الكروم

د. محمد شفيق الكتاني

تم اكتشاف فلز الكروم في الكروكوليت المعدني ($PbCrO_4$) في عام ١٧٩٧م، وتم عزله بواسطة اختزال الأكسيد باستخدام الكربون في عام ١٧٩٨م، وبعد نجاح الحصول عليه من الأكسيد طورت طريقة صناعية لإنتاج الكرومات بتحميص الكروميت ($FeCr_2O_4$) مع كربونات الصوديوم(Soda ash)، ومنها تم الحصول على الأكسيد. ومع بداية القرن التاسع بدأ إنتاج الفيروكروم (حديد، كروم)، والكروم بتقنيات مختلفة، حيث تم الحصول على الفيروكروم - على نطاق صناعي محدود - بتفاعل أكسيد الكروم (Cr_2O_3) مع الكربون في فرن كهربائي، بينما تم إنتاج الكروم بالاختزال الحراري لأكسيد الكروم بوساطة الألمنيوم و السيليكون.

يوجد الكروم في الطبيعة مختلطاً مع بعض الفلزات مثل الحديد والمنجنيز والألمنيوم والسيليكون، وبالرغم من وجوده في العديد من الخامات المعدنية إلا أن خام الكروميت كان ومازال هو المصدر التجاري السائد الذي يستخدم للحصول على الكروم.

الخواص الفيزيائية والكيميائية

الكروم عبارة عن فلز صلب مقاوم للتآكل عند درجة حرارة الغرفة، ولذا فهو يستخدم في عمليات الطلي (التلبيس) الكهربائي كطبقة واقية لبعض أنواع الفلزات، وهو قابل للذوبان في الأحماض اللاعضوية (المعدنية) غير المؤكسدة، مثل حامض كلوريد الهيدروجين وحامض الكبريت، إلا أنه غير قابل للذوبان في الماء الملكي البارد أو حامض النيتروجين. يتفاعل الكروم عند درجات حرارة مرتفعة مع الهالوجينات والسيليكون والبورون والنيتروجين والأكسجين والكربون، ويبين الجدول (١)، أهم الخواص الفيزيائية للكروم.

إنتاج الكروم

يتم الحصول على الكروم بثلاث طرق رئيسية هي:

● من الكروميت

يتم استخلاص الكروم النقي من الكروميت وفق الخطوات التالية:

(أ) تسخين خام الكروميت عند درجات حرارة مرتفعة - تتراوح بين ٦٠٠ إلى ٩٠٠م - مع كربونات الصوديوم بوجود الهواء، حيث ينتج أحادي كرومات الصوديوم وفق التفاعل التالي:

$$4FeCr_2O_4 + 8Na_2CO_3 + 7O_2 \longrightarrow 8Na_2CrO_4 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2$$

الخاصة الفيزيائية	القيم
الكتلة الذرية	٥١,٩٩٦١
العدد الذري	٢٤
درجة حرارة الانصهار	١٨٥٧م
درجة حرارة الغليان	٢٦٧٢م
الكثافة (عند الدرجة ٢٠م)	٧,١٩ جم/سم٣
الحرارة النوعية (عند الدرجة ٢٥م)	٢٣,٢٥ جول/مول كلفن
الحرارة الكامنة للانصهار	١٦,٩٣ كيلوجول/مول
الحرارة اللاطية للتبخر عند درجة الغليان	٣٤٤,٣ كيلوجول/مول
المقاومية (Resistivity) عند الدرجة (٢٠م)	١٢,٩ x ١٠-٨ اوم. متر
الناقلية الحرارية (عند الدرجة ٢٠م)	٦٧ واط / متر /كلفن

● جدول (١) أهم الخواص الفيزيائية للكروم.

