[١٠] الباب العاشر :

استخلاص المعادن من خاماتها

Extraction of metals from their ores

[١٠ ـ ١] عـــام :

درسنا فى الجزء الأول مصادر العناصر الكيميائية وأهم هذه العناصر ، المعادن ودرسنا كذلك خصائص هذه العناصر والمخاليط والمركبات وقد استغل العلماء هذه الخصائص ، لاستخراج المعادن النقية من خاماتها ، حيث أن كثيراً من هذه المعادن لا توجد فى الطبيعة فى صورة نقية بل تكون مختلطة بمواد أخرى فى صورة مخاليط أو متحدة مع عناصر أخرى فى صورة مركبات .

والمعادن الهامة التى تقابلنا فى حياتنا اليومية هى النحاس والحديد والألومنيوم والرصاص .

فمثلاً ؛ خام الألومنيوم ، يتكون من ٤٠٪ أكسيد الألومنيوم (وهو عبارة عن مركب من الأوكسجين والألومنيوم) بالإضافة إلى أكسيد الحديد والرمل وأكسيد التيتانيوم .

إلا أن هنالك بعض المعادن توجد غير متحدة فى باطن الأرض .

وتعتمد تكلفة المعدن أو سعره على :

١ ــ كمية المعدن فى الصخور الأرضية .

٢ ــ أماكن تواجد هذه الرواسب أو الصخور .

٣ ــ سهولة استخلاص المعدن من خاماته .

٤ ــ الإقبال على هذا المعدن فى الصناعة .

وتتوقف سهولة إستخلاص المعدن من خاماته على الصورة التى يوجد عليها المعدن فى الطبيعة :

(أ) فإذا كان موجوداً فى صورة مخلوط فإن استخلاصه يكون بعمليات فصل فيزيائية بسيطة .

(ب) اما إذا كان موجوداً فى صورة مركبات (كالأملاح أو الأكاسيد) فإن استخلاصه يكون أصعب نسبياً ويحتاج لبعض العمليات الكيميائية أو التحليل الكهربى كما وأن الطريقة المستخدمة فى استخلاص معدن ما من خاماته الأصلية يتوقف على وضع هذه المعدن فى سلسلة النشاط الكيميائى [الباب الأول بند (١ — ٥)] .

ويظهر فى جدول (١٠ — ١) بعض المعادن الهامة وتركيب خاماتها وطرق استخلاصها .

ويلاحظ أن المعادن الأكثر نشاطاً فى سلسلة النشاط الكيميائى تكون أكثر المركبات استقراراً .

ويمكن استخلاص هذه المعادن ، باستنفاذ كمية كبيرة من الطاقة فى عملية التحليل الكهربى .

أما المعادن التى تقع فى وسط سلسلة النشاط الكيميائى السابق التحدث عنها فتكون خاماتها أقل استقراراً ولذلك فهى تحتاج إلى كمية أقل من الطاقة لتجزئتها أو استخلاصها .

ويستخدم لهذا الغرض الكربون أو أول أوكسيد الكربون أو أى عامل مختزل آخر .

وبالنسبة للمعادن التى تقع بأسفل سلسلة النشاط الكيميائى فتكون مركباتها غير مستقرة .

فمثلاً (الزنجفر) أو ما يُعرف بكبريتيد الزئبق **Cinnaba** هو خام الزئبق فإذا ما تم تسخينه فإنه يتحلل إلى الزئبق والذى يتم جمعه بالتقطير .

مسلسل	الفلز	مركب الفلز في الخام	طرق استخلاصه
(١)	بوتاسيوم ، صوديوم	كلوريد	تحليل كهربى للكلوريد المنصهر
(٢)	كالسيوم ومغنسيوم	كلوريد أو كربونات	
(٣)	ألومنيوم	أوكسيد	تحليل الأوكسيد الذائب فى الكرايوليت أى ألومنيات الصوديوم الفلورية .
(٤)	زنك ، حديد	أكاسيد أو كبريتات	الإختزال بالكربون أو أى عامل إختزال آخر .
(٥)	رصاص ، نحاس	كبريتات أو كربونات	
(٦)	الفضة	تسخين	

جدول (١٠ - ١)

وسوف نوجز فيما يلى كيفية استخلاص المعادن من مركباتها وهى على عدة طرق :

(أ) استخلاص المعادن من أكاسيدها .

(ب) استخلاص المعادن من أملاحها .

(أ) استخلاص المعادن من أكاسيدها :

تقوم فكرة استخلاص المعادن من أكاسيدها على اختزال الأوكسجين من أوكسيد المعدن .

وذلك يكون ، إما بتسخين المادة المراد إختزالها (خام الأكسيد) مع مادة أخرى ذات قابلية أكثر للإتحاد بالأوكسجين كالكربون أو الهيدروجين ويطلق على كل منهما بعامل مختزل كما سبق وأن أوضحنا .

ويتم استخلاص النحاس من أكسيد النحاس بهذه الطريقة .

(ب) استخلاص المعادن من أملاحها :

يتم استخلاص بعض المعادن من خاماتها التى فى صورة مركبات ملحية بطريقتين وهما التحلل الحرارى بالتسخين أو بالتحليل الكهربائى مثل عملية استخلاص النحاس من محلول كبريتات النحاس بواسطة التيار الكهربى .

ويمثل إنتاج الحديد حوالى ٩٠٪ وزناً من إجمالى المعادن التى يتم استخدامها .

وتبلغ نسبة الخُردة scrap التى تدخل فى تصنيع المعادن المختلفة فى المتوسط كالتالى :

المعدن	نسبة الخُردة به
ألومنيوم	٣٥ ٪
رصاص	٤٠ ٪
نحاس	٢٠ ٪
نيكل	١٠ ٪
زنك	٢٠ ٪
قصدير	١٠ ٪

[١٠ ـ ٢] استخلاص الصوديوم :

يعتبر كلوريد الصوديوم أو ما يعرف بالملح موجوداً فى أماكن كثيرة من العالم والذى يتم استخلاصه من ماء البحر بتبخيره عادة بحرارة الشمس وذلك بإدخال ماء البحر إلى بحيرات ضحلة أو مستنقعات وتركه معرضاً للهواء الجوى وحرارة الشمس .

