الألمنيوم

د. محمد شفيق الكناني

يعد الألمنيوم من أكثر العناصر الفلزية إنتشاراً في القشرة الأرضية حيث يشكل حوالي ٠,١٣٪ وزناً من تركيبها، ونظراً لنشاطه الكيميائي فإنه لايوجد في الطبيعة على شكل عنصر حر إنما يوجد في صورة مركبات متنوعة متحداً مع الأكسجين، والسيليكون، والعناصر القلوية، والقلوية الترابية، والفلور، والهيدروكسيدات، والكبريتات، والفوسفات.

وتتميز المعادن الألومينية بأنها ثابتة جداً وتحتاج إلى درجات حرارة عالية لاختزالها إلى فلز الألمنيوم.

يشكل الألمنيوم معادن عديدة أهمها هيدريدات الأكاسيد (مثل البوكسيت الذي يعد المادة الخام الأساس لإنتاج فلز الألمنيوم)، والكريولايت (يعد من أهم المركبات الهالوجينية للألمنيوم)، والشبّة (كبريتات الألمنيوم) وهي من مركبات الألمنيوم المألوفة وعرفت قديماً لدى المصريين واليونان والرومان، وحُضر منها عام ١٧٤٦م أكسيد الألمنيوم الذي كان يعرف في ذلك الوقت بالألومينا، إلا أنه نظراً لشدة ألفة الألمنيوم للأكسجين في أكسيد الألمنيوم فإن العلماء لم يستطيعوا إختزال الأكسيد بأي عامل من عوامل الأختزال المعروفة.

الخواص الفيزيائية

الألمنيوم عبارة عن فلز لين قابل للطرق والسحب، وتعتمد معظم خواصه الفيزيائية، جدول (١) - بالدرجة الأولى - على درجة نقاوته التي أمكن تصنيفها إلى أربعة أنواع يوضحها الجدول (٢).

الخواص الكيميائية

يعد الألمنيوم فلز غير نشط كيميائياً وذلك لتشكل طبقة رقيقة جداً على سطحه من أكسيد الألمنيوم، إلا أنه يتحد مباشرة مع الأكسجين والنيتروجين والهالوجينات عند تسخينه إلى درجات حرارة عالية، ويتفاعل مع حامض كلور المركز ليشكل كلوريد الألمنيوم والهيدروجين. كما يتفاعل الفلز مع محلول من هيدروكسيد الصوديوم ويحرر الهيدروجين، ولايتفاعل مع حامض الكبريت المخفف بينما يتفاعل مع المركز منه ويشكل كبريتات الألمنيوم وغاز ثاني أكسيد الكبريت.

طرق الإنتاج

مرت صناعة فلز الألمنيوم منذ اكتشاف معادنه بأربع مراحل هي :-

● المرحلة الأولى

تمكن أحد الباحثين عام ١٨٠٨م من تحرير فلز الألمنيوم جزئياً من معادنه، عندما استطاع عزل كميات قليلة من سبيكة المنيوم - حديد (Al-Fe) بواسطة طرق كيميائية كهربائية وحرارية كهربائية، وقد سميت تلك السبيكة آنذاك بالألمنيوم.

وفي عام ١٨٢٥م تمكن باحث آخر من الحصول على الألمنيوم بنقاوة عالية بتأثير ملغمة البوتاسيوم على كلوريد الألمنيوم اللامائي مع التخلص من الزئبق من المنتج بالتقطير، إلا أنه لم يستطع تحديد خواص المعدن الجديد بل ذكر أن الألمنيوم ذو لون وبنية تركيبية تشبه القصدير. وفي عام ١٨٢٧م تمكن باحث آخر من الحصول على كمية قليلة من الألمنيوم على شكل مسحوق رمادي وذلك من خلال تسخين البوتاسيوم الفلزي مع كلوريد الألمنيوم اللامائي وفق التفاعل التالي :

$$AlCl_3 + 3K \rightleftharpoons Al + 3KCl$$

وفي عام ١٨٤٥تم الحصول على الألمنيوم من تمرير بخار كلوريد الألمنيوم في مصهور البوتاسيوم، وكان المنتج على شكل حبيبات تزن الواحدة منها حوالي من ١٢ملجم، وقد تم تحديد كثافته وناقليته وليونته ونقطة انصهاره. ومن هنا بدأ التفكير في الإنتاج الصناعي للألمنيوم.