(ب) تحويل أحادي كرومات الصوديوم النا تج إلى ثنائي كرومات الصوديوم وذلك بتفاعله مع حامض الكبريت وفق التفاعل التالي:

$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$$

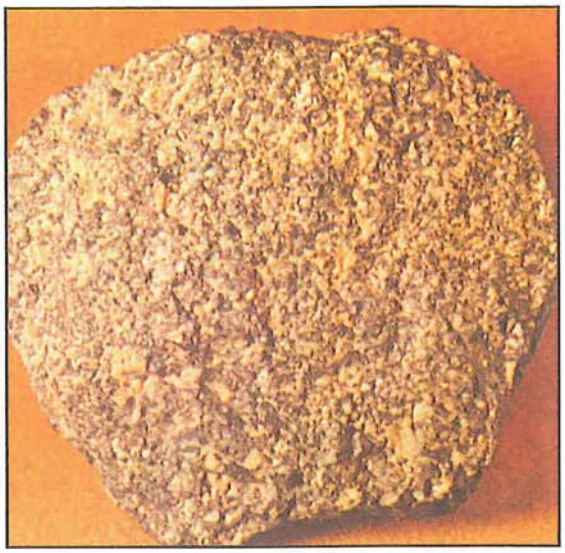
(ج) اختزال ثنائي كرومات الصوديوم إلى ثلاثي أكسيد الكروم بواسطة الكربون وفق المعادلة التالية:

$$Na_2Cr_2O_7 + 2C \longrightarrow Cr_2O_3 + Na_2CO_3 + CO$$

يلي ذلك فصل الأكسيد عن كربونات الصوديوم المتشكلة أثناء التفاعل.

(د) الحصول على فلز الكروم بواسطة اختزال ثلاثي أكسيد الكروم بطريقتين هما:

- الاختزال بالألمنيوم: وتجرى هذه العملية في مفاعل مبطن بأكسيد الألمنيوم، حيث يمزج أكسيد الكروم مع مسحوق الألمنيوم عالي النقاوة ويسخنا إما كهربائياً، أوبإشعال مزيج من مسحوق كلورات البوتاسيوم مع الألمنيوم، ويصاحب هذا التفاعل - طارد للحرارة - ارتفاع بدرجة الحرارة يصل إلى ٢٠٠٠م، مما يساعد على فصل الخبث (Slag) عن فلز الكروم.



● خام الكروميت .

وتتم عـمليـة الأخـتـزال وتشكل فلز الكروم وفقاً للتفاعل التالي :

$$Cr_2O_3 + 2Al \longrightarrow Al_2O_3 + 2Cr$$

تعتمد نقاوة الكروم الناتج على نقاوة المواد المتـفـاعلة وبشكل خاص على نـقـاوة أكسـيـد الكروم ، ويـتـراوح أحـيـاناً مـردود الكروم في الطريـقـة الصناعـيـة مـابين ٨٥–٩٠٪ ، وبنـقـاوة ٩٧–٩٩٪ وزناً ، وتكون الشـوائب المرافـقـة لفلز الكروم غـالبـاً من السيليكون والألمنيوم والحديد.

ـ الاخـتـزال بـالكربون : ويتم بمزج ثلاثي أكسيد الكروم مع الكربون في الفرن بنسب مـعـينة ، وتسـخـيـنـهـمـا إلى درجـة حـرارة تتراوح بين ١٢٧٥ـ١٤٠٠أ ، عند ضغط ٤٠ باسكال (٠,٣ مم . زئبق) ، وتستمر عملية التسخين حوالي ١٠٠ ساعة ، وتتم عملية الأختزال وفق التفاعل التالي :

$$Cr_2O_3 + 3C \longrightarrow 2Cr + 3CO$$

● التحليل الكهروكيميائي

يتم الحصـول على الكروم من التـحليل الكهروكيميائي، شكل (١) لمحاليل الكروم ـ الشـبـة (ألوم) ـ صناعـيـاً وفـق الخطوات التالية :

(أ) تحليل الفيروكروم ـ النا تج من اختزال الكروميت بالكربون ـ في مزيج من حامض الكبريت وكبريتات الأمونيوم.

(ب) فـصـــل الحـــديد على شـكل حـــديد ـ شـبّـــة ($NH_4Fe(SO_4)_2.12H_2O$).

(ج) بلـورة كـروم ـ الشـبّـة $\{NH_4Cr(SO_4)_2 . 12H_2O\}$.

(د) تحلل كـروم ـ الشـبّـة وتوضّـع كـهـربائي للكروم المعدني .

وتجـرى عـمليـة التـحلل الكهربائي في خلية مـجـهـزة بمهـبـط من الصلب المقـاوم للصـدأ ، حـيث تتـشـكل عليـه طبقة من الكروم بسماكة ٣ـ٦ مم تتم إزالتـها في نهاية عملية التحليل .

