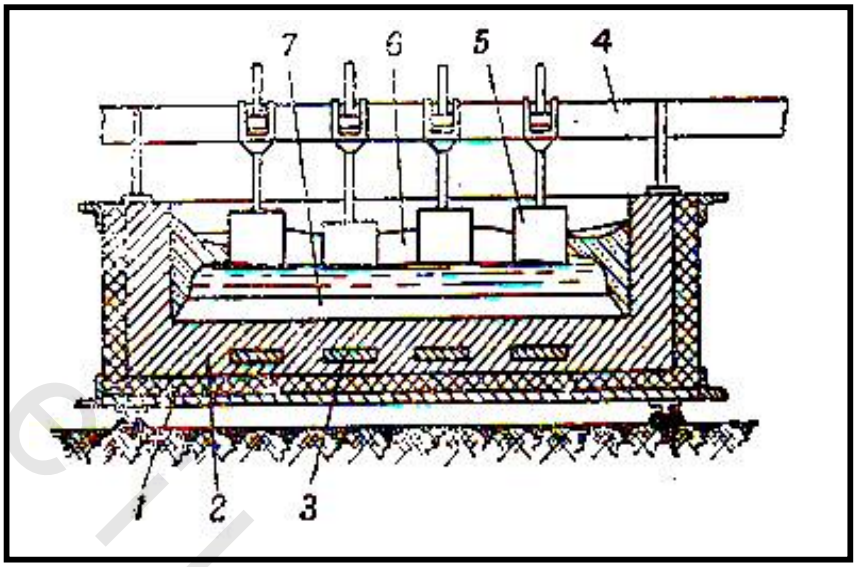
وفيها يعامل الخام الذي يحتوي علي كمية صغيرة من السيليكا بالمواد القلوية لتحويل هيدروكسيد الألومنيوم إلي الومينات الصديوم :

$$2AI(OH)3 + 2NaOH = AI2O3\ Na2O + 4H2O$$

وتذوب الألومينات الناتجة في الماء أما أكاسيد الحديد والكالسيوم والتيتانيوم فإنها تكون رواسب صلبة غير قابلة للزوبان تفصل علي المرشحات الكابسة ، ويجرى المحلول المائي المرشح لالومينات الصوديوم إلي أحواض بها قلابات حيث يتحلل المحلول بواسطة التحليل الكهربائي فينفصل منة راسب الصلب من هيدروكسيد الألومنيوم :

ويرسل الراسب المرشح المغسول إلي الفرن حيث يتحول عند درجة حرارة 1300°م إلي أكسيد الألومنيوم غير المائى $AI2O3$ وقد أستعملت الطرق القلوية لإنتاج الألومينا بأوسع إنتشار .

obeikandl.com



شكل (16) حمام لتحليل الألومينا

إنتاج الألومنيوم بطريقة التحليل الكهربائي :

يتلخص الحصول علي الألومنيوم من الألومينا في تحليل أكسيد الألومنيوم (كهربائيا) في حمام من الكريوليت AIF33NaF المصهور إلي مكوناتة ومن ختواص الكريوليت AIF33NaF القدرة علي إذابة الألومينا وهو بالإضافة إلي ذلك يخفض درجة إنصهارها التي تقدر بنحو 2000°م ويوضح الشكل (16) تخطيط لحمام التحليل الكهربائي. ويتكون الحمام من غلاف حديدي وبطانة عازلة للحرارة (1) وقاع الحمام وجدرانة، وهي مغطاة بطبقة من الكربون (2) وتوصل المهابط الاطارية (3) المدفونة في القاع بالقطب السالب لمصدر التيار، أما إطار المصعد (4) فتوصل بة الأقطاب الكربونية (5) المدلاة في الحمام، وقبل بدء التحليل الكهربائي تنثر علي القاع الحمم

طبقة رقيقة من الكوك المفتت ثم تنزل الأقطاب حتي تتلامس معها ويوصل التيار 0 وعندما تسخن الطبقة الكربونية إلي درجة الإحمرار يدخل الكريوليت وبعد إنصهاره تشحن الألومينا (6) بما لا يزيد عن 15٪ من الكريوليت بالحمام، وعند هذةالنسبة للأملاح تكون درجة حرارة المحلول من 950- - 1000°م ومع تحلل الالومينا يتجمع الألومنيوم (7) المختزل علي قاع الحمام وتضاف الألومينا لتعويض التحلل .