كما يوجد هذا الملح أحياناً مدفوناً فى طبقات بالأرض .

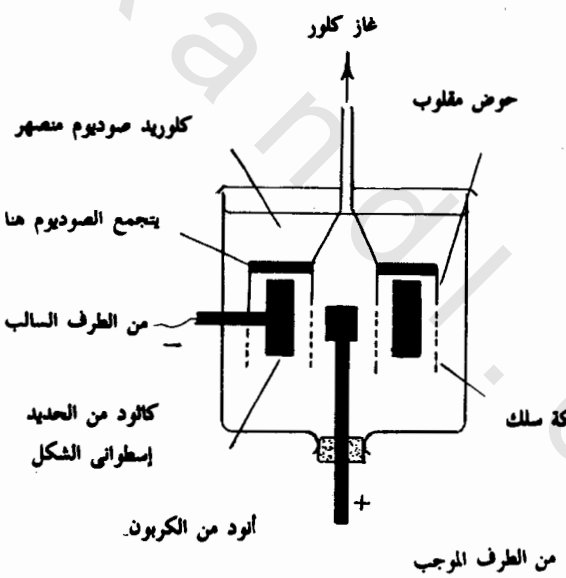
وقد كان أول من فصل الصوديوم ديفى Davy فى عام ١٨٠٧ .

وفى حالة وجود كلوريد الصوديوم على هيئة طبقات بباطن الأرض فإنه يتم ضخ الماء إلى طبقات تواجده والتى تكون على بعد حوالى ٣٠٠ متر من سطح الأرض حيث نحصل على محلول ملحى مركز .

ويبلغ إنتاج العالم من الملح حوالى ١٧٢ مليون طن فى العام .

وتبلغ حصة الولايات المتحدة فى هذا الإنتاج حوالى ٢٣٪ ، الصين ١٧٪ وروسيا ٩٪ وألمانيا ٧٪ وإنجلترا ٥٪ .

ويتم استخلاص الصوديوم بالتحليل الكهربى لكلوريد الصوديوم المنصهر فى وحدة الاستخلاص المعروفة باسم مخترعها الأمريكى James Downs فى عام ١٩٢٤ ، انظر الرسم شكل (١٠ ــ ١) وتعرف باسم Downs cell .



شـــكل (١٠ ـ ١)
طريقة إستخلاص الصوديوم
بطريقة Downs cell الأمريكية

حيث يتم إضافة كلوريد الكالسيوم إلى كلوريد الصوديوم الذى تبلغ درجة إنصهاره -٨٠٠°م وهذه الإضافة بغرض خفض درجة إنصهار الخليط إلى ٦٠٠°م .

ويوضع الكاثود أو الإلكترود السالب بحيث يكون شبه دائرى على هيئة جزئين يحيطان بالأنود (الإلكترود الموجب) الجرافيتى أو الكربونى .

ويكون الكاثود من الصلب ، حيث يمر تيار مستمر شدته ٣٠٠٠٠ أمبير وبجهد حوالى ٦,٦ فولت فقط .

ويتصاعد غاز الكلور ويتم جمعه عند الإلكترود الموجب ــ الأنود ويتم ضغطه فى إسطوانات وينقل لاستغلاله تجارياً .

وتبلغ كثافة الصوديوم نصف كثافة كلوريد الصوديوم حيث يطفو على سطح الأخير ويتم تبريده ويحفظ فى زيت لنقله .

ويتجمع الصوديوم عند الإلكترود السالب ، الكاثود .

ويتجمع جزء صغير من الكالسيوم عند الكاثود كذلك إلا أنه سرعان ما يتبلور ويتم إزالته .

ويبلغ إنتاج العالم من الصوديوم ٣٠٠٠٠٠٠ طن سنوياً تنتج منها الولايات المتحدة ما مقداره ٢١٠٠٠٠ طن أى ٧٠٪ من الإنتاج العالمى .

ويستخدم محلول كلوريد الصوديوم كذلك فى إنتاج كربونات الصوديوم والصوديوم موصل جيد للحرارة ويستخدم فى التبريد فى حين يستخدم بخار الصوديوم فى صناعة مصابيح الصوديوم للشوارع .

[١٠ - ٣] استخلاص المغنسيوم :

يتوفر المغنسيوم فى الأرض على صورة كربونات مغنسيوم ودولوميت أى (كربونات المغنسيوم والكالسيوم) .

ويتم استخلاص معظم المغنسيوم من ماء البحر حيث يتوفر فيه بنسبة ١٢,٠٪

– ٠,١٣٪، ومن هذه النسبة يتضح أنه يتطلب كميات ضخمة من مياه البحر للحصول على المقدار الكافى من المغنسيوم .

وقد تم استخلاصه لأول مرة على يد ديفى Davy فى عام ١٨٠٨

حيث يتم ترسيب هيدروكسيد المغنسيوم من ماء البحر بإضافة هيدروكسيد الكالسيوم ويتم تنقية الراسب وتسخينه إلى ١٦٠٠°م حتى يتكون أكسيد المغنسيوم .

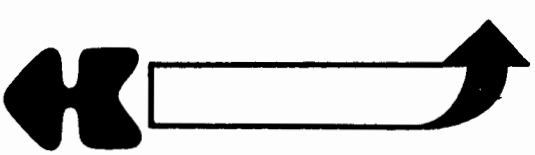
ويتم خلط أوكسيد المغنسيوم مع الفحم ويسخن إلى ١٣٠٠°م فى وجود تيار من الكلور حيث ينتج كلوريد المغنسيوم وأول أوكسيد الكربون .