● الاختزال الكهروكيميائي

يمكن الحـصـول على الكروم من الإختزال الكهروكيميائي لسداسي أكسيد الكروم وذلك في خلية مـجـهـزة بمهبط من الصلب المقـاوم للصـدأ وبمصـعـد من الرصاص ، حـيث تتم عـمليـة التـحليل في وجود محلول من رباعي أكسـيـد الكروم بتركيز ٣٠٠جرام/لتر بالإضافة إلى ١٪ من حامض الكبريت .

تسـتـخـدم طريقـة الإخـتـزال الكهروكيميائي لغرضين أساسيين هما الحصـول على فلز الكروم وطلي المواد بهذا الفلز لأغراض الديكور.

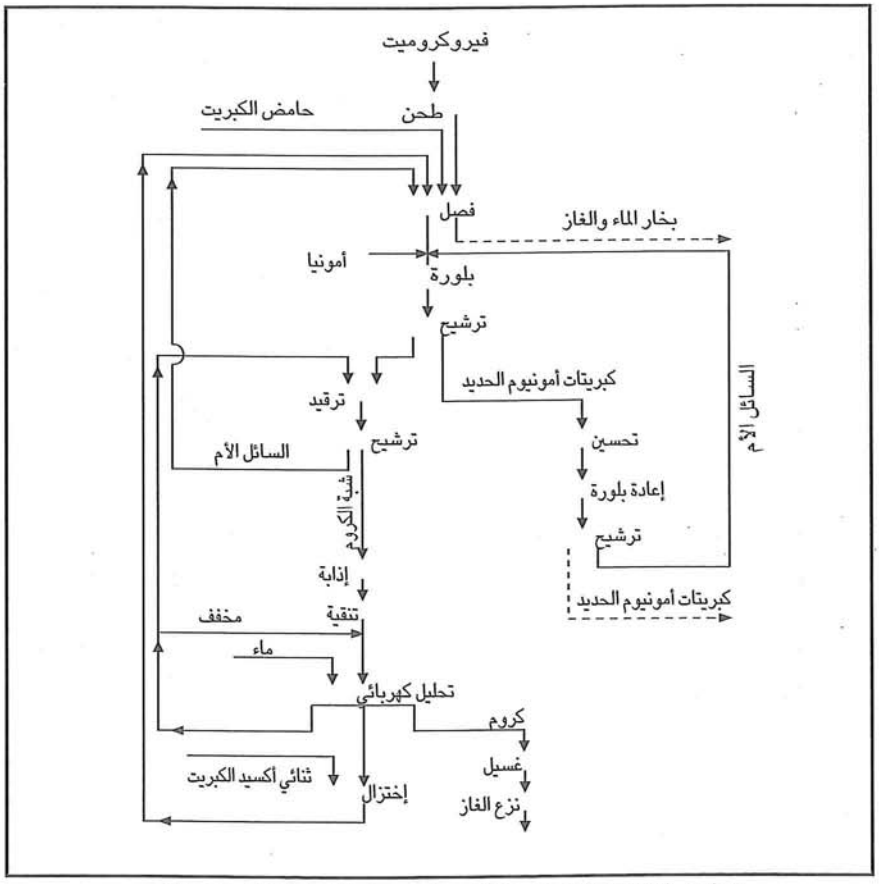
مركبات الكـــروم

يشكل الكروم عدة مركبات كيميائية صناعية هامة ، منها مايلي:

● أحادي كرومات الصوديوم

يتم تحـضـيـر أحـادي كـرومـات الصـوديوم (Na_2CrO_4) ، بالتـحـمـيص المؤكسد القلوي (Alkaline Oxidative Roasting) للكرومـيت عند درجـات حـرارة تتـراوح مـابين ١٠٠٠ –١١٠٠أم بوجود كـربونات الصوديوم وفقاً للتفاعل التالي:

$$4FeCr_2O_4 + 8Na_2CO_3 + 7O_2 \longrightarrow 8Na_2CrO_4 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2$$



● شكل (١) إنتاج الكروم من الفيروكروميت بالتحليل الكهروكيميائي .

يمكن الاستعاضة جزئياً عن كربونات الصوديوم بهيدروكسيد الصوديوم ، وفي بعض الأحيان تستخدم كربونات الكالسيوم بالرغم من تشكل كرومات الكالسيوم السامة ، وتتحول الشوائب مثل عناصر الألمنيوم والسيليكون والفاناديوم المصاحبة للخامات أثناء التحميص إلى ألومينات وسيليكات وفانادات الصوديوم على التوالي .

