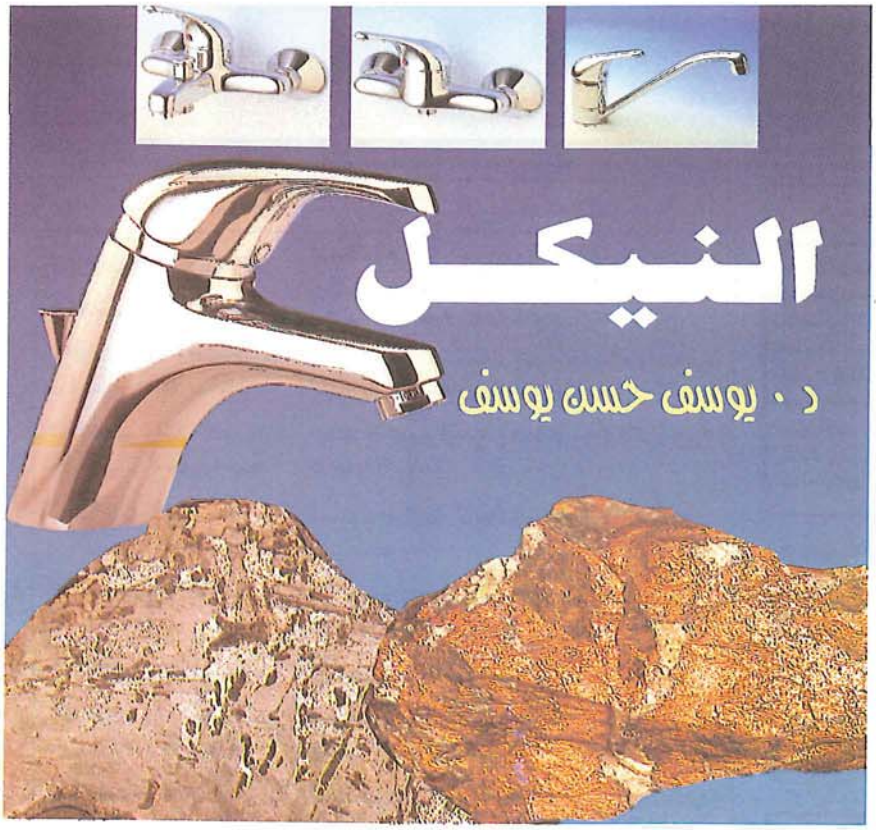


النيكل

د . يوسف حسن يوسف

ألف الصينيون النيكل - دون أن يكتشفوه - قبل الميلاد (العصور الوسطى) كمكون أساس لمادة "باي - ثنق" (Pai-Thung) التي تعني النحاس الأبيض، والتي تتكون من ٤٠٪ نحاس، ٣٢٪ نيكل، ٢٥٪ زنك، ٣٪ حديد، وتشبه الفضة في شكلها. ومنذ ذلك الحين لم تظهر مادة (باي - ثنق) في أوربا إلا بعد النصف الأخير من القرن الثامن عشر الميلادي وبكميات قليلة. وقد كان الإعتقاد السائد في أوروبا آنذاك أن النيكل نفسه هو خام النحاس، بسبب التشابه الكبير بينهما في الشكل الخارجي والمظهر الطبيعي، ولهذا السبب لم يكن من السهل اختزال خام النيكل لإنتاج الفلز مما جعل الألمان يطلقون على الخام اسم "كيبفر - نيكل" (Kupfer-Nickel) حيث ترادف كلمة (Nickel) بالإلماني كلمة نحاس بينما تعني كلمة (Kupfer) الألمانية "الشيطان" وقد جاءت تلك التسمية لاعتقاد الناس حينها أن الشيطان لايسمح باستخلاص النحاس من تلك الخامة مما جعلهم يعتقدون أن تلك المادة الجديدة عبارة عن نحاس زائف، وقد كان هذا الإعتقاد سبباً في الإكتفاء بكلمة (Nickel) كاسم لهذا الفلز بواسطة العالم السويدي أكسيل كرونستد (Axel Cronstedt) الذي أفلح في استخلاص فلز النيكل - ولكن بصورة غير عالية النقاوة - من خام الجرسدورفايت والتعرف عليه عام ١٧٥١م، وفي عام ١٧٧٥م تمكن بيرجمان (Bergmann) من التعرف على النيكل كفلز منفصل يختلف عن النحاس. تلا ذلك عام ١٨٠٤م استخلاص فلز النيكل بدرجة نقاوة عالية بوساطة الكيميائي ريتشر (Richter) مما جعله يلم بتفاصيل أكثر عن صفاته الكيميائية، والفيزيائية ممهداً الطريق لوضع الفلز ضمن المجموعة الفرعية الثامنة من مجموعات العناصر الانتقالية التي تقع بين المجموعتين الرئيسيتين الثانية والثالثة من الجدول الدوري للعناصر، بعد الحديد والكوبلت، اللذين يشبهانه في كثير من الصفات.

