الفلزات النفيسة

٢ الفضة والبلاتين

د. ابراهيم محمود النجار

يصنف كلاً من الفضة والبلاتين ضمن الفلزات النفيسة ، وكلاهما يوجد في الطبيعة ضمن خامات الذهب والنحاس والنيكل والخارصين بنسب مختلفة .

ينتمي فلز الفضة إلى المجموعة أ ـ ب (I B) من العناصر الانتقالية مع فلزي النحاس والذهب . أما البلاتين فيأتي ضمن المجموعة الثامنة (VIII) من مجموعة العناصر الانتقالية بعد فلزي النيكل (Ni) والبلاديوم (Pd) .

لايقل فلزي الفضة والبلاتين أهمية عن الذهب من حيث مكانتهما في الصناعة والاقتصاد بل أن البلاتين يعد أكثر أهمية من الذهب من حيث سعره في سوق المال والحاجة إليه في كثير من الصناعات خاصة في صناعة المحفزات .

سيتناول هذا المقال فلزي الفضة والبلاتين من حيث خاماتهما وطرق استخدامهما ومركباتهما وسبائكهما وأهميتهما الصناعية .

الفضة

يعد فلز الفضة المعدن الثالث بعد الذهب والنحاس في سلم المعادن التي عرفها الإنسان منذ القدم ، وتدل سجلات التاريخ بأن الآشوريين استعملوا الفضة منذ حوالي ٢٠٠٠ سنة قبل الميلاد ، وفي سنة ١٢٠٠م تم صناعة العملة في بريطانيا من الفضة والنحاس بنسبة ٢٥٪ فضة و ٧٥٪ نحاس .

● الخواص الفيزيائية والكيميائية

الفضة فلز أبيض لمّاع يتكون من بلورات ذات شكل مكعب مركزي الوجوه وذات وزن نوعي ١٠,٤٩ جم/سم٣ عند درجة حرارة ٢٠مْ ، وتبلغ درجة انصهارها وغليانها ٩٦١,٩مْ و ٢٢١٠مْ على التوالي .

وعند انصهار الفضة فإنها تذيب الأكسجين الذي بداخلها ، وفي حالة تصلبها يخرج الأكسجين على شكل فقاعات . فمثلاً عند درجة حرارة ١٠٠٠مْ يذيب واحد سم٣ من الفضة ٢٠سم٣ من الأكسجين (وهذا راجع للتركيب $AgO_{0.01}$) .

وتتفاعل الفضة مع بعض العناصر والمركبات مكونة مركبات عديدة ومن أمثلة ذلك مايلي : ـ

ـ الهالوجينات خاصة عند درجات الحرارة العالية مكونة هالوجينات الفضة .

ـ حامض الكلور في درجة حرارة الغرفة مكوناً كلوريد الفضة .

ـ الاوزون مكونة طبقة سوداء من أكاسيد الفضة على السطح .

ـ كبريتيد الهيدروجين (محلول أو غاز) مكوناً طبقة سوداء من كبريتيد الفضة على السطح . وعند ارتفاع درجات الحرارة يكتمل تفاعل كل الفضة الموجودة مع كبريتيد الهيدروجين أو عديد كبريتيد الصوديوم لتكوين كبريتيد الفضة .

ـ الأحماض الساخنة لتكوين أملاح الفضة ومن أمثلة ذلك مايلي : ـ

$$3Ag + 4HNO_3 \longrightarrow 3AgNO_3 + 2H_2O + NO$$

$$2Ag + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2AgHSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

● وجود الفضة في الطبيعة

تتواجد الفضة في الطبيعة على شكل حر أو على أشكال مركبات كيميائية مختلفة ، ومن أهم خاماتها الأرجنتايت (Ag_2S) وسيرارجايرايت [$Ce(AgCl)$] ، والبوليبايت [$(Ag_2Cu)1_2\ Sb_2Sn$] ، كما توجد مع بعض الكبريتيدات والزرنيخات مثل رباعي هيدرايت التي تتكون من [$(SbAs)S_3$, $(CuAg)_3$] .

توجد الفضة في العديد من الدول العربية مثل المغرب وتونس والجزائر بالإضافة إلى المملكة العربية السعودية ، كما تتواجد في روسيا وكندا والمكسيك وبيرو والولايات المتحدة الامريكية وهي أكبر منتج للفضة في العالم .