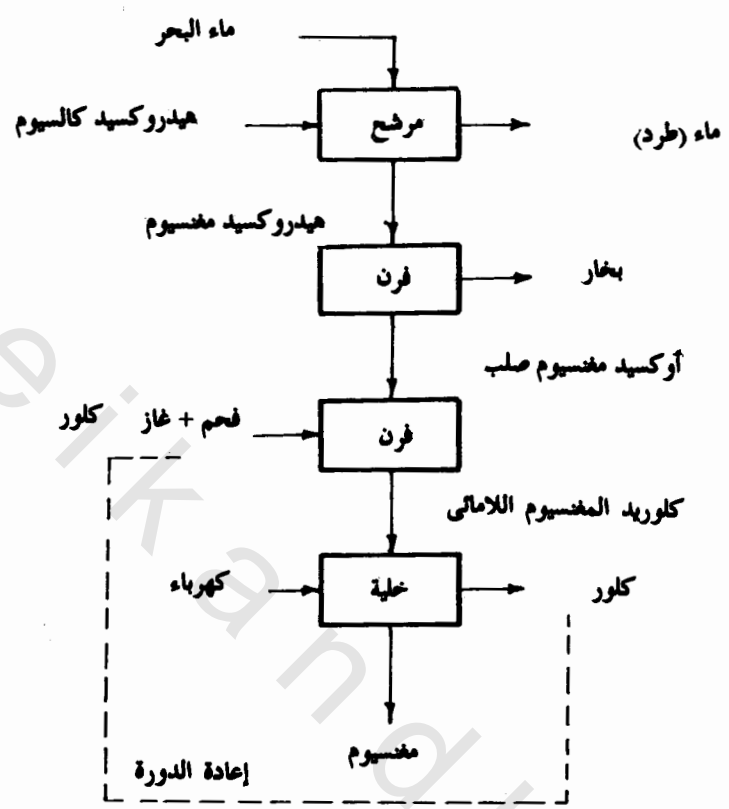
أكسيد مغنسيوم + كربون + كلور ⟵ كلوريد مغنسيوم + أول أكسيد الكربون

ويتم خلط كلوريد المغنسيوم الناتج مع قليل من كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم وبعض من فلوريد الكالسيوم ويُصهر المخلوط وتصل نقطة انصهار كلوريد المغنسيوم إلى ٩٥٠°م إلا أن هذا الخليط ينهصر فى ٧٥٠°م .

وبتحليل هذا الخليط كهربياً باستخدام أنود كربون كإلكترود موجب وكاثود سالب من الصلب ينتج المغنسيوم والذى تكون كثافته أقل من محلول الخليط حيث يطفو على السطح ويتم رفعه ويتكون الكلور عند الأنود .

ويمكن توضيح العملية بالشكل (١٠ ــ ٢) .





شـكل (١٠ ـ ٢)
استخلاص المغنسيوم

[١٠ ـ ٤] استخلاص الألومنيوم :

يتوفر الألومنيوم بكميات كبيرة فى الأرض وفى أماكن كثيرة من العالم إلا أنه يكون غير اقتصادى فى بعض الأماكن بينما يمنم استخراجه بكميات اقتصادية فى أماكن أخرى من العالم .

ويستخلص عادة من خام البوكسيت bauxite ويوجد البوكسيت أساساً فى الأماكن الإستوائية وشبه الإستوائية من العالم مثل استراليا ، غينيا ، جامايكا

obeikandi.com

وأندونيسيا والهند والبرازيل ويكون قريباً من سطح الأرض ويتم الحصول عليه بالتعدين السطحى opencast mining .

وتتم عمليات تنقية البوكسيت للحصول على الألومنيوم النقى قريباً من مناجم الألومنيوم وذلك لتخفيض تكاليف نقل الخام وأول من قام باكتشافه هو ديفى فى عام ١٨٠٧ . ثم تلاه هانز أورست Hans Oersted (١٧٧٧ ــ ١٨٥١) ، الدانمركى وذلك فى عام ١٨٢٥ وكان استخراجه وتنقيته صعباً ومكلفاً لدرجة أنه فى عصر نابليون الثالث بفرنسا ١٨٥٥م ، كان ضيوفه يقدم لهم الطعام ومعه ملاعق من الألومنيوم بدلاً من الفضة .

وفى نهاية القرن التاسع عشر انخفض سعره بدرجة كبيرة حيث قام المكتشفون وعلى التعاقب بتحسين طرق الإنتاج .

وأولهم هو تشارلز هال Charles hall (١٨٦٣ ــ ١٩١٤) الأمريكى وكذلك الفرنسى باول هيرولت (١٨٦٣ ــ ١٩١٤)

وكانت طريقتهم تنحصر فى أن أوكسيد الألومنيوم يمن تحليله عند إذابته فى الكرايوليت cryolite وهو عبارة عن ألومينات الصوديوم الفلوريدية .

وثانيهم هو النمساوى K. J. Bayer ــ باير فى عام ١٨٩٤ حيث تنص طريقته على أن محلول هيدروكسيد الصوديوم يمكن استخدامه فى تنقية البوكسيت .

وتتلخص عملية استخلاص الألومنيوم فى التحليل الكهربى لأكسيد الألومنيوم الذائب فى الكرايوليت المنصهر (ألومينات الصوديوم الفلوريدية ــ Sodium aluminium fluoride) .

وينتج من التحليل الكهربى ، الألومنيوم عند الكاثود والأوكسجين عند الأنود ويتجمع الألومنيوم عند قاع الوعاء ويمكن رفعه .

ويحترق الأنود الكربونى فى الأوكسجين الناتج مكوناً أول أكسيد الكربون (٧٠ ٪) ؟ ثانى أوكسيد الكربون (٣٠ ٪) ولذلك فإنه يلزم تغييره من وقت لآخر .

ويلزم إضافة الكرايوليت بكميات صغيرة من وقت لآخر لتعويض النقص به .

ويؤدى فقد كمية من الكرايوليت فى صورة فلوريد fluorides إلى مشكلة تلوث أساسية بالمنطقة .