الخاصية	القيمة
درجة الإنصهار	٦٦٠م
درجة الغليان	٢٤٩٤م
حرارة الإنصهار	٣٩٧ جول / جرام
السعة الحرارية	٠,٩ جول/ جرام. كلفن
الكثافة (صلب)	٢٦٩٩ كجم/م٣
الكثافة (سائل)	٢٣٥٧ كجم/م٣عند ٧٠٠م
معامل التمدد	٢٣ × ١٠$^{-٦}$/كلفن عند ٢٠م
الناقلية الحرارية	٢,٣٧ واط / سم كلفن عند ٢٥م
التوتر السطحي	٨,٦٨×١٠$^{-٢}$نيوتن/سم عند درجة الإنصهار
اللزوجة	٠,٠٠١٢ باسكال/ ثانية عند درجة الإنصهار

● جدول (١) أهم الخواص الفيزيائية للألمنيوم.

نقاوة الألمنيوم (٪)	تصنيفها
٩٩,٥ >	خليط أو خردة
٩٩,٥ - ٩٩,٩	تجارية
٩٩,٩ - ٩٩,٩٩	عالية
٩٩,٩٩ >	عالية جداً

● جدول (٢) نقاوة الألمنيوم (٪) وتصنيفها

● المرحلة الثانية

أُنشئت أول وحدة تجارية لإنتاج الألمنيوم في فرنسا عام ١٨٥٤م حيث استخدم فيها الصوديوم كمادة اختزال بدلاً من البوتاسيوم وكان الفلز الناتج غير نقي حيث بلغت نسبة الألمنيوم فيه ٩٢٪، والباقي شوائب من السيليكون والحديد.

تطورت في هذه المرحلة صناعة الألمنيوم حيث بدء إستخدام رباعي كلورو ألومينات الصوديوم (Na_3AlCl_4) بدلاً من ثلاثي كلوريد الألمنيوم وبلغت نسبة نقاوة الألمنيوم الناتج حوالي ٩٦٪، كما استخدمت بعض الطرق الأخرى مثل الكريولايت مع فلز الصوديوم أو المغنيسيوم كعامل اختزال للحصول على الألمنيوم وفق التفاعل التالي :

$$2Na_3AlF_6 + 3Mg \longrightarrow 2Al + 3MgF_2 + 6NaF$$

بدأ الانتاج التجاري للفلز بهذه الطريقة في عام ١٨٩٠، وبلغت نقاوة الألمنيوم (٩٣٪) مع نسبة من الشوائب تتراوح بين (٥-٧٪) من السيليكون، و (١-٢٪) من الحديد و (٠,١-٠,٣٪) من المغنيسيوم.

● المرحلة الثالثة

طورت في هذه المرحلة طريقة صناعية تعرف بطريقة **هول هيراولت (Hall- Heroult)**، لإنتاج معدن الألمنيوم بواسطة التحليل الكهربائي لمحلول من مصهور الألومينا في الكريولايت، وتعد هذه الطريقة أكثر استخداماً في الوقت الحاضر لإنتاج الألمنيوم على المستوى الصناعي.

يستخدم في طريقة **هول هيراولت** عدة مواد خام أهمها الكربون وأكسيد الألمنيوم (الألومينا)، والكريولايت الذي يعد وجوده ضرورياً جداً وذلك لإذابة الألومينا.

يحتوي الكريولايت على حوالي (٤-٨٪) من فلوريد الكالسيوم، و (٥-١٥٪) من فلوريد الألمنيوم، و (١-٦٪) من الألومينا كما ويحتوي في بعض الأحيان على فلوريد الليثوم (٠-٥٪).

ونظراً لندرة الكريولايت الطبيعي في الوقت الحاضر، فقد بدء بإنتاجه صناعياً من تفاعل حامض فلوريد الهيدروجين مع محلول من ألومينات الصوديوم القلوية وذلك وفق التفاعل التالي :

$$6HF + 2NaOH + NaAlO_2 \longrightarrow Na_3AlF_6 + 4H_2O$$

كما يمكن إنتاج الكريولايت مباشرة في خلية الإختزال أثناء تصنيع الألمنيوم وذلك بإضافة فلوريد الألمنيوم إلى شوائب اكسيد الكالسيوم في لقيم الألومينا كما في التفاعل التالي :

$$3Na_2O + 4AlF_3 \longrightarrow 2Na_3AlF_6 + Al_2O_3$$

ويتم إخراج الكريولايت الناتج من التفاعل أعلاه من الخلايا الكهربائية على فترات.