● استخلاص الفضة

تستخدم نفس طرق الذهب في عمليات إستخلاص الفضة مثل عمليات الملغمة ، أو السيندة ، إلا أن الطريقة الأولى لاتستخدم حالياً ، نظراً لخطورة الزئبق ، وتعد طريقة السيندة الأحسن من الناحية الاقتصادية ولكنها طريقة بطيئة مقارنة بطرق معالجة الذهب ، وهناك طرق أخرى اقتصادية استخدمت حديثاً ، حيث تستخلص الفضة كناتج ثانوي مع معادن أخرى تتواجد معها في الخامات مثل النحاس ، والرصاص ، والخارصين أو البلاتين ، ومن أهم تلك الطرق مايلي : ـ

* **التعدين بالتحلل الحراري :** وفيها يتم تفاعل المركبات الحاوية على الفضة مع مركب كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) أو هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) عند درجة حرارة ١٠٠٠مْ كما هو مبين في التفاعلات التالية : ـ

$$\underset{\text{مصهور}}{2AgCl} + \underset{\text{مصهور}}{Na_2CO3} \longrightarrow \underset{\text{مصهور}}{2Ag} + \underset{\text{مصهور}}{2NaCl} + \underset{\text{غاز}}{CO_2} + \underset{\text{غاز}}{1/2O_2}$$

$$\underset{\text{مصهور}}{Ag_2SO_4} + \underset{\text{مصهور}}{Na_2CO_3} \longrightarrow \underset{\text{مصهور}}{2Ag} + \underset{\text{مصهور}}{Na_2SO_4} + \underset{\text{غاز}}{CO_2} + \underset{\text{غاز}}{1/2O_2}$$

$$\underset{\text{مصهور}}{2AgCl} + \underset{\text{مصهور}}{2NaOH} \longrightarrow \underset{\text{مصهور}}{2Ag} + \underset{\text{مصهور}}{2NaCl} + \underset{\text{غاز}}{H_2O} + \underset{\text{غاز}}{1/2O_2}$$

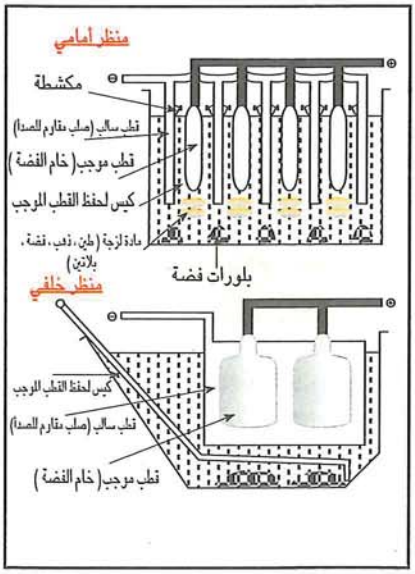
* **السيندة :** وتشبه معالجة مركبات الذهب بالسيانيد ، إلا أن إذابة خامات الفضة هنا تحتاج إلى تركيز أعلى منه للذهب ، ويرجع السبب لكون الوزن الذري للفضة أقل منه للذهب ، أما السبب الثاني فيكمن في أن نسبة الفضة في خاماتها أعلى من تلك التي للذهب . وتوضح المعادلات التالية عملية السيندة لبعض خامات الفضة .

$$Ag_2S + 4NaCN + 2O_2 \longrightarrow 2Na\,Ag\,(CN)_2 + Na_2SO_4$$

$$AgCl + 2NaCN \longrightarrow Na\,Ag\,(CN)_2 + NaCl$$

* **الطريقة الكهربائية :** وتستخدم حالياً لتنقية الفضة من المحاليل المحملة بها ، حيث يتم إنتاج فضة نظيفة وتستخدم للإنتاج التجاري وبصورة جيدة ونسبة استرجاع (٩٥٪-٩٨٪) من الفضة الموجودة ضمن المحلول ، أما نقاوة الفضة المسترجعة فتتراوح بين ٩٢ إلى ٩٨٪ ، وللحصول على نسبة عالية من النقاوة يجب السيطرة على العملية سيطرة دقيقة مثل التحكم في قوة التيار والفولتية ، وتتم العملية باستخدام خلية كهربائية تكون فيها الأقطاب إما عمودية أو أفقية :

- الخلية ذات الأقطاب الرأسية (خلية موبيوس Mobius) : وتصنع من مادة مقاومة للحوامض ويكون طولها مساوياً لعرضها ، ويكون المهبط مصنوعاً من الفولاذ غير القابل للصدأ ، ويتكون المنحل من محلول متعادل (Neutral) يحتوي على

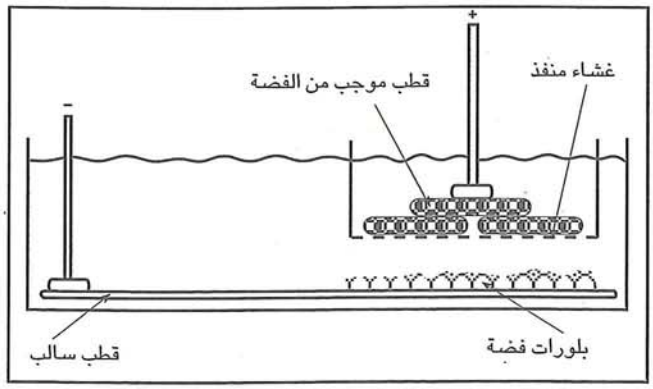


● شكل (١) التنقية الكهربائية للفضة بواسطة عمليات موبيوس .