وقد ساعد التشابه الكبير بين الفضة وسبيكة النحاس - نيكل المعروفة (بالنحاس الأبيض) التي كان ينتجها الصينيون منذ العصور الوسطى في ازدهار تجارة النيكل، خاصة وأن السبيكة المشار اليها أقل ثمناً من الفضة، حيث شهدت الفترة من ١٨٣٠إلى ١٨٣٩م إنتاج كميات تجارية من تلك السبيكة في ألمانيا وانجلترا، أطلق عليها الفضة الألمانية (German Silver) أولاً وفضة النيكل (Nickel Silver) لاحقاً.

تلا ذلك تطور هام في صناعة السبائك المحتوية علي النيكل عندما أصدرت الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٨٥١م عملة من سبيكة نحاسية تحتوى على ١٢٪ نيكل، ثم تبعتها دول أخرى لتزدهر تجارة النيكل بشكل ملحوظ.

خواص النيكل

النيكل (Ni) عبارة عن فلز أبيض فضي له رقم ذري (٢٨) وكتلة ذرية (٥٨ر٧١)، ويوجد في الطبيعة على هيئة خمسة نظائر مستقرة هي: ٥٨، ٦٠، ٦١، ٦٢، ٦٤، بنسب مئوية مقدارها ٦٧,٨٪، ٢٦,٢٪، ١,٢٪، ٣,٦٪، ٠,٩٪، على التوالي، كما يمكن إنتاج نظائر مشعة صناعياً باعداد كتلية ٥٦، ٥٧، ٥٩، ٦٣، ٦٥، ٦٦، ٦٧.

تنبع أهمية النيكل من كونه أنه يمكن أن يدخل في إنتاج عدد من السبائك لتحسين صفاتها العامة مثل زيادة الصلادة والمتانة ومقاومة التآكل عند مدى واسع من درجات الحرارة، فهو مثلاً يدخل في صناعة الحديد والصلب، فضلاً عن أن سبائكه تلعب دوراً هاماً في صناعة المركبات الفضائية وغيرها من الصناعات ذات الصلة.

● الخواص الفيزيائية

تعتمد الخواص الفيزيائية للنيكل على درجة نقاوته، فالفلز عالي النقاوة يتميز بأنه قابل للطرق والسحب متوسط الصلادة، ومتين، وشديد المقاومة للتآكل في وسائط عديدة، ويوضح الجدول (١) بعض الخصاص الفيزيائية لفلز النيكل.

● الخصائص الكيميائية

تتشابه الخصائص الكيميائية لفلز النيكل بشكل عام مع خصائص وصيفيه الحديد والكوبلت، غير أن الصفات النادرة

الخاصية	القيمة والوحدة
درجة حرارة الإنصهار	١٤٥٥ مْ
درجة حرارة الغليان	٢٧٣٠ مْ
السعة الحرارية (صفر-١٠٠ مْ)	٤٥٢, جول/جم/كلفن
حرارة الإنصهار (١٤٥٥ مْ)	٣٠٢ جول/جم
معامل التمدد (صفر-١٠٠ مْ)	١٣,٣×١٠-٦/كلفن
الناقلية الحرارية (صفر-١٠٠ مْ)	٨٨,٥ واط/م/كلفن
المقاومة الكهربائية (٢٠ مْ)	٦,٩ ميكرو أوم/م

● جدول (١) بعض الصفات الفيزيائية لفلز النيكل.