وتبلغ درجة نقاء الألومنيوم الناتج بهذه الطريقة حوالى ٩٩٪ .

ويستخدم فى التحليل الكهربى تيار كهربى تبلغ شدته حوالى ١٢٥٠٠٠ أمبير تحت فرق جهد حوالى ٥,٥ فولت وتحتاج العملية إلى كمية طاقة هائلة .

حيث تبلغ كمية الطاقة اللازمة لإنتاج ١ طن ألومنيوم حوالى ١٣٠٠٠ كيلو وات ساعة .

ويلقى الألومنيوم طلباً متزايداً عليه حيث تبلغ كثافته حوالى ثُلث كثافة الحديد وهو موصل جيد للحرارة وللكهرباء وهو يقاوم التآكل حتى الناشىء من مياه البحار وهو لا ينجذب للمغناطيس .

وله خاصية التشكل فى سبائك ذات مقاومة عالية إلا أنها ذات كثافة قليلة .

وتستخدم هذه السبائك فى الطائرات والسفن والمركبات وهندسة الإنشاءات . وهذه السبائك تُعرف بـ : H 30, H 14, LM 24 فمثلاً السبيكة H 30 عبارة عن :

٩٧,٢٥٪ ألومنيوم ، ١٪ مغنسيوم ، ١٪ سليكون ، ٠,٧٥٪ منجنيز .

، السبيكة H 14 عبارة عن :

٩٤,٢٥ ٪ ألومنيوم ، ٤,٢٥٪ نحاس ، ٠,٧٥٪ منجنيز ، ٠,٧٥٪ مغنسيوم بينما السبيكة LM 24 فهى عبارة عن :

٨٨٪ ألومنيوم ، ٨,٥٪ سليكون ، ٣,٥ ٪ نحاس .

ويستخدم فى كثير من الأغراض مثل أوعية التسخين الكهربية وأوعية الطهى والأغذية والوحدات الكيميائية .

وهو يقاوم حمض النيتريك وبيروكسيد الهيدروجين والنشادر ويستخدم فى تغليف وحفظ الأغذية والمشروبات .

وفى حالة استخدامه ككابلات كهربائية فإنه يتم تقويته بقلب من الصلب .

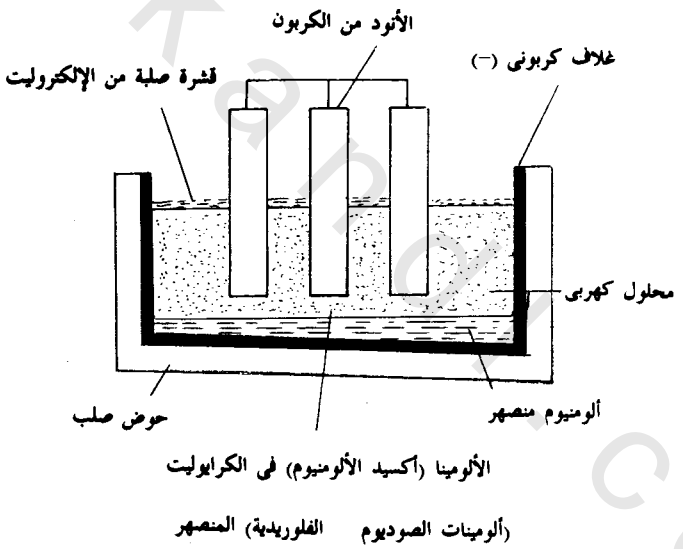
ويمكن استخدامه فى الطلاء لحماية الحديد وسبائكه من الصدأ ويستخدم فى طلاء خلفية مرايات التلسكوبات الكبيرة بسبب لمعانه ومقاومته للصدأ .

ويستخدم الألومنيوم فى صناعة الصلب للحد من تكون الكبريت فى أفران الحديد .

ويتغطى الألومنيوم فى الجو ذى الهواء المشبع بالرطوبة بطبقة من أوكسيد الألومنيوم وهى طبقة شديدة التماسك بالألومنيوم .

ويستخدم خليط من الألومنيوم وثالث أوكسيد الحديد ويعرف باسم ثيرميت Thermit ، فى لحام شروخ الحديد .

، انظر شكل (١٠ ــ ٣) .

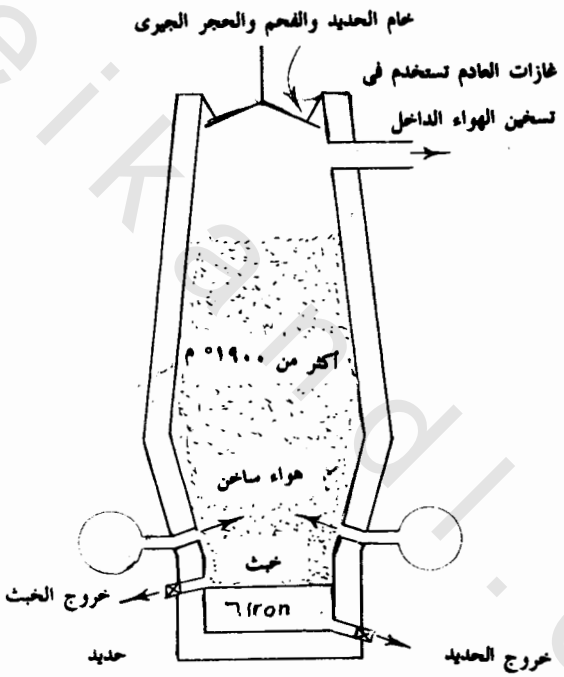


شــكل (١٠ ـ ٣)
استخلاص الألومنيوم

ويتم إنتاج الألومنيوم عادة فى الأماكن التى يتوفر بها مصدر كهرباء رخيص وبكميات ضخمة وتُعتبر نيجيريا من أكبر الدول المنتجة للألومنيوم فى العالم وتستفيد فى هذا من الطاقة الكهربائية الناتجة من سد نهر الفولتا .