٦٠جم/لتر من الفضة على شكل نترات الفضة مع كمية من النحاس في حدود (٣٠-٤٠)جم/لتر على شكل نترات النحاسيك ، ويتم التحكم في كثافة التيار ، وفرق الجهد بحيث يكونان في حدود (٠,٠٥) أمبير/سم٢ و ٢,٧ فولت على التوالي ، وبهذا تترسب الفضة على المهبط وتزال بإستمرار ، وتجمع المعادن المتبقية على المصعد في حقائب وتعامل لاحقاً لاسترجاع كل من الذهب والبلاتين حسب نوع الخامات المستخدمة .

تفضل طريقة **موبيوس** ، شكل (١) ، عندما يكون تركيز خام الفضة أكثر من ٩٠٪ فضة ، حيث أن وجود النحاس أو الذهب بنسب كبيرة في الخام يحتاج إلى عمليات تنظيف وإزالة مكلفة . ويكون ناتج الفضة من عمليات موبيوس نقياً بنسبة ٩٩,٩٥٪-٩٩,٩٩٪ فضة ، وإعادة التنقية تؤدي إلى ٩٩,٩٩٥٪-٩٩,٩٩٩٪ فضة.

- الخلية ذات الاقطاب الأفقية (خلية ثوم - Thum) : ويشبه تشكيلها تشكيل خلية موبيوس إلا أن وضع المصعد والمهبط يكونان مختلفين وبترتيب بحيث يكونان في وضع أفقي ، شكل (٢) ، كما تكون الخلية بعمق أقل من الخلية الرأسية . ويصنع المهبط من الكربون والجرافيت أو الفولاذ غير القابل للصدأ ، وتغطى أرضية الخلية ، أما المصعد فيكون أصغر من المهبط ويصنع من الفضة ويوضع في سلّة تكون معلقة فوق المهبط وعلى بعد ١٠سم منه ، وتوضع في أسفل السلة بطانة من المعدن تسمح بإنتقال أيونات الفضة من خلاله ولاتسمح بمرور طفو كل من الذهب والمعادن الأخرى . وتعمل الخلية بفرق جهد يتراوح ما بين ٣ إلى ٣,٥ فولت وبكثافة للتيار الكهربائي مشابهة للخلية الرأسية ، وتستعمل هذه الطريقة بصفة عامة في أمريكا ، يؤخذ على هذه الخلية كبر حجمها واستهلاكها الكبير للطاقة .



● شكل (٢) طريقة ثوم (Thum) لإستخلاص الفضة .

* **طريقة التحميص الاختزالي :** وفيها يتم الحصول على كلوريد الفضة من الخام الكبريتيدي بإستخدام الملح الإعتيادي (كلوريد الصوديوم) ، حيث يذاب هذا المركب بواسطة محلول الهيبو كبريتات ، ومن ثم يتم ترسيب الفضة على شكل كبريتيد بواسطة كبريتيد الصوديوم (Na_2S) ، كما هو موضح في المعادلة التالية :

$$2AgNa\,S_2O_3 + Na_2S \longrightarrow 2Na_2S_2O_3 + Ag_2S$$

حيث يمكن إذابة الفضة في الأحماض ، كما يمكن إجراء عملية الصهر الإختزالي مع الرصاص للحصول على شبكة الرصاص ، أما الفضة فإنها تسترجع من سبيكة الرصاص .

● مركبات الفضة

تنقسم مركبات الفضة إلى مايلي :-

(أ) مركبات ذوابة وقليلة الذوبان : ومنها نترات الفضة ويتم الحصول عليها بتفاعل الفضة مع حامض النيتروجين .

$$3Ag + 4HNO_3 \longrightarrow 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$$

يستخدم معظم ناتج نترات الفضة تجارياً في عمليات التصوير ، كما يستخدم جزء منها لتحضير المركبات الأخرى للفضة مثل : ثنائي سيانو أرجنتيت البوتاسيوم (Potassium dicyanoargentate) .

وتعد هذه المادة هي أساس عمليات الطلاء بالفضة وأكسيد الفضة (Ag_2O) .