للفلز تتمثل في مقدرته على التفاعل مع أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة ٦٠مْ لإنتاج رباعي كربونيل النيكل ـ مادة قابلة للتطاير ـ بتفاعل عكوس ، ينتج عنه فلز النيكل وأول أكسيد الكربون عند درجة حرارة ١٨٠مْ وذلك وفقاً لمعادلة التفاعل التالية :

$$Ni + 4CO \underset{١٨٠مْ}{\overset{٦٠مْ}{\rightleftharpoons}} Ni(CO)_4$$

ويستخدم هذا التفاعل للحصول على فلز النيكل النقي . كذلك يعد الفلز مقاوم جيد للتآكل ـ عند درجات حرارة متوسطة ـ بفعل الهواء وماء البحار والأحماض غير المؤكسدة ، وفضلاً عن ذلك فان الفلز يقاوم التآكل الذي تسببه المواد القلوية عدا النشادر ، ولذلك يستخدم في إنتاج الصودا الكاوية .

ومن الخواص الكيميائية الأخرى لفلز النيكل قابليته لامتصاص الهيدروجين ، حيث يزداد الامتصاص بارتفاع درجة الحرارة ودرجة نعومة المسحوق ، لتكوين هيدرات النيكل .

معادن وخامات النيكل

بالرغم من وجود كثير من المعادن التي تحتوى على عنصر النيكل ، جدول (٢) إلا أن معادن الكبريتيد والأكاسيد تعد أهم المعادن الرئيسة من الناحية الاقتصادية .

● خامات الكبريتيدات

تشكل معادن الكبريتيدات حوالي ٢٠٪ من خامات إنتاج النيكل في العالم ، ولكن يقدر انتاجها من الفلز بأكثر من ٦٠٪ ، حيث ينتج الباقي من خامات الأكاسيد التي تشكل الغالبية العظمى (٨٠٪) من مصادر خام الفلز .

ومقارنة بالكبريتيدات الأخرى المحتوية على فلز النيكل يعد معدن البنتلانديت (Pentlandite) أهم مصدر لإنتاج النيكل ، حيث يتم منه إنتاج أكثر من ٥٩٪ من فلز النيكل في العالم . وبشكل عام تحتوى خامات الكبريتيدات على ٠,٤ – ٢٪ نيكل ، ٠,٢–٤٪ نحاس ، ١٠–٣٠٪ حديد ، ٢٠٪ كبريت ، إضافة إلى كميات قليلة من أكاسيد السيليكون والمغنيسيوم والألمنيوم والكالسيوم . وعلى الرغم من أهمية البنتلانديت كمصدر أول للنيكل إلا أن

المعدن	التركيب الكيميائي	نسبة النيكل (٪)
١– كبريتيدات		
بنتلانديت	$(Ni, Fe)_9S_8$	٣٤ر٢
ميليرات	NiS	٦٤ر٧
هيزليودايت	Ni_3S_2	٧ر٣٢
بوليديايمايت	Ni_3S_4	٥٧ر٩
سيقينايت	$(Co, Ni)_3S_4$	٢٨ر٩
فايولارايت	Ni_2FeS_4	٣٨ر٩
٢–زرنيخات		
نيكولايت	Ni As	٤٣ر٩
راميلسبيرقايت	$Ni As_2$	٢٨ر٢
جيرسدورفايت	Ni As S	٣٥ر٤
٣– أنتمونات		
بريتابتايت	Ni Sb	٣٢ر٥
٤–سيليكات وأكاسيد		
فارنيرايت	$(Ni, Mg)_6Si_4O_{10}(OH)_8$	٤٧≥
ليمونايت الحديد والنيكل	$(Fe Ni)O(OH).NH_2O$	كمية قليلة

● جدول (٢) المعادن الرئيسية لفلز النيكل .

معادن البايرهوتيت (Pyrrhotite-"Fe_2S_8") والكالكوبيرايت ("CuFeS" Chalcopyrite) لاتقل أهمية كمصدر للنيكل بسبب احتوائها على كميات قليلة من الفلز . وتحدد نسبة وجود المعادن الثلاثة المذكورة ـ البنتلانديت والبايرهوتيت والكالكوبيرايت ـ في الخام الجدوى الإقتصادية لتعدين النيكل ، ويأتي في المرتبة الثانية من حيث الأهمية خامات كبريتيدية أخرى مثل البيرايت (FeS_2) والكيوبانيت ($CuFe_2O_3$) والفايولارايت (NiFeS) .