وقبل إجراء عملية التحميص يطحن خام الكروم جيداً إلى حبيبات صغيرة قطر الواحدة منها حوالي ٠,٥ مم ، كما تطحن أيضاً كربونات الصوديوم وتمزج معه .

يلي ذلك تحميص المزيج (خام الكروم وكربونات الصوديوم) في أفران دوّارة مبطنة بالآجر ، حيث يغذى الفرن بالمزيج بشكل تيار معاكس لغازات التسخين (زيت ثقيل أو غاز طبيعي أو مسحوق الليجنيت) ليتم أكسدة ثلاثي أكسيد الكروم ، إلى سداسي أكسيد الكروم ، والحديد الثنائي إلى الحديد الثلاثي وحرق مواد التسخين ، وذلك من خلال التحكم في تدفق الهواء إلى داخل الفرن بحيث تحتوي غازات العادم الناتجة على ١٢-١٦٪ حجماً من الأكسجين، وتستمر عملية تحميص المزيج في الفرن لمدة ٤ ساعات .

تحتوي نواتج التفاعل على أحادي كرومات الصوديوم بنسبة تصل إلى حوالي ٣٠٪ ، وبمردود يتراوح مابين ٧٥-٨٥٪.

● ثنائي كرومات الصوديوم

تحتوي ثنائي كرومات الصوديوم ($Na_2Cr_2O_7$) على كمية أكبر من الكروم مقارنة بأحادي كرومات الصوديوم ، ولذا فإنه يسهل الحصول عليها بنقاوة أعلى.

يتم الحصول على ثنائي كرومات الصوديوم من أحادي كرومات الصوديوم، وذلك بتفاعله إما مع حامض الكبريت أو ثاني أكسيد الكربون ، وذلك على النحو التالي :

* **حامض الكبريت :** ويتم التفاعل بينه وبين أحادي كرومات الصوديوم وفق المعادلة التالية :

$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$$

وعند انتهاء التفاعل يُبخر محلول ثنائي كرومات الصوديوم الناتج إلى حوالي ٧٠٪ وزناً ، في حين تترسب وتُفصل معظم أو جميع كبريتات الصوديوم .

يستخدم محلول ثنائي كرومات الصوديوم الناتج إما كما هو في بعض الأحيان ، أو تستمر عملية تبخيره إلى أن يصل تركيزه إلى حوالي ١٦٠٠ جرام /لتر ، ثم يبرد إلى ٣٠-٤٠م ، فيتشكل على هيئة بلورات يتم فصلها بالترشيح باستخدام قوة الطرد المركزية .

يحتوي ثنائي كرومات الصوديوم الناتج على كبريتات الصوديوم كمنتج ثانوي يتم فصله في خطوة لاحقة .

* **ثاني أكسيد الكربون:** وتعد أكثر تعقيداً من طريقة حامض الكبريت ، وتتم بتفاعل بين أحادي كرومات الصوديوم وثاني أكسيد الكربون بوجود الماء ، وفق المعادلة التالية :

$$2Na_2CrO_4 + H_2O + 2CO_2 \longrightarrow Na_2Cr_2O_7 + 2NaHCO_3$$

وللحصول على مردود أعلى من ثنائي كرومات الصوديوم فإنه يجب إستخدام محلول أحادي كرومات الصوديوم بتركيز يتراوح بين ٨٠٠-٩٠٠جرام/لتر في سلسلة من المفاعلات الموصدة تحت ضغط يتراوح مابين ٧٠٠-١٥٠٠كيلو باسكال ، مع إضافة ثاني أكسيد الكربون على شكل غاز أو سائل في تيار معاكس لتيار الكرومات.

بعد ذلك تفصل كربونات هيدروجين الصوديوم ($NaHCO_3$) عن ثنائي كرومات الصوديوم وذلك بترشيحها إما مباشرة بعد تحرر الضغط لتجنب التفاعل المعاكس ، أو تحت ضغط معين . أما الجزء الباقي منها مع ثنائي كرومات الصوديوم فإنه يتم التخلص منه بتحويله إلى كربونات الصوديوم وذلك بطريقتين هما :

(أ) تحميص ثنائي كرومات الصوديوم - عند درجة حرارة ٢٠٠-٣٠٠م - وفق التفاعل التالي :

$$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

(ب) تفاعل كربونات هيدروجين الصوديوم مع هيدروكسيد الصوديوم كما في التفاعل التالي :

$$NaHCO_3 + NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

ومن ثم يتم الحصول على نقاوة أعلى من ثنائي كرومات الصوديوم بخطوة أخرى .