[١٠ ـ ٥] الحديد :

يتوفر خام الحديد فى العالم كله والخامات الغنية rich ores تحتوى على كميات كبيرة من الحديد وهى تشمل الهيماتيت والماجنيتيت Haematite, magnetite وهما عبارة عن أكاسيد للحديد . وفى بعض البلاد التى لا يتوفر بها خام غنى بالحديد ، فإنه يتم إستيراد الخام الغنى ، وخلطه بالخام الفقير فى أثناء عمليات استخلاص الحديد ويتم إنتاج الحديد فى أفران الصهر أو فى الفرن العالى Blast furnace انظر الرسم شكل (١٠ ــ ٤) .



شـــكل (١٠ ـ ٤)
الفرن العالى لصناعة الحديد Blast furnace

ويبلغ إرتفاع الفرن حوالى ٧٠ متر ويُصنع من الصلب ويُبطن بطوب حرارى fire proof bbrickes فى حين يبلغ قطره حوالى ١٤ متر والمواد الخام اللازمة

لإنتاج الحديد عبارة عن خام الحديد والفحم والحجر الجيرى ويتم إلقائها من وقت لآخر عبر فتحة بأعلى الفرن .

ويتم دفع هواء ساخن إلى قاع الفرن عبر مجموعة من المواسير تُسمى بقصبة الهواء للفرن Tuyeres .

ويؤدى احتراق الفحم بالفرن إلى توليد حرارة كافية لرفع درجة الحرارة إلى ما فوق ١٩٠٠°م وهى كافية لصهر محتويات الفرن وينتج عن احتراق الفحم تولد غاز أول أوكسيد الكربون .

وهو يقوم بفعل العامل المختزل حيث يختزل أكسيد الحديد إلى الحديد وفيما يلى موجز ما يحدث بالفرن العالى :

أوكسيد الحديد + أول أوكسيد الكربون ⟵ حديد + ثانى أوكسيد الكربون

iron oxide + carbon monoxide ⟶ iron + carbon dioxide

وتتكون الغازات الخارجة من الفرن من أول أوكسيد الكربون والهيدروجين حيث يمكن استخدامها مرة ثانية كوقود لتسخين الهواء اللازم لعملية إنتاج الحديد .

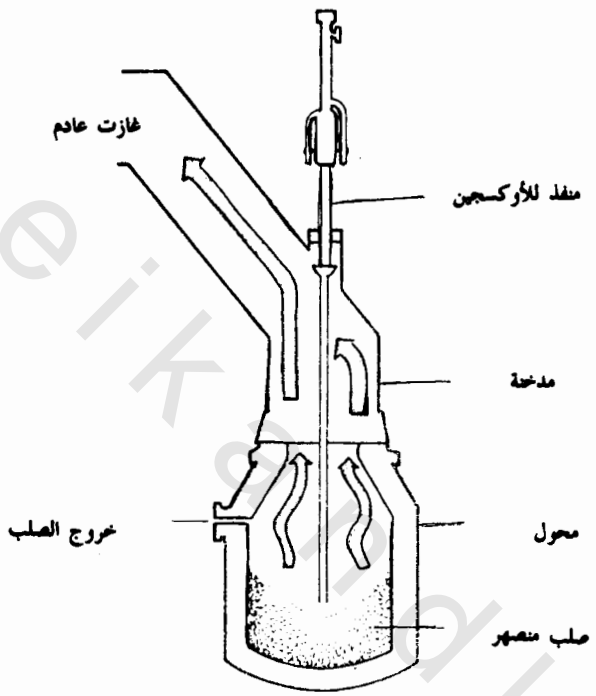
ويُفيد الحجر الجيرى المستخدم فى الفرن فى إزالة الشوائب خاصة الرمل مكوناً الخبث slag وسيليكات الكالسيوم .

وعملية تكوين الحديد بهذا الفرن ، عبارة عن عملية مستمرة ويستمر الفرن يعمل لعدة شهور ليل نهار حيث يتم رفع الحديد المنصهر والخبث المنصهر من أسفل الفرن ، من وقت لآخر .

والحديد الناتج من هذا الفرن يكون غير نقى حيث يحتوى على الكربون والفوسفور والسيلكون ويسمى هذا الحديد بالحديد الزهر : Pig iron أ، Cast iron .

وتصنع أفران الصهر الأفران العالية ، الحديثة بحيث يمكنها أن تنتج حوالى ١٠ ٠٠٠ طن من الحديد يومياً .

ومعظم هذا الحديد يتم تحويله مباشرة إلى صلب بواسطة طريقة: basic oxygen converter ، انظر الرسم شكل (١٠ ــ ٥) .



شـكل (١٠ ـ ٥)
طريقة Basic oxygen process لصناعة الصلب

حيث يتم إمالة الفرن كله وتعبئته بحوالى ٣٠٪ من الحديد الخُردة ، ٧٠٪ من الحديد المنصهر السابق تصنيعه « الحديد الزهر » بالفرن العالى ويتم تدليه مزراق Lance نحاس مبرد بالماء من أعلى الفرن ويتم دفع الأوكسجين النقى تحت ضغط عالى عبر المزراق إلى سطح الحديد المنصهر .

حيث تهرب أكاسيد الكربون والفوسفور كغازات ويتم إضافة الحجر الجيرى لإزالة أى شوائب أخرى كالخبث وفى النهاية يتم إضافة مواد أخرى وبنسب معينة

طبقاً لنوعية الصلب المراد إنتاجه ويتم سحب الصلب من الفرن وتعمل الأفران الحديثة من هذا النوع على إنتاج حوالى ٥٠٠ طن من الصلب فى الساعة .

والحديد يعتبر من أقدم المعادن التى اكتشفها الإنسان ، وأشهر خامات الحديد هى الهيماتيت Haematite – $Fe_2 O_3$.

، الماجنتيت Magnetite $Fe_3 O_4$

، والحجر الحديدى ironstone والذى هو عبارة عن السيدريت والكالبيت ورمزه $Fe CO_3$.