توجد خامات النيكل الكبريتيدية في كل من كندا ، الإتحاد السوفييتي السابق ، وجنوب أفريقيا ، وأستراليا ، وزمبابوي ، وفنلندا .

● الخامات الأكسجينية

تتكون خامات النيكل الأكسجينية نتيجة تجوية صخور البريدوتايت (Peridotite) إلى معدن الأوليفين (Olivine) ـ سيليكات مغنيسيوم حديد ـ الذي يحتوي على ٠,٣٪من النيكل . وقبل البدء في عملية التجوية تتحول أغلب صخور البريدوتايت الى السيربنتين (Serpentine) ـ سيليكات مغنيسيوم مائية – حيث يختلط مع الأوليفين ، ليتم تحويلها في وجود الماء وثاني أكسيد الكربون إلى محاليل مغنيسيوم وحديد ونيكل وغرويات السيليكا ، وسرعان مايتحول الحديد إلى رواسب الجيوثايت (Geothite) والهيماتيت (Hematite) بوساطة الأكسدة عند تعرضه للهواء ، وتبقى محاليل المغنيسيوم والنيكل وغرويات السيليكا ، حيث تنتقل مع الماء إلى أسفل طبقات التربة أو الصخور المسامية وهي على هيئة مواد حمضية قابلة للتعادل متى ما تهيأت لها ظروف التفاعل مع مواد قلوية في الصخور أو التربة . وعند تعادل هذه المحاليل فإنها تترسب على هيئة سيليكات مائية من النيكل والمغنيسيوم .

توجد خامات النيكل الأكسجينية في أستراليا ، والبرازيل ، وكوبا ، وكلدونيا الجديدة ، والدومنيكان ، واليونان ، وإندونيسيا ، ويوغسلافيا السابقة ، والإتحاد السوفييتي السابق .