تجري العملية الصناعية للحصول على فلز الألمنيوم في خلية تعرف بخلية **(هول هيراولت)** التي يوجد منها نوعان، شكل (١)، حيث يستخدم في النوع الأول (أ)، أقطاب موجبة (مصعد) من الكربون تم شيها مسبقاً (Prebaked Carbon Anodes)، بينما يستخدم في النوع الثاني (ب)، مصعد سودر برج (Soderberg anodes). ويتراوح طول الخلايا عامة من (٩-١٢متر)، وعرضها (٣-٤متر)، وارتفاعها (١-١,٢متر)، ويحيط بها عازل حراري للتحكم بالحرارة المفقودة.

يتم تغذية الخلية بالألومينا النقية والكريولايت حيث يرسب التيار الكهربائي الألمنيوم المصهور في قجوة الخلية المبطنة بالكربون كما هو مبين بالشكل (١)، ويتوضع الأكسجين الناتج عن التحليل الكيميائي للألومينا على مصعد الكربون المغمور في الإلكتروليت.

● المرحلة الرابعة

طُورت في العقدين الماضيين طرق أخرى للحصول على فلز الألمنيوم من أهمها ما يلي :

* **طريقة بيشني (Pechiney)** وتتم وفق الخطوات الثلاث التالية :

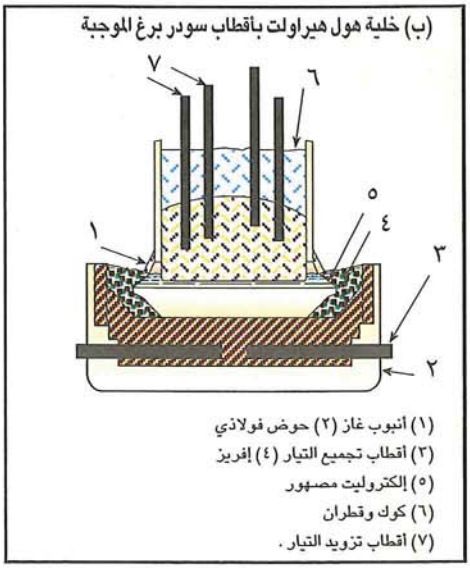
- إنتاج الألومينا من الخام الألومينى، واختزالها - بكمية معينة من الكربون عند درجات حرارة تتراوح ما بين ١٠٠٠م إلى ٢٢٠٠م - إلى مزيج مكون من مزيج (Al_2O-Al)، وأول أكسيد الكربون (CO) الذي يتم التخلص منه بواسطة التقطير.

- تفاعل مزيج (Al_2O-Al) مع كمية زائدة من الكربون عند درجة حرارة تتجاوز ١٦٠٠م حيث يتشكل كربيد الألمنيوم (Al_4C_3).

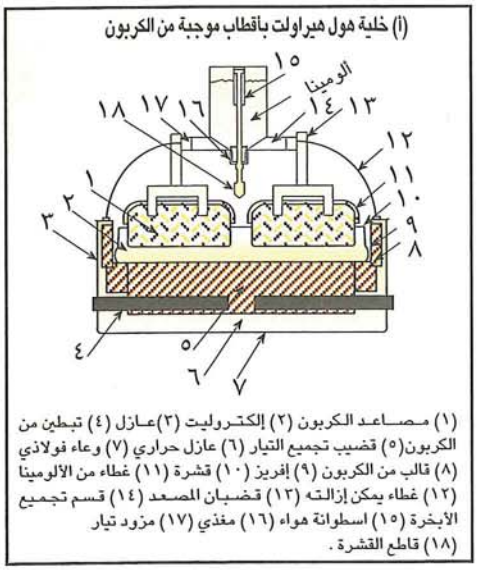
- تفكيك كربيد الألمنيوم إلى الألمنيوم والكربون عند درجات حرارة ٢٠٠٠م وضغط ٠,٥مم زئبق، وفقاً للمعادلة التالية :

$$Al_4C_3 \xrightarrow{2000^{\circ}C} 4Al + 3C$$

* **طريقة توث (Toth)** وتتميز بأن الطاقة المستخدمة فيها تقل بحوالي ٥٪ عن الطاقة المستخدمة في طريقة هول هيراولت، كما أنه يمكن إستخدام مواد أولية رخيصة تحتوي على ٣٠-٤٠وزناً٪ من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) مثل الكادلين (Cadline)، واللابرادوريت (Labradorite)، والبوكسيت (Bauxite)، فضلاً عن الاستفادة من