تستهلك حوالي ٤٥٪ من إنتاج العالم من الفضة (تقريباً ١٥٠٠٠طن) على شكل نترات فضة .

* **هاليدات الفضة ،** وتشمل مايلي :-

- كلوريد الفضة (AgCl) ، وبروميد الفضة (AgBr) ، ويوديد الفضة (AgI) ، وهي حساسة للضوء لذا تستخدم للطلاء

● بعض المنتجات المصنوعة من الفضة المستخدمة في الزينة .

الفوتوغرافي للأفلام والأوراق .

* **اكاسيد الفضة** ، ومن أهمها :-

أكسيد الفضة Ag_2O(I) و أكسيد الفضة AgO(II).

يستخدم (Ag_2O) في صناعة البطاريات ، وفي التحضيرات العضوية ، حيث تم استبدال ذرة الهالوجين بواسطة مجموعة (OH) . أما (AgO) فيستخدم كعامل مؤكسد وفي الخلايا الفولتية (Voltaic Cells) حيث أن كمية الكهرباء الناتجة من مول واحد من أكسيد الفضة (II) تتفاعل ضعف تلك الناتجة من أكسيد الفضة (I) ، مما يؤدي إلى مساحة أقل وأفضل أقتصادياً ، حيث يكون استهلاك الفضة أقل .

* **بيرمنجنات الفضة** ($AgMnO_4$) : وتستخدم كعامل مساعد ومطهر.

* **فلوريد الفضة (AgF):** وله استخدامات قليلة مثل تحضيرات مركبات الفلور الكيميائية ، بالإضافة إلى مركب فلوريد ثنائي الفضة (Ag_2F) وهو فعّال جداً ، ورباعي فلوربوريت الفضة $Ag(BF_4)$ ، الذي يستخدم كمحلول ماص للايثلين ، وهو شديد الإمتصاص للرطوبة وغير ثابت في الضوء .

* **أملاح الأكسجين الهالوجينية** : وتشمل كلورات الفضة $Ag(ClO_3)$ وبيركلورات الفضة ($AgCO_4$).

(ب) مركبات فضة غير ذوابة : وتشمل كبريتيد الفضة (Ag_2S) ، وكربونات الفضة (Ag_2CO_3) ، وأيزوسيانيت الفضة (AgNCO) ، وسيانيت الفضة (AgCN) . وتستخدم كمادة وسطية لتحضير معقد ثنائي سيانو أرجنتيت (I) ، وتعد سيانيت الفضة مادة مهمة في الكيمياء التحليلية ، لقلة ذوبانها في الماء ، حيث تتحول بسهولة إلى معقد ثنائي سيانو أرجنتيت .

(جـ) معقدات الفضة ، ومنها :

* **بوتاسيوم ثنائي أرجنتيت** (I) $K[Ag(CN)_2]$ وتستخدم في صناعة الحلي والطلاء بالفضة .

* **معقدات الثيوكبريتات ومنها مايلي :-**

$$2NaAg(S_2O_3) \longrightarrow Na_2S_2O_3.Ag_2S_2O_3$$

$$Na_4[Ag_2(S_2O_3)_3] \longrightarrow 2Na_2S_2O_3.Ag_2S_2O_3$$

$$Na_3[Ag(S_2O_3)_2] \longrightarrow 3Na_2S_2O_3.Ag_2S_2O_3$$

$$2Na_5[Ag(S_2O_3)_3] \longrightarrow 5Na_2S_2O_3.Ag_2S_2O_3$$

و تدخل جميع هذه المعقدات في عمليات التثبيت الفوتوغرافي ، وليس لها أهمية تقنية بحد ذاتها .

- معقدات ثنائي الأمين $[Ag(NH_3)_2]$ وتعد مادة شديدة الأنفجار.

(د) المواد المتفجرة : ومنها أزيد الفضة (AgN_3) وأمين الفضة ($AgNH_2$) ، فولمنيت الفضة (AgCNO) ، استيليد الفضة (Ag_2C_2) ، وأكسالات الفضة $(COOAg)_2$

● خلائط الفضة

تتكون خلائط الفضة من الفضة مع فلز أو أكثر ، ويوضح الجدول (١) أهم تلك الخلائط واستخداماها

● الفضة في المملكة

دلت الحفريات القديمة على وجود عشرة مناطق في المملكة تتوفر فيها الفضة ، حيث عمد القدماء على التنقيب عن الفضة والذهب وغيرها من المعادن ، وأهم هذه المناطق هي أبو أسنون ، والعريضة ، وجبل العذل ، وجبل رداهة ، وجبل أم مهاتة جابة ، ومحيرقة ، وسمرة ، وسدرية ، وحمدورة . وتوجد الفضة مع خامات الذهب ، والرصاص ، والنحاس والمعادن الأخرى المتوفرة في درع الجزيرة العربية .