وتكون معادلات الفرن العالى كالتالى :

كربون + أوكسجين ⟵ ثانى أوكسيد الكربون

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

ثم يتحد ثانى أوكسيد الكربون مع الكربون مرة ثانية مكوناً أول أوكسيد الكربون .

ثانى أوكسيد الكربون + كربون ⟵ أول أوكسيد الكربون

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

ثم يقوم أول أوكسيد الكربون باختزال خام الحديد $Fe_3 O_4$ إلى الحديد

أول أوكسيد الكربون + ماجنتيت ⟵ حديد + ثانى أوكسيد الكربون

$$Fe_3 O_4 + 4\,CO \longrightarrow 3\,Fe + 4\,CO_2$$

ويحتوى الحديد الخارج من الفرن العالى على ١ ــ ٥٪ كربون وكميات صغيرة من السيلكون والكبريت والفوسفور والمنجنيز .

ويُترك الخبث الناتج من الفرن العالى حيث يتصلب ثم يتم تكسيره حيث يُستخدم فى أعمال الطرق وصناعة الأسمنت والأسمدة .

أما عن الغازات المندفعة من أعلى الفرن فيتم حرقها فى أفران خاصة Cowper stoves لتسخين الهواء الداخل للفرن .

وتكون النسبة الكيميائية لمكونات هذه الغازات ، كالتالى :

٢٤٪ أول أوكسيد كربون ، ٤٪ هيدروجين ، ٦٠٪ نيتروجين ، ١٢٪ ثانى أوكسيد الكربون وكل من الغازين الأولين ، سريع الإلتهاب .

ويلزم لإنتاج ١ طن من الحديد كمية من الهواء يبلغ وزنها حوالى ٤,٥ طن هواء أو ما يعادل ٣٢٠٠ متر مكعب من الهواء .

والحديد الزهر الناتج من الفرن العالى قصفاً أو هشاً brittle إلا أنه يتحمل ضغوط عالية لذلك يستخدم فى صناعة السيارات والماكينات والمواسير وأغطية البالوعات وأفران الغازات .

، وتنحصر عملية تصنيع الصلب فى الحد من أو تقليل الشوائب بالحديد الناتج من الفرن العالى ثم إضافة خامات أخرى طبقاً لنوع الصلب المراد صناعته .

وتوجد ثلاث طرق رئيسية لتحويل الحديد إلى صلب .

١ ــ محول بسمر الذى تم اختراعه عام ١٨٥٦ على يد الإنجليزى هنرى بسمر (١٨١٣ ــ ١٨٩٨) .

٢ ــ محول LD من اكتشاف ويليم كيلى الأمريكى .

٣ ــ محول BOC وهو تعديل لمحول LD .

والرموز BOC هى إختصار لاسم العملية .

Basic Oxygen Converter

والأخيرة هى الشائعة الآن فى بلاد كثيرة .

والصلب هو صورة نقية للحديد ويحتوى على ١,٥٪ كربون على الأقل ويوجد الكربون على صورة مركب سمينتيت Fe_3O Cementite ويتم تصنيف الصلب طبقاً لنسبة الكربون به كالتالى :

١ ــ الفولاذ المطاوع mild steel : وهو يحتوى على أكثر من ٠,٢٥٪ من الكربون ويستخدم هذا الصلب فى الأغراض والأشغال الهندسية العامة مثل الأسلاك والمسامير البرشام وألواح الصلب .

٢ ــ صلب متوسط الكربون Medium – Carbon steel وهو يحتوى على

٠,٢٥ ــ ٠,٤٠٪ كربون ويستخدم فى صناعة الياية والنوابض .

٣ ــ صلب عالى الكربون High Carbon Steel وهو يحتوى على ٠,٤٥ ــ ١,٥٪ كربون ويستخدم فى صناعة المطارق والأزاميل chisels والأجنات .

وتُستخدم الأفران الكهربية Electric furnaces أساساً ، لإنتاج سبائك الصلب steel alloys أى ذلك الصلب الذى يدخل فى تكوينه التنجستن tungsten أو الكوبالت Cobalt أو النيكل Nickel أو الكروم Chromium أو المنجنيز Manganese أو الفاناديوم Vanadium أو الموليبدنوم molybdenum .

حيث تضاف هذه المواد بنسب خاصة إلى خليط الحديد والكربون .

كما تستخدم الأفران الكهربية فى عمل الصلب الكربونى العالى الجودة والذى يستخدم فى صناعة عدد وأدوات القطع Cutting tools وقد بدأت صناعة سبائك الصلب منذ أن اكتشف روبرت موشت Robert Mushet ، فى عام ١٨٦٨ أن إضافة التنجستن تزيد من الصلابة ومقاومة الحرارة .

وفى عام ١٨٨٢ اكتشف سير روبرت هادفيلد Robert Hadfield الإنجليزى ، الصلب المنجنيزى Manganese steel والذى أدت صلابته العالية إلى استخدامه فى خطوط السكك الحديدية .

وفى عام ١٩١٣ إكتشف هارى بربرلى Harry Brearley الإنجليزى ، الصلب الذى لا يصدأ stainless steel وهو المستخدم حتى اليوم ويتكون من ٧٤٪ حديد ، ١٨٪ كروم ، ٨٪ نيكل .

والسبب فى عدم صدئه هو الطبقة الرقيقة المُغلفة من ثالث أوكسيد الكروم .

ويمكن تحسين خواص الصلب بواسطة عمليات المعالجة الحرارية heat treatment .

فعملية التبريد السريع الفجائى للصلب الأحمر الساخن red – hot steel بالزيت أو بالماء ؛ تُعطيه صلابة hardness ، قصافة brittles وعادة ما يتم معالجة الصلب المبرد بهذه الطريقة ، tempered أى بإعادة تسخينه ثم نتركه يبرد

وتؤدى هذه العملية إلى تقليل الصلابة إلا أنها تجعل منه أكثر تحملاً لإجهادات الشد .