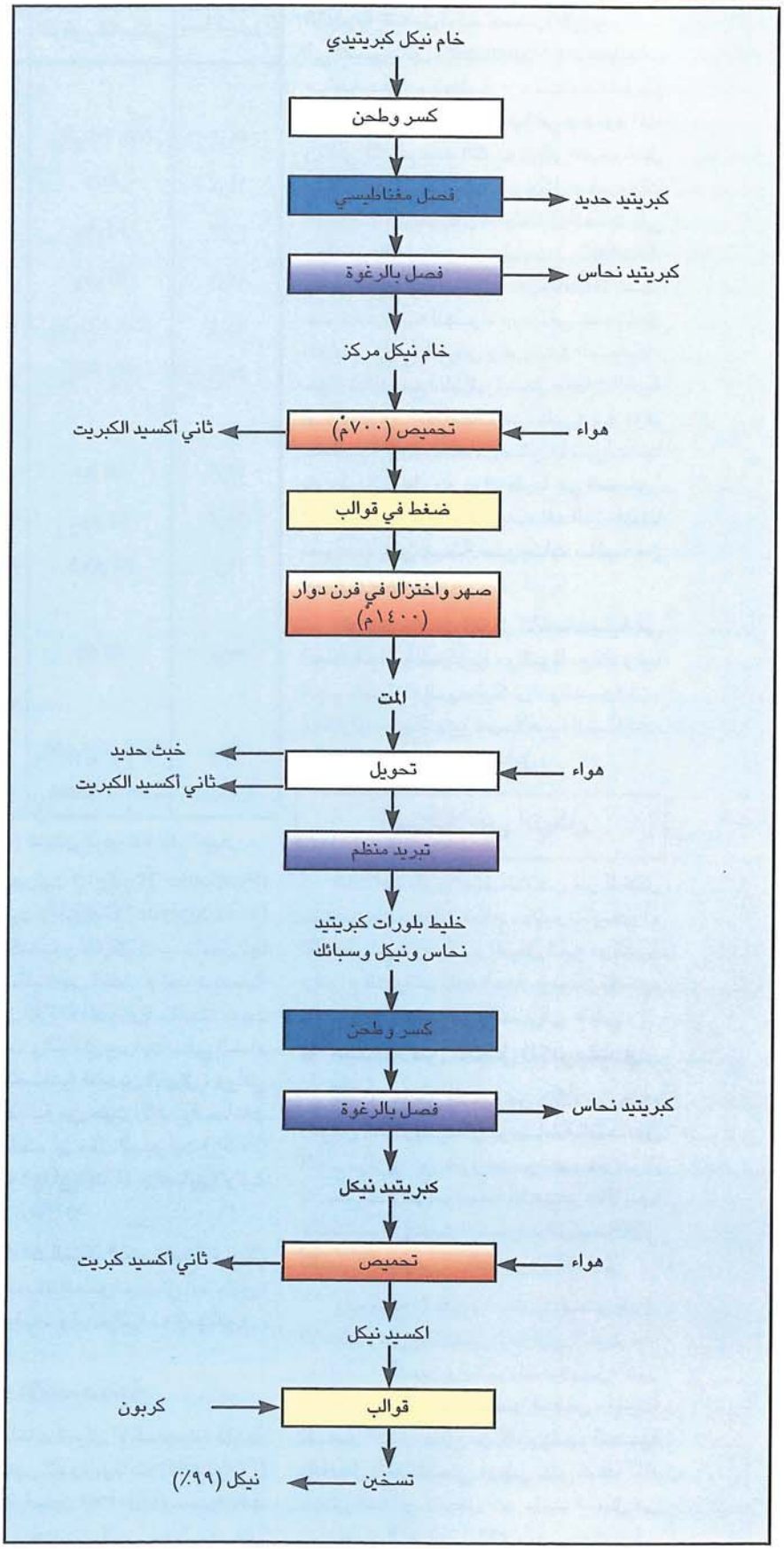
استخلاص النيكل

تختلف طرق استخلاص فلز النيكل حسب طبيعة الخام ـ كبريتيدي أم أكسجيني ـ وتركيز النيكل فيه ، وكمية وأنواع الشوائب المصاحبة . ويمكن تقسيم تلك الطرق حسب نوع الخام إلى مايلي :

● استخلاص النيكل الكبريتيدي

يستخلص أكثر من ٩٠٪ من خام النيكل الكبريتيدي بوساطة التعدين الحراري . ورغم وجود عدة طرق للاستخلاص بواسطة التعدين ، إلا أنها لاتختلف من حيث الخطوات الرئيسة التي تشمل التحميص ، والصهر ، والتحويل .

ويوضح شكل (١) أشهر طرق الإستخلاص بالتعدين الحراري ، حيث تبدأ بعمليات التكسير والطحن لفصل جزء كبير من الكبريتيدات عن بعضها البعض ، تمهيداً لفصل أكبر جزء من كبريتيد الحديد بالفصل المغناطيسي . ويلي ذلك إضافة الماء للخام الناتج لفصل كبريتيد النيكل من كبريتيد النحاس بالتعويم ، حيث يبقى كبريتيد النحاس في القاع لكبر كثافته



● شكل (١) خطوات استخلاص النيكل من الخامات الكبريتيدية.

النوعية ، ويطفو كبريتيد النيكل مع الرغوة .

تبدأ بعد ذلك عملية تحميص خام النيكل النا تج عند درجة ٦٠٠-٧٠٠ م° في وجود الهواء ، ليتم أكسدة جزء كبير من كبريتيد الحديد المتبقي ضمن الخام حيث أن درجة الحرارة المذكورة لاتسمح بأكسدة كبريتيدات النحاس والنيكل لألفة كبريتيد الحديد للأكسدة مقارنة بالكبريتيدات المذكورة . يتم بعد ذلك ضغط الخليط في قوالب للصهر والاختزال في فرن دوّار لإنتاج خليط من كبريتيد النحاس والنيكل يطلق عليه المْت (Matte) . ينقل الخليط الى مفاعل محول (Converter) ليتم التخلص من الحديد المتبقى ـ على هيئة خبث من أكسيد الحديد ـ بواسطة الصهر عند درجة حرارة ١٤٠٠م° وفي وجود الهواء ، ويلي ذلك تبريد تدريجي للنا تج للحصول على بلورات كبريتيدي النحاس والنيكل وسبائكهما ، ثم تخضع البلورات إلى عمليات تكسير وطحن ، ليتم فصل كبريتيد النحاس من كبريتيد النيكل بطريقة التعويم المذكورة سابقاً . بعدها يحمص كبريتيد النيكل في وجود الهواء ليتم أكسدته إلى أكسيد النيكل الذي يضاف إليه الكربون مع الكبس والضغط ويحفظ في قوالب ليتم تسخينه لإنتاج فلز النيكل بدرجة نقاوة حوالي ٩٩٪.