الخليط	الاستخدام
فضة - نحاس	العملة والحلي
فضة - كادميوم	التوصيل الكهربائي
فضة - ذهب	الحلي قليلة الصلابة
فضة - بلاديوم	الأغشية
فضة - نيكل	الفضة الناعمة
فضة - نحاس - ذهب	الحلي
فضة - قصدير - زئبق	ملغم الاسنان
فضة - رصاص - خارصين	استخراج الفضة من خاماتها
فضة - رصاص - ذهب	تنقية الفلزات النفيسة
فضة - نحاس - خارصين - كادميوم	خليط الاسنان الذهبية

● جدول (١) أهم خلائط الفضة واستخداماتها .

وفي منطقة السهل بالجنوب ، خاصة منطقة الدوادمي - القريات - حلبان ، تم العثور على أماكن تعدين للفضة ، كما أن أكبر هذه المناجم موجود في سمرة والسدرية قرب مدينة الدوادمي ، وقد قدر المخزون بحوالي ٢٥٠٠ طن من الخام . ويحتوي منجم السدرية على مركبات معدنية من السلفيد ، وترسبات الأرجنتيت (Argentite) والجالينا (Galena) . وتتواجد الفضة في عروق مع عناصر أخرى بنسبة ٣٫٤ أونصة . إلى ٠,٦ أونصة فضة لكل طن ، إما في مناجم سمرة والتي تبعد ١٢ كم جنوب الدوادمي فتوجد بها الفضة بنسبة ١٢,٣ أونصة لكل طن من الخام . أما في جبال عسير ، فيوجد الخام في منطقة تبعد ٧٠ كم غرب القنفذة على شاطي البحر الأحمر ، والخام على شكل حجر كلسي ويحتوي على جالينا - وخام فضة (Argentiferous.Galena) ويعرف المنجم باسم داري قانونة ،حيث يعتقد بأنه قد تم التعدين من أجل الحصول على الرصاص .

البلاتين

عرف البلاتين منذ القدم (١٩٠٠ قبل الميلاد) ، حيث تم صناعة الحلي منه في الأكوادور وكولومبيا ، بعد ذلك في القرن السادس عشر الميلادي قام الأسبان بالبحث عنه بعد استعمار دول أمريكا ، وظهر أول تقرير عن وجوده بواسطة **سكاليجار** (J.C.Scaliger) عام ١٥٥٧م (١٤٨٤-١٥٥٨م) ، وقد تم إستخدام البلاتين من قبل الروس عام ١٨٥٠م في صناعة العملة ومن ثم تطور استخدامه في كثير من المجالات .

● الخواص الفيزيائية والكيميائية

للبلاتين مقاومة عالية للتآكل مثل الذهب ، ويبلغ وزنه النوعي ٢١,٤٥ جم/سم٣ عند درجة حرارة ٢٠مْ ، ينصهر البلاتين عند درجة حرارة ١٧٧٢مْ ويغلي عند درجة ٤١٧٠مْ وله عدة نظائر أعدادها الكتلية (١٩٠، ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٨) وتتميز بلورات البلاتين بأن لها

شكل مكعب مركزي الوجوه .

يذوب البلاتين بنسب مختلفة حسب تركيز الأحماض ودرجة الحرارة المستخدمة ، فعلى سبيل المثال يذوب البلاتين في محلول حامض اليود (٥٧٪) عند درجة ١٠٠ م° بمقدار ١٠ ملجم/سم٣/الساعة ، وفي الماء الملكي عند درجة ١٠٠ م° .

● وجوده في الطبيعة

يوجد البلاتين في الطبيعة بشكل حر وعلى الأغلب مختلطاً مع مجموعة فلزات على شكل سبائك ، ويوجد أيضاً مع بعض خامات الذهب أو على شكل حر في الخامات التالية :

١ـ **السبريلايت (Sperrylite)** ، وهي بلورات بيضاء وصفراء هشة ذات تركيب بلوري مكعبي تتكون من زرنيجيد البلاتين ($PtAs_2$) وكثافتها تساوي ١٠,٥٨ جم/سم٣ وتحتوي على البلاتين بنسبة ٥٢–٥٧٪ .

٢ـ **الكوبرايت (Coperite) والبراكايت (Braggite)** ، وتتكون من كبريتيد البلاتين والبلاديوم والنيكل (Pt, Pd, Ni)S ، وهي بلورات رباعية الشكل ذات لون رمادي فلزي وكثافتها حوالي ١٠ جم/سم٣ وتحتوي على الفلزات بالنسبة التالية : ٥٨–٦٠٪، بلاتين من ١٨–٢٠٪ بلاديوم من ٢–٤٪ نيكل .