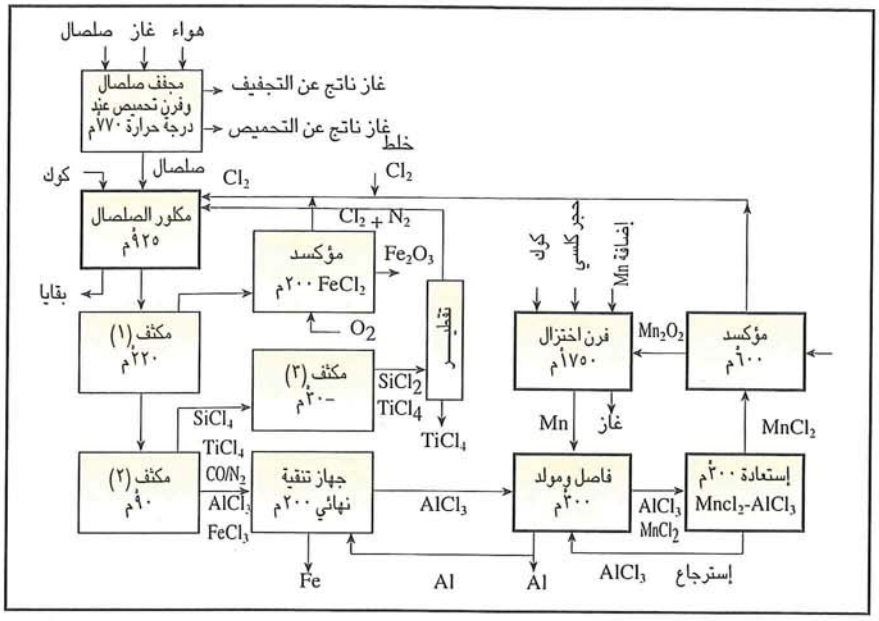


(١) أنبوب غاز (٢) حوض فولاذي
(٣) أقطاب تجميع التيار (٤) إفريز
(٥) إلكتروليت مصهور
(٦) كوك وقطران
(٧) أقطاب تزويد التيار.



(١) مصاعد الكربون (٢) إلكتروليت (٣) عازل (٤) تبطين من الكربون (٥) قضيب تجميع التيار (٦) عازل حراري (٧) وعاء فولاذي (٨) قالب من الكربون (٩) إفريز (١٠) قشرة (١١) غطاء من الألومينا (١٢) غطاء يمكن إزالته (١٣) قضبان المصعد (١٤) قسم تجميع الأبخرة (١٥) اسطوانة هواء (١٦) مغذي (١٧) مزود تيار (١٨) قاطع القشرة.

● شكل (١) مخطط خلية هول - هيراولت.



● شكل (٢) مخطط طريقة توث لإنتاج الألمنيوم من الألومينا.

الشوائب مثل أكسيد السيليكون (SiO_2)، وأكسيد الحديد (Fe_2O_3)، وأكسيد التيتانيوم (TiO_2)، وأكسيد الصوديوم (Na_2O) في مجالات أخرى.

تعتمد طريقة توث على اختزال كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) بواسطة المنجنيز، وتتضمن أربع مراحل رئيسية، شكل (٢)، هي مايلي :

ـ الحصول على كلوريد الألمنيوم من الألومينا عند درجة حرارة ٩٢٥م وذلك وفق التفاعل التالي :

$$Al_2O_3\,(inClay) + 3C + 3Cl_2 \xrightarrow{925^{\circ}C} 2AlCl_3 + 3CO$$

ـ اختزال كلوريد الألمنيوم بواسطة المنجنيز عند درجة حرارة ٢٣٠م وضغط ٤مم . زئبق وفق التفاعل التالي :

$$2AlCl_3 + 3Mn \xrightarrow{230^{\circ}C} 2Al + 3MnCl_2$$

ـ الحصول على أكسيد المنجنيز، لإسترجاع المنجنيز وذلك كما يلي :

$$2MnCl_2 + O_2 \xrightarrow{600^{\circ}C} 2MnO + 2Cl_2$$

ـ استرجاع المنجنيز عن طريق اختزال اكسيد المنجنيز بواسطة الكربون وفقاً للتفاعل التالي:

$$MnO + C \xrightarrow{1750^{\circ}C} Mn + CO$$

ويمكن جمع تفاعلات الخطوات الأربع السابقة في التفاعل التالي :ـ

$$2Al_2O_3(in\ Clay) + 3O_2 + 12C \longrightarrow 4Al + 12CO$$

* **طريقة كوشران (Cochran) :** وتتم على خطوتين هما :ـ

ـ إختزال الألومينا بواسطة الكربون عند درجة حرارة ٢٠٥٠م كما يلي :

$$2Al_2O_3 + 9C \xrightarrow{2050^{\circ}C} Al_4C_3 + 6CO$$

ـ اختزال أكسيد الالمنيوم بواسطة كربيد الألمنيوم المتشكل في الخطوة الأولى عند درجة حرارة ٢١٠٠م وفقاً للتفاعل التالي :ـ