● إستخلاص النيكل الأكسجيني

يستخلص النيكل الأكسجيني بشكل عام عن طريق الصهر حيث يتم أولاً إزالة محتوى الخام من الماء (في هيئة ماء حر أوهيدروكسيد) ، عن طريق التجفيف عند درجة حرارة ٢٥٠م° . ثم يحول الخام الناتج إلى فرن عند درجة حرارة ٨٠٠-٩٠٠م° لإزالة المزيد من الماء ، يلي ذلك صهر الخام عند درجة حرارة أكثر من ١٤٥٠م° ، ليتم حجز النا تج على هيئة حديد نيكل (٢٤٪ نيكل ، ٦٩٪حديد ، ٢٪ كربون ، ٣٪ سيليكون ، ١,٥٪ نحاس ، نسبة قليلة من الفوسفور) ، ويخضع الخام النا تج إلى عملية تنقية يتم بموجبها إزالة الكربون والكبريت والسيليكون والفسفور ، يلي ذلك صهر النا تج في وجود الكبريت لتحويل الخام إلى كبريتيدات ، والحديد والنيكل ، بعدها يضخ الهواء على مصهور الكبريتيدات ليتم أكسدة الحديد وإزالته ليبقى المْت (٧٥٪ -٨٠٪ نيكل ، ١-٤٪

حديد ، ٢٠٪ كبريت ٠,٤–١,٧ كوبالت) الذي يعالج لاستخلاص النيكل النقي حسب ماهو موضح سابقاً .

كذلك يمكن استخلاص النيكل الأكسجيني عن طريق الصهر المائي ، الذي يتم بشكل عام حسب الخطوات التالية :

ـ تحميص الخام في وجود حامض الكبريت أو الكلور .

ـ اذابة النا تج بالماء وغسله لاستخلاص محلول كبريتات أوكلوريدات النيكل والكوبلت .

ـ تحميص الراسب في الخطوة السابقة بالصودا ، وإذابة النا تج بحامض الكبريت أو الكلور أو النيتروجين لاستخلاص محاليل النيكل والكوبلت .

ـ ترسيب محاليل النيكل والكوبلت بإضافة كبريتيد الهيدروجين إلى الكبريتيدات ، وذلك عند درجة حرارة ١٢٠مْ وضغط ١٠ جوي وفقاً للتفاعلات التالية :

$$Ni\,SO_4 + H_2S \longrightarrow NiS + H_2SO_4$$

$$Ni\,Cl_2 + H_2S \longrightarrow NiS + 2HCl$$

$$Ni\,(NO_3)_2 + H_2S \longrightarrow NiS + 2HNO_3$$

تنقيـة النيكـل

رغم ملاءمة النيكل المستخلص بالطرق المذكورة للكثير من الصناعات ، بسبب نقاوته التي تقارب ٩٩٪ ، إلا أن هناك استخدامات خاصة تتطلب مزيداً من النقاوة للفلز ، وفي هذه الحالة يمكن إخضاع الفلز إما للتنقية بالمناحل الكهربائية (Electrolytic Refining) أو التنقية الكربونيلية (Carbonyl Refining) .

● التنقية بالمناخل الكهربائية

تجرى التنقية بالمناخل الكهربائية بوجه عام في وعاء يحتوى على عدة خلايا منخلية (كهروليتيه) تملأ كل واحدة منها بخليط من كلوريد وكبريتيد الزنك في وجود عدد من المصاعد (Anodes) المصنوعة من فلز أو مت النيكل ، ويتخلل بين كل مصعدين من المصاعد المذكورة مهبط (Cathode) مصنوع من النيكل الصافي . ويتم توصيل التيار الكهربائي بين المصاعد والمهابط على التوازى ، وعند مروره فإن المصاعد تبدأ في الذوبان على شكل أيونات النيكل (Ni^{2t}) ويترسب النيكل النقي (Pure Nickel) على المهابط ، وذلك حسب التفاعل التالي :

$$Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e^- \quad (\text{المصعد})$$

$$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni \quad (\text{المهبط})$$

ولضمان إستمرار العملية يتم تبادل المصاعد مع المهابط بشكل دوري .