● ثنائي كرومات البوتاسيوم والأمونيوم

يتم الحصول على ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$)

● مسحوق ومحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم .

والأمونيوم{$(NH_4)_2Cr_2O_7$} ، من تفاعل ثنائي كرومات الصوديوم مع أملاح كلوريد البوتاسيوم أو الأمونيوم وفق التفاعلين التاليين :

$$Na_2Cr_2O_7 + 2KCl \longrightarrow K_2Cr_2O_7 + 2NaCl$$

$$Na_2Cr_2O_7 + 2NH_4Cl \longrightarrow (NH_4)_2Cr_2O_7 + 2NaCl$$

ففي التفاعل الأول ـ على سبيل المثال ـ يمزج محلول من ثنائي كرومات الصوديوم (بتركيز يتراوح بين ٤٠٠ـ٤٥٠ جرام/لتر)، مع محلول من كلوريد البوتاسيوم (بتركيز ٢٠٠ جرام/لتر) ، وتسخين المزيج إلى درجة حرارة الغليان ، يرشح كلوريد الصوديوم المتشكل من المحلول الساخن ، ثم يبرد المحلول فتترسب كرومات البوتاسيوم .

● سداسي أكسيد الكروم

يتم الحصول على سداسي أكسيد الكروم (CrO_3) ـ يسمى أيضاً بحامض الكروميك ـ من تفاعل ثنائي كرومات الصوديوم ثنائية التمّيه مع حامض الكبريت المركز وفق التفاعل التالي:

$$Na_2Cr_2O_7.2H_2O + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2NaHSO_4 + 2CrO_3 + 3H_2O$$

يمكن أن يتم التفاعل السابق في محلول مائي مركز لكرومات الصوديوم ثنائية التمّيه أو في حالتها المنصهرة . وفي الحالة الأخيرة تمزج كرومات الصوديوم مع حامض الكبريت ، مع إرسال المزيج إلى فرن تسخين دوّار حيث يتم فيه – على التوالي– تبخير الماء وانصهار كبريتات هيدروجين الصوديوم عند درجة حرارة ١٧٠م ، وانصهار سداسي أكسيد الكروم عند درجة حرارة ١٩٨م ، وتكون درجة الحرارة في هذه الحالة حرجة ، حيث يتفكك سداسي أكسيد الكروم عند درجات حرارة أعلى من ذلك . وبعد انتهاء التفاعل يتم فصل المزيج السائل في مرقد حيث يسحب سداسي أكسيد الكروم من الأسفل ويحول إلى مادة صلبة بالتبريد ، بينما تسحب كبريتات هيدروجين الصوديوم ($Na\ HSO_4$) من الأعلى .

يذوب سداسي أكسيد الكروم في الماء بصورة جيدة مشكلاً حامض الكروميك ، الذي يستخدم لتنظيف الأدوات الزجاجية المخبرية.

يعد سداسي أكسيد الكروم عاملاً مؤكسداً قوياً حيث يتحول عند تسخينه إلى ثلاثي أكسيد الكروم مع تحرر غاز الهيدروجين وفق التفاعل التالي :

$$4CrO_3 \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 3O_2$$

● ثلاثي أكسيد الكروم

ثلاثي أكسيد الكروم عبارة عن مادة صلبة خضراء داكنة اللون ، كما أنه يعد من الأكاسيد المترددة (Amphoteric) ، حيث تتفاعل مع الأحماض لتعطي أيونات الكروم، كما تتفاعل مع المحاليل القلوية المركزة لتعطي الكروميتات وذلك وفقاً للتفاعلين التاليين :

$$Cr_2O_3 + 6H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3H_2O$$

$$Cr_2O_3 + 6(OH)^- + 3H_2O \longrightarrow 2Cr(OH)_6^{3-}$$

يتم الحصول على ثلاثي أكسيد الكروم بطريقتين هما :

(أ) اختزال ثنائي كرومات الصوديوم بمواد عضوية أو بالفحم أو الكبريت وفق تفاعلين طاردين للحرارة هما:

$$2Na_2Cr_2O_7 + 3C \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 2Na_2CO_3 + CO_2$$

$$Na_2Cr_2O_7 + S \longrightarrow Cr_2O_3 + Na_2SO_4$$

ويجرى هذان التفاعلان بشكل مستمر في أفران خاصة ، وبعد انتهاء التفاعل يغسل المزيج الناتج بواسطة الماء ، لإزالة النواتج الذوابة ، ثم يرشح السائل ويجفف، للحصول على ثلاثي أكسيد الكروم الذي تصل نقاوته في هذه الحالة إلى ٩٩٪.