● إستخلاص البلاتين

تعد عمليات استخلاص البلاتين معقدة جداً وباهظة التكاليف نظراً لصعوبة فصله عن بقية الفلزات والتي توجد معه وبكثرة مثل الإريديوم ، والروديوم ، والأوزميوم ، والروثنيوم والبلاديوم ـ تسمى مجموعة البلاتين ـ وفلزات أخرى .

ويتم استخلاص البلاتين على مرحلتين ، حيث يتم في المرحلة الأولى فصل البلاتين مع عناصر مجموعته على شكل سبيكة أو راسب ، أما المرحلة الثانية فيتم معاملة السبيكة أو الراسب بطرق كيميائية معقدة للحصول على البلاتين والفلزات الأخرى بشكل نقي كما يتضح ذلك من الشكل (٣) ، وتعتمد طريقة استخلاص البلاتين على نوع الخامة أو على وجوده في الطبيعة .

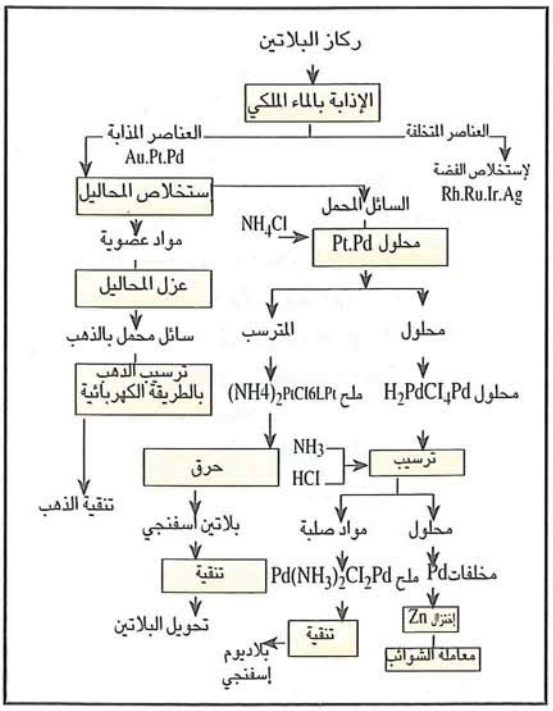
* **البلاتين الحر :** ويوجد في طبقة من الرمال تحتوي أيضاً على مجموعة البلاتين بالإضافة إلى الذهب ، يتم أولاً عزل الذهب عن طريق إمرار تيار مائي على الرمال التي تحتوي على هذه الفلزات ، ثم تمرر بعد ذلك على صفائح معدنية مغطاة بالزئبق الذي يعمل على ملغمة الذهب تاركاً البلاتين وبقية عناصره التي لا تتملغم ، وهكذا يتم فصل الذهب عن البلاتين وعناصره الأخرى ، ويتبقى الراسب الحاوي للبلاتين وبقية عناصره ، فيغسل جيداً وتجرى عليه عمليات تنقية لتركيز البلاتين وبقية الفلزات في الراسب .

* **راسب البلاتين :** وفيه يتم أولاً استرجاع كل من النحاس والنيكل من الخام الحاوي لهما ، حيث يركز الخام أولاً بعد عملية التحميص والصهر للخامات الكبريتيدية الذي يخضع إلى عملية تحويل لاحقة للحصول على نا تج يحتوي على ٧٥٪ من النحاس والنيكل و ١٪ حديد ، وكبريت بنسبة تتراوح ما بين ٢١إلى٢٣٪ ، ثم يبرد المعدن النا تج بصورة بطيئة لمدة تتراوح ما بين ثلاثة إلى أربعة ايام .

وبعد التبريد يطحن ويفصل مغناطيسياً لإزالة الحديد ، ويحتوي الناتج على النحاس والنيكل الكبريتيدي ومعظم الفلزات النقية ، وفي حالة كون الناتج لايحتوي على نسبة كبيرة من البلاتين وبقية مجموعته ، فإنه يخضع لعملية الصهر والتحويل والتبريد والطحن وعملية الفصل المغناطيسي مرة ثانية ، وبذلك تتضاعف نسبة المعادن الثمينة ضمن المنتج . بعد ذلك تتم عملية سبك للمعادن وتكون على شكل مصعد ، وبعملية التحلل الكهربائي في خلية الكتروليتية يتم تحرر النيكل والنحاس من المصعد ، أما المتبقي من المصعد الذي يدعى بـ (Anode Slime) فيخضع إلى عملية إذابة كيميائية لإزالة المعادن المتبقية ضمن المصعد من غير الفلزات النقية ، وبذلك يحصل على ركاز يحتوي على حوالي ٨٠٪ من مجموعة البلاتين ومن ضمنها الذهب والفضة ، أما المرحلة التالية فهي أجراء عملية تحميص لهذا المنتج لإذابة مركبات الكبريت وعنصر الكبريت ، ويتبخر في هذه المرحلة عنصر الأوزميوم (Os) على شكل (OsO_4) حيث يزال هذا المركب ويستخلص منه عنصر الأوزميوم .