وتوصل الحمامات علي التوالي في ورشة التحليل الكهربائي في مجموعات بكل منها من 80 – 100 حمام وفرق الجهد بين الأقطاب للحمامات من 5 – 10 فولت متع شدة للتيار نحو 30000 أمبير .

ةيجري صب الألومنيوم مرة كل 50—100 ساعة ويستهلك لإنتاج طن من الألومنيوم نحو2طن مـ، الألومينا و 0,6 طن من الأقطاب الكربونية (المصعد) و 0,1 طن من الكريوليت ومن 16000 إلي 19000 كيلوات ساعة من الطاقة الكهربائية 0 وينقي الألومنيوم الناتج لتخليصة من جزيئات الكريوليت والغازات الذائبة ويحتوي الألومنيوم المنقي علي شوائب بنسبة 0,3 الي 1٪ .

3- **إنتاج القصدير** :

يستخلص القصدير من خاماتة النادرة الوجود نسبيا والتي لا توجد بكميات كبيرة، ويوجد القدير في خاماتة علي شكل ثاني أكسيد القصدير SnO_2 المسمي بحجر القصدير أو الكاسيتريت، ويعثر نادرا علي بيريت القصدير وتكون نسبة

obeikandl.com

القصدير في الخام عادة صغيرة (0,25 إلي 1٪) أما الباقي فهو مادة عاطلة (كوارتز وفلورسبار) وشوائب وتصل نسبة القصدير إلي 2 – 6٪ في الخامات النسماة بالخامات (الغنية) فقط ويجري علي الخام المستخرج التتركيز والتحضير0 وبعدها يصهر الخام المركز لإختزالة في أفران عاكسة حيث يختزل ثاني أكسيد القصدير SnO2 عند درجة حرارة 800°م بواسطة أكسيد الكربون والكربون الصلب :

$$SnO2 + 2CO = Sn + 2CO2$$

$$SnO2 + 2C = Sn + 2CO$$

ويحتوي القصدير الناتج علي كثير من الشوائب والتي تصل نسبتها إلي 3٪ وللحصول علي نوعية جيدة من المعدن يحتوي علي 99,99٪ من عنصر القصدير تجري التنقية بالتحليل الكهربائي .

4- **إنتاج الزنك** :

يستخرج الزنك (الخرصين) من خمات الزنك، ويعتبر البلند الخارصيني ZnS أهم خامات الزنك، ويحتوي عادة من 30—50٪ خارصين ويجري للحصول علي الزنك بطريقتين : بطريقة التأقطير (البيرومتالورجية) وبطريقة التحليل الكهربائي (الهيدرومتالورجية) وتتلخص الطريقة الكهربألئية التي حظيت بلإنتشار كبير، في تحميص الخام المركز ثم معالجتة بمتحلول من حامض الكبريتيك ويرسل محلول ZnSO4 بعد تنقية من الشوائب إلي حوض التحليل الكهربائي وبة المصعد من ألواح الرصاص والمهبط من الواح الألومنيوم ويتترسب الزنك في عملية

التحليل علي المهبط ويصهر الزنك المهبطي في أفران عاكسة ذات جو مختزل يقي المتعدن من التأكسد ، ويحتوي الزنك المصبوب في كتل علي 99,95٪ من عنصر الخرصين .

5- **إنتاج الرصاص** :

يستخلص الرصاص من خاماته وأهم خامات الرصاص هو الليتارج PbS وتراوح نسبة الرصصاص بالخام في المتوسط من 6—16٪ ويستخلص الرصاص بطريقة الصهر الاختزالي للخام المركز بعد تحميصة مبدئيا ، ويجري التحتميص المبدئي في أفران عاكسة لتحليل كبريتيد الرصاص PbS وتحويل الرصصاص إلي كبريتات PbSO4 ويمكن بواسطة التحميص الثانوي التخلص تماما من الكبريت والحصول علي PbO ،

ويختزل الرصصاص عند الصهر في افران أسطوانية بواسطة كربون فحم الكوك حسب المعادلتين :

$$PbO + C = Pb + CO$$

$$PbO + CO = Pb + CO$$

ويحتوي الرصاص الناتج بعد الاختزال علي شوائب تصل إلي 1,5٪ ويحتوي الرصاص بعد تنقيته علي 99,95٪ من عنصر الرصاص

obeikandl.com