(ب) تفاعل ثنائي كرومات الصوديوم مع أملاح الأمونيوم مثل ، كلوريد الأمونيوم أو كبريتات الأمونيوم وفق المعادلة التالية :

$$Na_2Cr_2O_7 + 2NH_4Cl \longrightarrow 2NaCl + Cr_2O_3 + 4H_2O + N_2$$

● كبريتات الكروم

يمكن الحصول على كبريتات الكروم الأساسية {$Cr(OH)SO_4$} من ثنائي كرومات الصوديوم بعدة طرق من أهمها مايلي:

(أ) كمنتج ثانوي من عملية أكسدة ثنائي كرومات الصوديوم بوجود الانثراسين ، كما في التفاعل التالي :

$$Na_2Cr_2O_7 + 3H_2SO_4 + \text{(anthracene)} \longrightarrow Na_2SO_4 + 2Cr(OH)SO_4 + 3H_2O + \text{(anthraquinone)}$$

(ب) اختزال ثنائي كرومات الصوديوم باستخدام المولاس (Molasses) وفقاً للمعادلة التالية :

$$8Na_2Cr_2O_7 + 24H_2SO_4 + C_{12}H_{22}O_{11} \longrightarrow 16Cr(OH)SO_4 + 8Na_2SO_4 + 12CO_2 + 22H_2O$$

(ج) إختزال ثنائي كرومات الصوديوم بواسطة ثاني أكسيد الكبريت، وذلك كما يلي:

$$Na_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 2Cr(OH)SO_4$$

سبائك وسيرميتات الكروم

تعد سبائك وسيرميتات (Cermets) الكروم من أهم مركبات الكروم في المجال الصناعي ، ويمكن توضيحها على النحو التالي:ـ

● السبائك

يستخدم الكروم على شكل الفيروكروم في صناعة الفولاذ (Steel) ، كما يستخدم الكروم النقي المنتج من عمليات التحليل الكهربائي أو الاختزال الحراري – بواسطة الألمنيوم ـ في المواد السبائكية غير الحديدية ، ومن أكثر هذه السبائك شيوعاً هي نيكل الأساس وكوبالت الأساس ، التي يستخدم معظمها لأغراض معينة عند درجات حرارة مرتفعة.

توجد أيضاً سبائك الكروم الأساس التي تحتوى على ٥٠ـ٦٠٪ كروم والباقي عبارة عن نيكل ونيوبيوم أو تيتانيوم . وتستخدم مثل هذه السبائك في صناعة الأجزاء المعرضة لدرجات حرارة عالية في الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية ، كما أن لها استخدامات هامة في محطات توليد الكهرباء مثل دواعم أنابيب التبادل الحراري ، ومكونات في محركات التوربينات الغازية ، وقطع لتطبيقات معينة.

مقاومة لدرجات حرارة مرتفعة والأكسدة والتآكل الساخن .

ومن أهم السبائك الكرومية الأخرى مايلي:

(أ) نيكل ـ كروم : وتتميز بمقاومة كهربائية نوعية عالية ، ومقاومة جيدة للأكسدة ، ومن أفضل أنواع هذه السبائك هي تلك التي تحتوي على ٢٠٪ كروم ، ومن أشهرها السبيكة التجارية نيكروم التي تتكون من ٧٨٪ نيكل ، ٢٠٪ كروم ، ١,٥٪ سيليكون ، و ٠,١٪ كالسيوم ، و ٠,٥٪ سيزيوم .

(ب) نيكل ـ حديد ـ كروم : وتتميز بمقاومة جيدة للتآكل ، والاحتفاظ بخواص ميكانيكية جيدة عند درجات الحرارة العالية، ومن أهم هذه السبائك هي سبيكة الأنكونيل (٦٠٠)، وتتركب من ٧٦٪ نيكل ، و ٧٪ حديد ، و١٦٪ كروم .