وتتم عملية Case hardening أى التصليد السطحى بتسخين الصلب فى الميثان أو فى الأمونيا أو فى سيانيد البوتاسيوم المنصهر حيث يتم تصليد السطح فى حين يبقى من الداخل طرياً . ويستخدم الصلب المعالج بهذه الطريقة فى صناعة التروس .

ويتم عمل الفولاذ المُلدّن Annealing Steel بغرض التخلص من إجهادات الانفعال strain بعد عمليات تشكيل الأشياء .

حيث يتم تسخين الصلب الطرى (Soft steel, low carbon steel only) المنخفض الكربون (فقط) إلى حوالى ٧٥٠°م فى هواء ساكن ثم تركه إلى أن يبرد ببطء فى الفرن وهذا من شأنه أن يجعل الصلب مطاطاً أى قابل للمط والسحب والطرق ductile وذو إجهاد شد عالى ويستخدم هذا الصلب فى عمل السلاسل ويعبر إنتاج الصلب فى أى دولة عن حالة إقتصاد هذا الدولة .

ويبدو من المحال أن تتصور العالم فى هذا العصر بدون صناعة الصلب فهو يستخدم فى التركيبات وفى النقل وفى الهندسة الميكانيكية وفى عمل الأسلاك وصناعة العلب المعدنية (الصفيح) . والأسطوانات والصناديق وإطارات وهياكل بعض المبانى .

وبكميات أقل إلّا أنها ذات أهمية بالغة فى عمل المسامير والجوايط والصواميل وكعامل الأمونيا وفى صناعة الأمونيا وفى صناعة الإطارات وفى المئات من الاستعمالات الأخرى المتعددة .

[١٠ ـ ٦] النيـــكل :

تم عزل النيكل لأول مرة فى عام ١٧٥١ بواسطة السويدى أكسل كرون ستدت Axel Cronstedt والخام الرئيسى للنيكل هو بنتلانديت pentlandite وهو عبارة عن كبريتيد النيكل sulphide of nikel ، الحديد $Fe\ Ni\ S_2$.

وتبلغ نسبة توفر النيكل فى صخور الأرض حوالى ٠,٠٠ ٧٢٪

حيث يتم سحق الخام إلى عمليات طفو متلاحقة لفصل المواد الأرضية (أتربة وخلافه) من كبريتيد النيكل ومن كبريتيد النحاس (يكونا بنسب متساوية فى خامات كثيرة) .

حيث يتأكسد كبريتيد النيكل إلى أوكسيد النيكل .

$$2\ NiS + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ NiO + 2\ SO_2$$

كبريتيد النيكل + أوكسجين ⟵ أوكسيد النيكل + ثانى أوكسيد الكبريت

ويتحول ثانى أوكسيد الكبريت عادة إلى حامض كبريتيك .

ويمكن إختزال أوكسيد النيكل بالكربون للحصول على المعدن والذى تتم تنقيته بواسطة التحليل الكهربى .

أوكسيد نيكل + كربون ⟵ نيكل + ثانى أوكسيد الكربون

$$2\ Ni\ O + C \longrightarrow 2\ Ni + CO_2$$

وقد يتم اختزال أوكسيد النيكل بالهيدروجين ويتم تنقية المعدن باستخدام أول أوكسيد الكربون .

أوكسيد النيكل + هيدروجين ⟵ نيكل + ماء

ثم نيكل + أول أوكسيد الكربون ⟵ رابع كربونيل النيكل

$$Ni\ O + H_2 \longrightarrow Ni + H_2O$$

$$Ni + 4\ CO \longrightarrow Ni\ (CO)_2\ \text{(Tetracarbonylnickel)}$$

ويحتوى الصلب الذى لا يصدأ على ٨٪ نيكل

وتوجد سبيكة عالية النيكل تعرف باسم [مُونل Monel]

تحتوى على ٦٥٪ نيكل ، ٣٢٪ نحاس ونسب صغيرةمن المنجنيز والحديد ويستخدم معدن مونل فى صناعة أنابيب المكثفات وفى صناعة أعمدة الجر بالسيارات (عمود الكردان) وفى وحدات إنتاج الكيماويات والأغذية والعقاقير .

وتحتوى الطائرة البوينج ٧٤٧ على ما مقداره ٥ طن من النيكل فى صورة سبائك .

وتحتوى الطائرة الكونكورد على ما مقداره ٧ طن من النيكل فى صورة سبائك ، كذلك .

وتصنع مفاتيح الإنارة من سبائك من النيكل والفضة ، ويدخل النيكل فى صناعة العملات المعدنية فى كثير من دول العالم ، بنسب مختلفة .

ويعتبر النيكل عامل محفز هام ويستخدم فى تحويل الزيوت إلى دهون .

[١٠ ـ ٧] النحـاس :

عُرف النحاس منذ ٤٠٠٠ عام قبل الميلاد أى منذ حوالى ٦٠٠٠ عام فى مصر ومن المرجح أنه أول معدن يتم استخدامه على الإطلاق ويظهر النحاس مختلطاً مع بعض من المواد الأخرى التى تشكل فى مجموعها ، الخام الرئيسى للنحاس وهنالك حوالى ٣٦٠ خاماً معروفاً للنحاس تختلف كمية النحاس فى كل منها وبعض من هذه الخامات تحتوى على النحاس بنسبة أقل من ١٪ .

والخام الأشهر هو بيريت النحاس Cu Fe S_2 Copper pyrites أى كبريتيد الحديد والنحاس .

وتبلغ نسبة توفر النحاس فى صخور الأرض حوالى ٠,٠٠٥٨٪ ويتوفر النحاس بكثرة فى شيلى وزامبيا وزائير وبيرو .

ولما كان ترتيبه فى سلسلة النشاط الكيماوى (بالأسفل) ، لذلك فإن استخلاصه من خاماته يكون أسهل بكثير من العناصر التى تسبقه فى جدول النشاط الكيماوى .