أما النوا تج المتبقية من عملية التحميص ، فتعالج كيميائياً بمحلول الماء الملكي ، حيث يذوب كل من الذهب والبلاتين ، أما العناصر الأخرى لمجموعة البلاتين فتبقى كمخلفات صلبة ، ويتم فصل الذهب من السائل (بالطريقة الكهربائية) أما البلاتين والبلاديوم فيتم فصلها بمعالجتها بمحلول كلوريد الأمونيوم البلاتيني بمحلول كلوريد الأمونيوم البلاتيني [$(NH_4)_2 Pt Cl_6$] ، حيث تترسب من المحلول .

أما المخلفات الصلبة وما يتبقى معها من بلاتين وبلاديوم ومواد سيليكونية ، فتصهر مع إضافة فحم الكوك وأكسيد الرصاص ، وتسمى هذه العملية بصهر الرصاص (lead Smelting) ، حيث يتم التخلص من الشوائب وتكوين حبيبات من الرصاص والذي يحوي المعادن الثمينة ، وتذاب هذه بحامض النيتروجين والذي يذيب كل من الفضة ، والبلاتين ، و البلاديوم ، ثم يتم الحصول على البلاتين والبلاديوم حسب الخطوات السابقة . أما النواتج غير المذابة فتخضع لعملية كبرتة لإذابة الروديوم ، ومن ثم تجري عملية صهره مع



● شكل (٣) مخطط إنتاج البلاتين .

هيدروكسيد قلوي ليتحول الروثنيوم والأزميوم إلى المحلول والراسب عبارة عن الإريديوم الذي يعالج حسب المخطط في شكل (٤) للحصول على الإريديدم ، ويوضح شكل(٤)كذلك مخطط للحصول على كل من الفضة والروثينيوم والروديوم بعد فصلها كرواسب .

تواجه عملية الحصول على البلاتين وبقية مجموعته مشاكل عديدة نظراً لعدم الفصل التام أثناء عمليات الإذابة وكثرة دورات الاستخلاص بالاضافة إلى وجود شوائب مختلفة محملة ضمن الخامات والتي بدورها تؤثر على عمليات الفصل .

● مركبات البلاتين

نظراً لتواجد البلاتين في حالات أكسدة مختلفة ، فهناك العديد من مركباته ، إلا أن القليل منها يمكن الاستفادة منه صناعياً وأهم هذه المركبات مايلي : -

- حامض سداسي كلورو البلاتين $[H_2Pt\,Cl_6.6H_2O]$ (I) ويعد أهم مركبات البلاتين صناعياً ، حيث يستخدم لتحضير العديد من مركبات البلاتين المهمة ، ويستخدم أساساً لصناعة المحفزات حيث تخصب (تنقع) فيه العديد من المواد ويعمل على دعمها كمحفزات (Impregnatiny Support materials) كما أن بعض مركبات البلاتين لها أهمية طبية وتسبب الحساسية الشديدة للجلد ، لما لها من خاصية سامة على الخلايا ليستفاد منها في علاج الأمراض الخبيثة كالسرطان ، وفضلاً عن ذلك فإن نقص مركبات البلاتين والتي تحتوي على مجموعات النيترو والأمونيا (لها خاصية الإنفجار) .

● خلائط البلاتين

تذوب جميع عناصر مجموعة البلاتين مع بعضها بصورة متناهية في الحالة السائلة ، وعندما يبرد المصهور يتصلب ، وليس لهذه الخلائط أهمية صناعية ، إلا أنه في حالة وجود الذهب ، ومعادن أخرى (خلائط رباعية أو أكثر) يصبح لها أهمية صناعية .