تستخدم السبيكتان السابقتان في عدة تطبيقات صناعية هامة في الصناعات البتروكيميائية ، والعمليات الكيميائية ، والمعالجة الحرارية .

(ج) كوبالت ـ كروم : وتتراوح نسبة الكروم بها بين ٢٥ـ٣٠٪ وتتميز بمقاومة عالية للتآكل ، وصلادة مرتفعة عند درجات الحرارة العالية (٧٠٠ـ٨٠٠م) ، كما أنها تتميز بمقاومة جيدة للتحات الميكانيكي .

تستخدم سبائك الكوبالت ـ كروم في صناعة زعانف محركات الطائرات والتربينات العادية ، وكمادة مغلفة لحلقات العادم في محركات الطائرات ، وفي مكونات الأفران وأجهزة المعالجة الحرارية، وبعض مكونات الغلايات وأوعية التفاعل.

(د) سبائك الكروم ـ نحاس : حيث تضاف كميات سبائكية من الكروم إلى النحاس تتراوح مابين ٠,٣٪ – ١,٢٪ وذلك لإكسابه مقاومة شد عالية . وتستخدم مثل هذه الأنواع من السبائك في بعض الصناعات مثل رؤس المساري لأغراض اللحام في صناعة السيارات ، وأجزاء التماس الدوارة ، والحلقات ، وبعض التطبيقات الكهربائية الأخرى .

● إستخدام مركبات الكروم في الصناعات الجلدية .

(هـ) التراوت الألومينية (Wraught Alminium): وتحتوي على كميات قليلة جداً من الكروم (٠,١ ـ ٠,٣٪) بالإضافة إلى عناصر سبائكية أخرى مثل المغنيسيوم والمنجنيز ، وكذلك سبائك الصب الألومينية التي تحتوي على (٠,٠٥ـ٠,٤٪) من الكروم ، وفي كلا النوعين السابقين من هذه السبائك يستخدم الكروم لمقاومة التآكل ولتحسين الخواص الفيزيائية لهما .

● السيرميتات

تقسم السيرميتات ـ أنظمة من الخزف وفلز الكروم ـ إلى ثلاثة أنواع هي:

١ـ سيرميت (LT-1) ويحتوي على ٧٧٪ كروم ، و٢٣٪ أكسيد ألمنيوم (الألومينا).

٢ـ السيرميت (LT-1B) ويحتوى على ٥٩٪ كروم ، و١٩٪ أكسيد ألمنيوم ، و ٢٠٪ موليبدنوم ، و٢٪ أكسيد تيتانيوم.

٣ـ السيرميت (LT-2) ويحتوي على ٢٥٪ كروم ، و١٥٪ أكسيد ألمنيوم و ٦٠٪ تنجستين.

تتميز الأنواع السابقة من السيرميتات ـ بصفة عامة ـ بثبات حراري ، ومقاومة للتآكل عاليين جداً ، إلا أن كلاً من (LT-1) و (LT-1B) يتمتعان بمقاومة سحق عالية (Creep Resistance) عند درجات حرارة تصل إلى ١٢٠٠م ، ولذا فإنهما يستخدمان في صناعة أنابيب المزدوجات الحرارية ، وبوتقات الأفران ، والقطع المكوكية (Shuttles) المستخدمة في صناعة النسيج، والأنابيب الغازية ، وحلقات التوربينات الغازية ، بينما يستخدم السيرميت (LT-2) ، لصناعة بعض قطع مضخات حامض الكبريت وقوالب الصب ، وفوهات الأنابيب .

استخدامات الكروم ومركباته

مما سبق يتضح أن للكروم ومركباته عدة استخدامات صناعية هامة يمكن تلخصيها فيما يلي :

ـ السبائك الحديدية وغير الحديدية.
ـ الأصباغ التي تستخدم في الدهانات والأحبار.
ـ دباغة الجلود.
ـ معالجة المياه (مانع للتآكل).
ـ مثبطات للتآكل الفلزي.
ـ الطلي (التلبيس) الكرومي.
ـ مسحوق التنعيم والتلميع.
ـ طين حفر آبار الزيت.
ـ أشرطة لحام الالكترودات.
ـ مهابط أنابيب الأشعة السينية.
ـ عمليات النزع الأيوني تحت الفراغ.