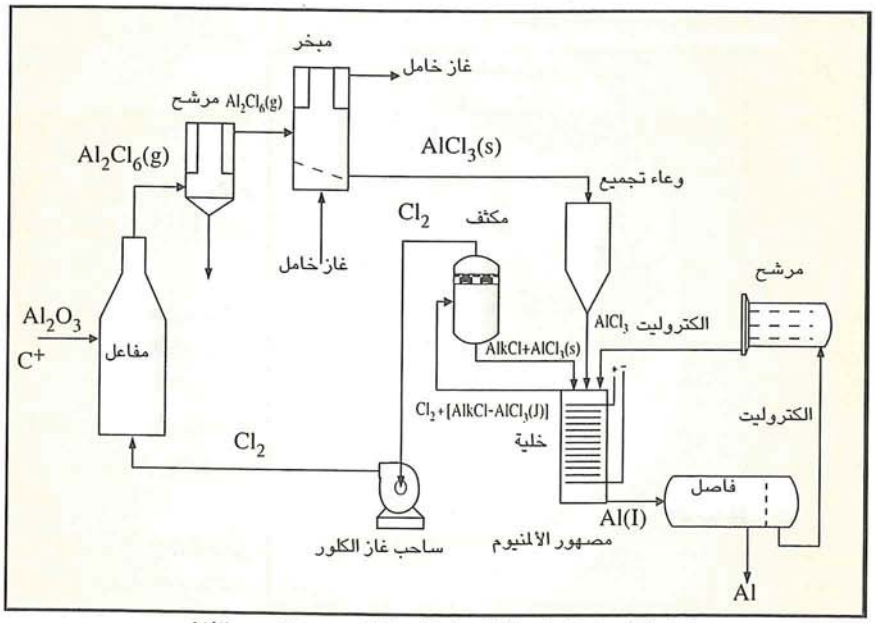
$$Al_2O_3 + Al_4C_3 \xrightarrow{2100^{\circ}C} 6Al + 3CO$$

* **طريقة ألكو (Alcoa) :** وهي طريقة استنبطت بواسطة شركة الألمنيوم الأمريكية (Aluminium Company of America) وتتميز بقلة تكلفتها مقارنة بطريقة **هول هيراولت**، حيث تتم باستخدام درجات حرارة منخفضة مما يوفر طاقة تصل إلى حوالي ٣٠٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المستخدمة كما أنها لاتحتاج إلى إستهلاك مصعد كربوني.

تعتمد طريقة **ألكو** على التحليل الكهربائي لمزائج من الكلوريدات المنصهرة مثل كلوريد الألمنيوم (٥٪)، وكلوريد الصوديوم (٥٣٪)، وكلوريد الليثيوم (٤٠٪)، وكلوريد المغنيسيوم (٠,٥٪)، وكلوريد البوتاسيوم (٠,٥٪)، وكلوريد الكالسيوم (١٪)، وزناً، ويبين الشكل (٣) طريقة **ألكو** للتحليل الكهربائي لكلوريد الألمنيوم والتي تتم على مرحلتين متتاليتين هما :

ـ مزج الألومينا مع مسحوق الكربون النقي وكلورة المزيج في مفاعل عند درجات حرارة تتراوح ما بين ٧٠٠ إلى ٩٠٠م، ثم ينقى كلوريد الألمنيوم الناتج وذلك بإمراره من خلال مرشحات ـ قبل إعادة تصعده (Resublimation) ـ في غاز خامل ونقله إلى وعاء التخزين، كما تنقى الكلوريدات الأخرى التي تستخدم في التحليل كإلكتروليتات (Electrolytes) قبل إدخالها إلى الخلية من غاز الكلور الذي يعاد تدويره مرة أخرى إلى مفاعل الكلورة، وتوضح المعادلة التالية التفاعل الكلي الذي يجري في هذه المرحلة :

$$2Al_2O_3 + 3C + 6Cl_2 \longrightarrow 4AlCl_3 + 3CO_2$$



● شكل (٣) مخطط طريقة ألكو لإنتاج الألمنيوم من كلوريد الألمنيوم.

ـ التحليل الكهربائي لكلوريد الألمنيوم الناتج عن المرحلة الأولى في خلايا خاصة ، شكل (٤) ، حيث يتم التسخين بواسطة مسخنات فولاذية لدرجة حرارة ٧٠٠مْ ثم يجمع فلز الألمنيوم النا تج في حوض مبطن بالجرانيت في قاع الخلية .