ويُشبه استخلاص النحاس وإلى حد كبير استخلاص النيكل ومن الهام جداً خاصة حين استخدم النحاس فى الأغرض الكهربية من إزالة كل الحديد والكبريت من النحاس ، والنحاس الناتج يتم تنقيته بالتحليل الكهربى وذلك بجعل النحاس المراد تنقيته هو الأنود ويكون الكاثود لوح رقيق من النحاس النقى ويكون المحلول

الكهربى عبارة عن كبريتات النحاس وكمية قليلة من حمض الكبريتيك المخفف .

وينتج عن هذه العملية إنتقال النحاس من الأنود إلى الكاثود أما الشوائب ومنها الفضة والذهب والبلاتين فإنها تسقط إلى القاع فى حين تمر الرواسب الحديدية وتبقى بالمحلول .

ويستخدم فى مجال الهندسة الكهربائية حوالى ٤٥٪ من إنتاج النحاس العالمى فى صورة أسلاك وكابلات للمولدات والمحركات وملفات المحولات والموصلات الكهربائية من كل الأنواع .

ويستخدم فى مجال الدوائر المطبوعة printed circuits .

فى حين يستخدم حوالى ٣٠٪ من إنتاج النحاس فى عمل السبائك فمثلاً النحاس الأصفر brass هو سبيكة من النحاس والزنك (٦٥٪ نحاس ، ٣٥٪ زنك) وفى عمل مجموعات المياه والصنابير، والبرونز هو سبيكة من النحاس والقصدير (٨٥٪ نحاس ، ١٥٪ قصدير) للوحدات الكيميائية ولأعمال المعمار والديكور .

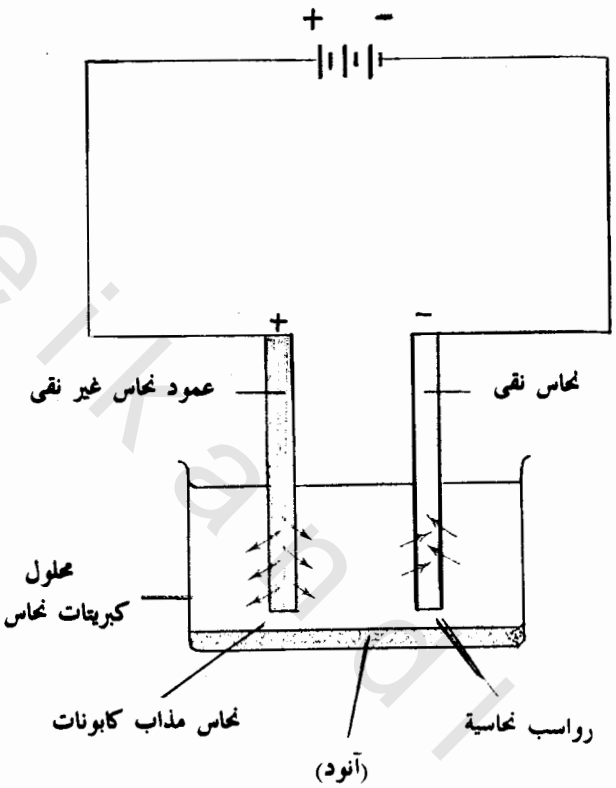
وتستخدم المواسير النحاسية فى أعمال السباكة والصحية وفى أغراض التسخين وبنسبة حوالى ١٠٪ من النحاس .

ولما كانت نسبة النحاس فى الخام قليلة أقل من ١٪ (حوالى ٠,٣٪) فإنه يتم تركيز الخام بعملية طفو حيث يوضع الخام فى أحواض مياه تحتوى على بعض المنظفات الصناعية والإضافات الكيميائية الأخرى .

حيث تطفو المركبات المحتوية على النحاس ، على السطح ويمكن رفعها ، ثم يتم خلط الخام المركز مع الحجر الجيرى ويُسخنا ويتم الرفع والتخلص من الشوائب .

ثم يحمل الناتج من كبريتيد النحاس إلى فرن يعرف باسم المحول Convertor حيث يدفع الهواء عبر منطقة المعدن الساخن المنصهر بالفرن فيهرب غاز ثانى أوكسيد الكبريت ويخرج النحاس مندفعاً من المحول ، نقياً بنسبة ٩٨٪

ولأسباب كثيرة فإنه يلزم تنقية النحاس وذلك بالتحليل الكهربى انظر شكل (١٠ ــ ٦) .



شـكل (١٠ ـ ٦)
تنقيـة النحـاس

حيث يحول النحاس إلى محلول كبريتات النحاس ويعتبر هذا بمثابة الإلكتروليت فى وحدة التنقية أو التحليل بالكهرباء .

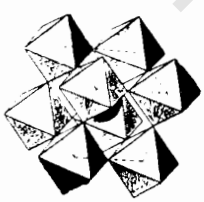
[١٠ ـ ٨] خلاصـة :

تعتبر عملية استخلاص المعادن من خاماتها فى غاية الأهمية ويقوم على هذه العملية أساس إقتصاد كثير من الدول .

وتعتمد تكلفة استخلاص المعدن على مكان إستخراج خامة الأصلى كما تعتمد طريقة استخلاصه على وضع المعدن فى سلسلة النشاط الكيميائى .

فالمعادن ذات الأولوية فى هذه السلسلة تكون مركباتها أكثر استقراراً ويتم استخلاص هذه المعادن بالتحليل الكهربى للعناصر المنصهرة .

بينما المعادن التى تقع فى وسط هذه السلسلة من حيث الترتيب فتكون مركباتها أقل استقراراً فى الخام ويمكن استخلاصها بالاختزال باستخدام الكربون أو أول أوكسيد الكربون كعامل إختزال ؛ فى حين أن المعادن التى تقع فى نهاية هذه السلسلة من حيث الترتيب فتكون فى باطن الأرض إما فى صورة منفردة وغير متحدة أو تتوفر فى مركبات غير مستقرة وهذه المعادن يمكن استخلاصها بتسخين الخام .



obeikandl.com