● التنقية الكبرنونيلية

تعتمد فكرة التنقية الكربونيلية على خاصية تفاعل النيكل مع أول أكسيد الكربون عند الضغط الجوي العادي ، وعند درجة حرارة منخفضة نسبياً (٤٠–٨٠مْ) لتكوين غاز رباعي كربونيل النيكل (Nickel Tetracarbonyl) ، وتعود أهمية هذا التفاعل إلى أنه تفاعل عكوس عند درجة حرارة (١٥٠–٣٠٠مْ).

والجدير بالذكر أن رباعي كربونيل النيكل سائل متطاير تبلغ درجة إنصهاره (–١٩,٣مْ) ، ودرجة غليانه (٤٢ر٥مْ) . ومقارنة بالنيكل فإن أغلب الشوائب الموجودة مع النيكل لاتتفاعل مع أول أكسيد الكربون فضلاً عن أن بعضها مثل الحديد والكوبلت لاتتفاعل بسرعة ولاتكوّن مواد متطايرة . وعليه يستفاد من التفاعل المذكور لفصل النيكل من شوائبه ، ثم استرجاعه مرة أخرى على شكل فلز خالص برفع درجة الحرارة إلى (١٥٠–٣٠٠مْ).

استخدامات النيكـل

يستخدم النيكل بشكل رئيس في صناعة السبائك حيث يمكن خلطه مع كثير من الفلزات مثل النحاس ، والمنجنيز ، والحديد ،و الكروم ، ويستخدم خاصة في السبائك غير الحديدية والصلب لتحسين جودتها من حيث المتانة ، ومقاومة التآكل ، والصلادة وخصائصه الجيدة عند درجات الحرارة العالية .

ويستخدم ٦٠٪ من النيكل في صناعة الصلب المقاوم للصدأ (Stainles Steel) و ١٣٪ لصناعة سبائك النيكل ، وقد توسع استخدام النيكل في الصناعة بفضل الخصائص الجيدة خاصة التي يكسبها للسبائك مثل :

ـ الخواص الميكانيكية الجيدة .

ـ المقاومة للتآكل في الأوساط الحامضية والقاعدية وفي الجو ومحاليل الأملاح .

ـ احتفاظه بالمرونة والمقاومة والإستطالة عند درجات الحرارة العالية والمنخفضة.

ـ خواصه المغناطيسية .

ـ لونه الفضي الجذاب .

وتستخدم سبائك النيكل ذات النقاوة التجارية في كثير من الإستخدامات الصناعية مثل :

ـ أجهزة تصنيع الأغذية .

ـ براميل نقل المواد الكيميائية .

ـ الأجهزة الإلكترونية .

ـ أجزاء مكونات الصواريخ والمركبات الفضائية .

ـ المصابيح القلوية .

ـ المبادلات والعوازل الحرارية .

وفضلاً عن ذلك ، يضاف إلى النيكل فلزات أخرى لصناعة سبائك ذات صفات جيده ويوضح جدول (٣) مكونات تلك السبائك واستخداماتها .

م	السبيكة	المكونات	الإستخدام
١	فلز المونيل (Monel metal)	نيكل،نحاس،وقليل من الحديد	مقاومة التآكل
٢	سبيكة بيرم (Permalloy)	نيكل ، حديد	المجالات المغناطيسية
٣	الفضة الألمانية(German Silver)	نيكل ، زنك ، نحاس	بديل الفضة للزينة والديكور
٤	النيكروم والكروميل (Nichrome & Chromel)	نيكل ، حديد ، كروم	أدوات المطبخ والأدوات الكهربائية
٥	ألنيكو (Alnico)	نيكل ، المنيوم ، حديد ، كوبالت	مثل المكاوي وآلات التحميص
٦	بلاتنيت و أنفار (Platinite & Invar)	نيكل مع عناصرأخرى	الآلات المغناطيسية المتطورة
٧	النيكل المتفوق (Nickel Superalloy)	نيكل ، كروم ، عناصر أخرى	فتائل مصابيح الإضاءة التربينات الصناعية ، محركات الطائرات .

● جدول (٣) مكونات سبائك النيكل وإستخداماتها.