مركبات الألمنيوم

يشكل الألمنيوم عدة مركبات هامة منها ما يلي :ـ

● هاليدات الألمنيوم

تصنف هاليدات الألمنيوم إلى المركبات التالية :ـ

* **فلوريد الألمنيوم (AlF_3) :** ويحضر بالتفاعل المباشر بين الألمنيوم والفلور ، ويعد من الهاليدات الأيونية الوحيدة للألمنيوم ، وهو قابل للذوبان بسهولة في الماء.

* **كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) :** ويحضر بإمرار غاز الكلور أو كلوريد الهيدروجين فوق الألمنيوم الساخن تحت ظروف لامائية أو في جو جاف ، وفقاً للتفاعلين التاليين :ـ

$$Al + {}^3/_2\, Cl_2 \longrightarrow AlCl_3$$

$$2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$

يتشكل كلوريد الألمنيوم على هيئة مادة صلبة بيضاء اللون عندما تكون نقية ، وتتسامى (تتصعد) عند درجة حرارة حوالي ١٨٠مْ ، ويتفاعل بعنف مع الماء ناشراً كمية كبيرة من الحرارة كما في التفاعل التالي :

$$AlCl_3 + 6H_2O \longrightarrow [Al(H_2O)_6]^{3+}(Cl)^{-3}$$

يستخدم كلوريد الألمنيوم بصفة أساس كمادة محفزة في بعض الصناعات العضوية والبتروكيميائية كما في تفاعلات **فريدل ـ كرافت** كالألكلة والأسيلة .

* **بروميد الألمنيوم (Al_2Br_6) ويوديد الألمنيوم (Al_2I_6) :** ويشبهان كلوريد الألمنيوم في خواصهما واستخداماتهما .

● أكسيد الألمنيوم

يوجد أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) في الطبيعة على شكل بوكسيت (يحتوي على شوائب قليلة من أكسيد الحديد الثلاثي والسيليكا) ، ويعد هذا الأكسيد مادة مذبذبة ـ عندما يكون نقياً ـ حيث يتفاعل مع الأحماض المخففة والقلويات القوية معطياً الأملاح كما في التفاعلين التاليين :

$$Al_2O_3 + 6H^+ \longrightarrow 2Al^{3+} + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2OH^- + 3H_2O \longrightarrow 2Al(OH)^{-4}$$

يستخدم أكسيد الألمنيوم في نزع الماء من الكحولات للحصول على الألكينات ، وذلك كما يلي :ـ

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[300^\circ C]{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

كما يستخدم الأكسيد على شكل مسحوق في الأعمدة الكروماتوغرافية لعمليات الفصل مثل فصل الكلوروفيلات وغيرها.

● هيدروكسيد الألمنيوم

يتشكل هيدروكسيد الألمنيوم $[Al(OH)_3]$ من تفاعل محلول هيدروكسيد الأمونيوم مع محلول آخر يحتوي على أيونات الألمنيوم كمادة التفاعل التالي :

$$Al_3^+ + 3OH^- \longrightarrow Al(OH)_3$$

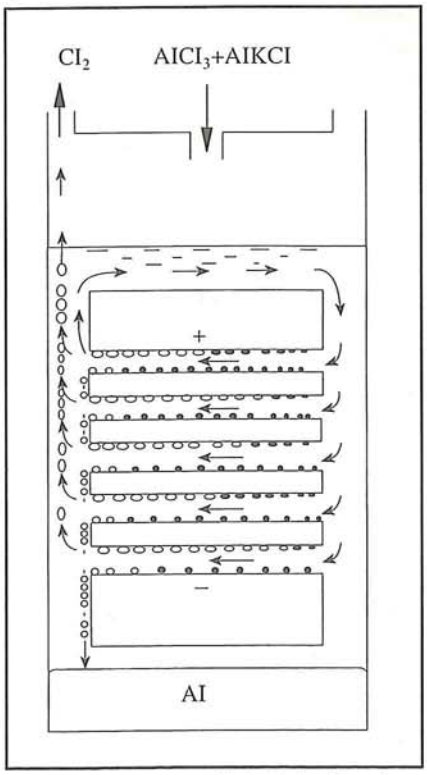
يتميه هيدروكسيد الألمنيوم بسهولة ، ولذلك يستخدم في صناعة صبغ الأقمشة والنسيج والألياف القطنية وغيرها.