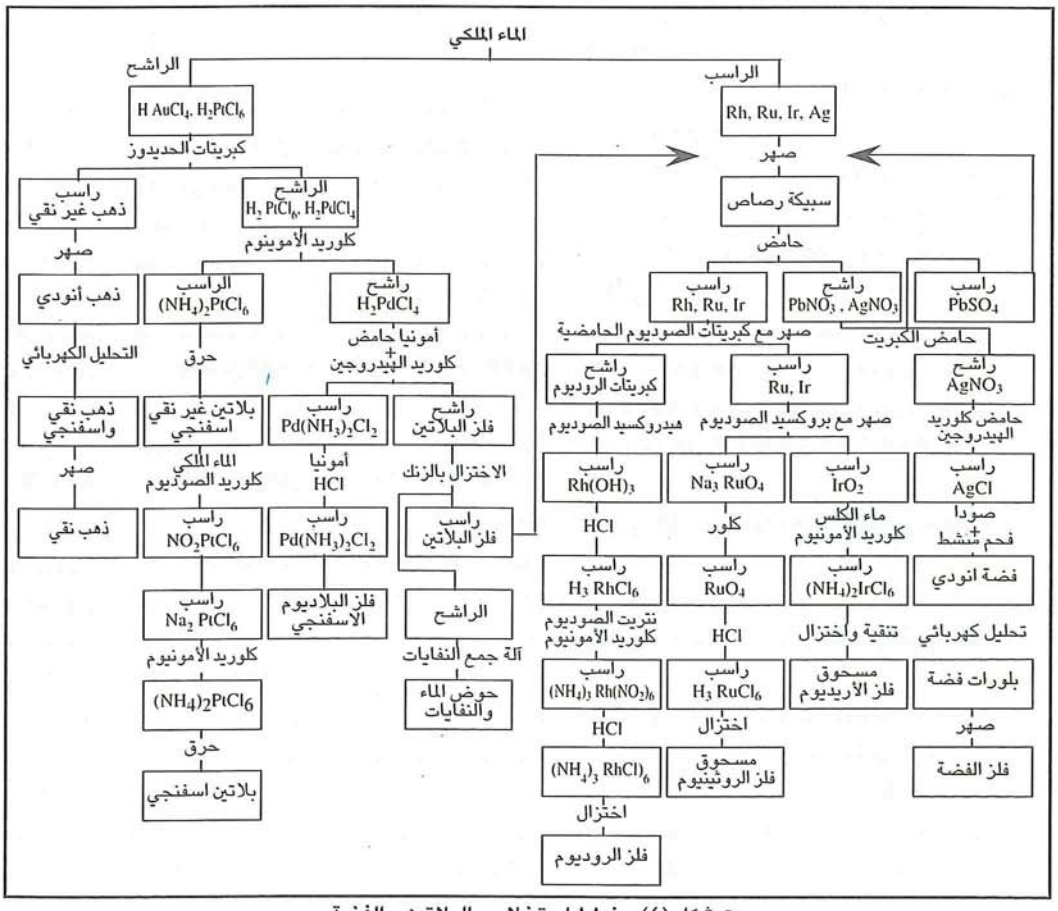
يستخدم البلاتين وبكثرة كعامل مساعد في العديد من التفاعلات الكيميائية وكذلك في العديد من تحضير المركبات العضوية ، ويستعمل في صناعة الآلات الدقيقة غالية الثمن ، وفي صناعة الأقطاب الكهربائية التي تقاوم التآكل ، ويدخل أيضاً في صناعة المجوهرات والحلي وسبائك الأسنان ، كما يشترك في العديد من السبائك وبشكل خاص بنسب صغيرة مع أعضاء مجموعته مثل الإريديوم والروديوم أو مع فلزات أخرى مثل النيكل والتنجستن وذلك للحصول على سبائك مقاومة جداً لدرجات الحرارة العالية والتآكل وذات متانة عالية جداً ، كما أن لها صفات مغناطيسية جيدة .

البلاتين في المملكة

يوجد البلاتين وبقية عناصر مجموعته في مناطق قليلة في المملكة وخاصة منطقة وادي كمال وجبل إلحزابة (منطقة درع الجزيرة)، وتتصف المنطقة بخاصية المغناطيسية العالية (صفات الحديد والنيكل) ، ويمكن الحصول على البلاتين وبقية عناصر مجموعته مختلطاً مع النيكل والنحاس على شكل سلفيد ، وقد بينت الدراسات عدم الجدوى الإقتصادية للتعدين في الوقت الحاضر ، ويقدر البلاتين في خامات وادي كمال ٠,٤٠٠ جم/طن ، و ٠,٢٧٥ جم/طن بلاديوم .

وهناك منطقتين أخريين تم فحص خاماتهما هما وادي الهوانيت وجبل الوسج حيث يتواجد البلاتين مع الكروم .

ويوجد البلاتين بمعدل ٠,٢٢ جم/طن ، وقد يصل المعدل أحياناً إلى ٠,٥١ جم/طن وتعد هذه النسبة أفضل من أي نسبة موجودة في العالم ، إلا أن الكميات قليلة ومتوزعة ولم يتم تعدينها .



● شكل (٤) مخطط استخلاص البلاتين و الفضة .