● كبريتات الألمنيوم

تحضر كبريتات الألمنيوم من تفاعل هيدروكسيد الألمنيوم مع حامض الكبريت المركز وذلك كما يلي :

$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$

تعطي كبريتات الألمنيوم تفاعل حامضي مع محلول مائي مشكلة هيدروكسيد الألمنيوم ، الذي يستخدم ـ كما ذكر أعلاه ـ في عمليات صباغة النسيج. كما تستخدم لمعالجة مياه الصرف الصحي .



● شكل (٤) مخطط خلية الكو لتحليل كلوريد الألمنيوم.

● الشبَّة (الألوم)

تتشكل الشبَّة $(KMAl(SO_4)_2.12H_2O)$ عند تبلور محلول ما يحتوي على أيونات البوتاسيوم والألمنيوم والكبريتات مع ملاحظة أن (M) تمثل الجذر المستبدل من البوتاسيوم والألومنيوم ، وتحتوي المادة الصلبة منها على أيونات كل من $[K(H_2O)_6]^+$ و $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ و $(SO_4)^{2-}$.

يمكن تحضير أنواع عديدة من الشبَّة وذلك بإستبدال ذرة البوتاسيوم بجذر الأمونيوم (NH_4^+) أو بإستبدال ذرة الألمنيوم ثلاثية التكافؤ بإية ذرة معدنية أخرى ثلاثية التكافؤ من العناصر الانتقالية ـ لها تقريباً نفس الحجم الذري ـ مثل التيتانيوم (Ti) والكروم (Cr) والمنجنيز (Mn) والحديد (Fe) والكوبالت (Co) .

● مركبات أخرى

هناك عدة مركبات أخرى للألمنيوم من أهمها ما يلي :

* **هيدريد الألمنيوم (AlH_3) وهيدريد ألمنيوم الليثيوم :** حيث يتشكل الأول عند معالجة هيدريد الليثيوم مع كمية زائدة من كلوريد الألمنيوم في محلول من الإيثر كما في التفاعل التالي :

$$3LiH + AlCl_3 \longrightarrow Al\,H_3 + 3LiCl$$

بينما يتشكل الثاني عند معالجة هيدريد الليثيوم بكلوريد الألمنيوم في الإيثر وفقاً للتفاعل التالي :ـ

$$4LiH + AlCl_3 \longrightarrow LiAlH_4 + 3LiCl$$

يستخدم هيدريد ألمنيوم الليثيوم في الكيمياء العضوية وذلك لإختزال الأحماض الكربوكسيلية إلى كحولات ، ونظراً لعدم قابليته لإختزال الرابطة المضاعفة بين ذرتي الكربون فإنه يستخدم كعامل أختزال انتقائي لإختزال الألدهيدات غير المشبعة

إلى كحولات غير مشبعة وذلك كما يلي :

* ثلاثي إيثيل الألمنيوم $Al(C_2H_5)_3$: ويحضر بتسخين مسحوق الألمنيوم والإيثان والهيدروجين تحت ضغط مرتفع كما في التفاعل التالي :

$$2Al + 6C_2H_4 + 3H_2 \longrightarrow 2Al(C_2H_5)_3$$

يستخدم ثلاثي إيثيل الألمنيوم مع التيتانيوم رباعي التكافؤ كمادة محفزة في الصناعة وذلك لتحويل الإيثيلين إلى بولي إيثيلين ، كما أنه يستخدم كمادة محفزة في عملية بلمرة البروبين إلى بولي بروبلين .

سبائك الألمنيوم

نظراً لما يتصف به الألمنيوم من ليونه عالية ، وضعف مقاومة للشد أو السحب ، فإنه لايستخدم في كثير من التطبيقات أو الاستخدامات الصناعية بمفرده بل يستخدم على شكل سبائك مع معادن أخرى، وذلك لتحسين بعض خواصه الميكانيكية مثل مقاومته للشد والإجهاد وقابليته للتشكل أو القولبة ، ومن أهم سبائك الألمنيوم مايلي :

● سبائك الألمنيوم عالية النقاوة

تمتاز سبائك الألمنيوم عالية النقاوة بمقاومتها العالية للتآكل ، وسهولة تشكلها وسحبها ، وتبلغ نقاوة الألمنيوم بها ٩٩,٩٩٪، إضافة إلى شوائب من النحاس والحديد والسيليكون لاتزيد نسبتها عن ٠,١٪ .

تستخدم سبائك الألمنيوم عالية النقاوة في صناعة مواد التغليف والألواح وبعض أنواع الأجهزة والمعدات والأدوات الكهربائية .

● سبائك الألمنيوم ـ نحاس

تصل نسبة النحاس في سبائك الألمنيوم ـ نحاس إلى حوالي ٠,٧٪ ، مع نسبة ضئيلة جداً من الحديد والسيليكون ، وتتميز هذه السبائك بقابليتها للطرق والمعالجة الحرارية ، كما أنها تتمتع بخصائص ميكانيكية جيدة مثل مقاومتها للتآكل الاجهادي ، والصدمات ، والشد ، ولذلك تستخدم في صناعة خزانات الوقود وتخزين الغاز المسيَّل المستخدم في الصواريخ والمركبات الفضائية .

● سبائك الألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم

تحتوي سبائك الألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم على نسبة مختلفة من النحاس تصل إلى ١٠٪ ، مع مغنيسيوم ٠,٢٪ ، وتمتاز مثل هذه الأنواع من السبائك بمقاومة وصلادة عالية حيث يساعد كل من النحاس والمغنيسيوم في رفع مقاومة السبيكة أثناء تصلدها مع الزمن .

تستخدم سبائك الألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم في صناعة الطائرات والسيارات، ومكابس (Pistons) محركات الإحتراق الداخلي .

● سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم

تتراوح نسبة الزنك في سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم بين ٤٪ إلى ٨٪ ، والمغنيسيوم بين ١٪ إلى ٣٪، ويساعد كل من الزنك والمغنيسيوم على رفع درجة مقاومة السبيكة . وتمتاز هذه الأنواع من السبائك بمقاومة متوسطة ، وقابلية جيدة للحام ، وتصلد شديد عند درجة حرارة الغرفة ، ولهذا تستخدم في صناعة عربات القطارات والسيارات والشاحنات والجسور المتحركة .

● سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم ـ نحاس

تمتاز سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم ـ نحاس بقابليتها للطرق والمعالجة الحرارية ، وبمقاومة عالية للشد والاستطالة عند درجات حرارة مختلفة ، ولهذا تستخدم أنواع من هذه السبائك في صناعة أجزاء بعض وسائل النقل كالسيارات والطائرات والقطارات وبعض سلع المنشآت.

● سبائك الألمنيوم ـ مغنيسيوم ـ سيليكون

تتراوح نسبة المغنيسيوم في سبائك الألمنيوم ـ مغنيسيوم ـ سيليكون بين ٠,٦٪ إلى ١,٢٪ ، والسيليكون بين ٠,٤٪ إلى ١,٣٪ ، وتمتاز بسهولة طرقها ومعالجتها الحرارية ، ولذا فإنها تستخدم في العديد من الصناعات مثل صناعة الألواح والأسلاك والقضبان والموصلات الكهربائية وأجسام الشاحنات وعربات القطارات .

● سبائك أخرى

هناك عدة سبائك أخرى للألمنيوم تختلف في خواصها الميكانيكية والكيميائية عن السبائك المذكورة أعلاه حيث أنها تتميز بقابليتها للصب ـ في الرمل أو قوالب ذات أشكال معينة ـ إلا أنها غير قابلة للطرق أو المعالجة الحرارية ، كما تختلف عن بعضها البعض في نسب المعادن المكونة لها ، ومن أهمها سبائك : ألمنيوم ـ نحاس ، وألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم ـ سيليكون ، وألمنيوم ـ نحاس ـ نيكل ـ مغنيسيوم ، وألمنيوم ـ نحاس ـ فضة ـ مغنيسيوم .

تستخدم هذه السبائك في معظم الآلات والأجهزة التي تتطلب أجزاء مصبوبة بأشكال معينة مثل رؤوس اسطوانات الحركة ، ومكابس آلات الاحتراق الداخلي ، وأجسام المضخات والعدادات ، وأجزاء الطائرات والسيارات والقطارات والجسور ... وغيرها .

إستخدامات الألمنيوم

نظراً لما يتمتع به الألمنيوم من خصائص جيدة مثل توصيله للحرارة والكهرباء ومقاومته للتآكل ، وقدرته على عكس الضوء والحرارة ، وسهولة تشكله أو قولبته ، لذا فإنه يستخدم في العديد من الصناعات التي من أهمها ما يلي :ـ

ـ الأدوات الكهربائية والأواني المنزلية .

ـ الأبواب والنوافذ .

ـ طلاء حاويات وصهاريج وخزانات المشتقات النفطية .

ـ الآلات والأجهزة وتشييد الباصات والقطارات والطائرات والصواريخ والمركبات الفضائية والسفن .

ـ تعليب وتغليف المواد الغذائية .

ـ استخلاص المعادن في الصناعات التعدينية نظراً لألفة الألمنيوم الكبيرة للأكسجين .

ـ المواد المحفزة المستخدمة في الصناعات العضوية والصناعات البتروكيميائية .