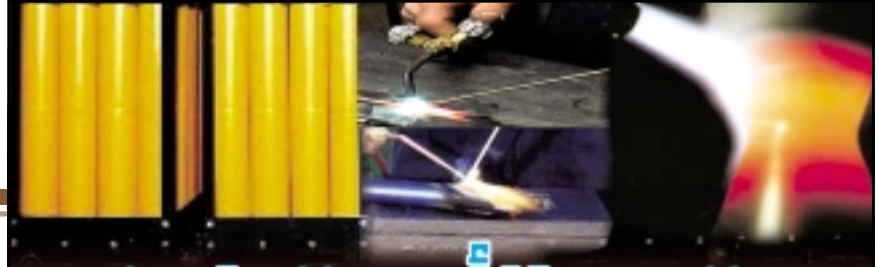


وقود الأسيتيلين

د. محمد شفيق الكناني

الأسيتيلين (Acetylene) ـ صيغته الكيميائية (C_2H_2) ـ عبارة عن غاز عديم اللون قابل للاشتعال وذي رائحة مميزة تشبه رائحة الثوم بسبب وجود آثار من المركبات الكبريتية والفوسفورية.

يصبح الغاز شديد الانفجار إذا سُيِّل أو ضُغط أو سُخّن أو مزج مع الهواء ، وبناءً على ذلك فإنه يتطلب احتياطات خاصة أثناء إنتاجه والتعامل معه ،جدول(١).

يستخدم الأسيتيلين كمادة خام لإنتاج عدة أنواع من المواد الكيميائية العضوية أهمها ٤,١ بيوتان دايول ، الذي يستخدم بشكل كبير في صناعة مواد بلاستيكية مثل البولي إيثلين، ومكون وقود في لحام أوكسي ـ أسيتيلين (Oxy-acetylene) ، وقطع وتنظيف المعادن، كما تستخدم بعض مركبات الأسيتيلين التجارية مثل أسود الأسيتيلين في بعض أنواع بطاريات الخلايا الجافة والأغوال (الكحولات) الأسيتيلينية التي تستخدم في صناعة الفيتامينات .

اكتشف الأسيتيلين في عام ١٨٠٠م من تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء ، وفي عام ١٨٣٦م تم تحضيره من تفاعل كربيد البوتاسيوم مع الماء ،كما تم تحضيره عام ١٨٥٩م باستخدام القوس الكهربائي في جو من الهيدروجين . وقد استخدم لأول مرة كإشارات ضوئية في السفن وطرق السكك الحديدية عام ١٩٠٥م ، وفي اللحام و قص (قطع) المعادن عام ١٩٠٦م.

الصيغة الكيميائية	C_2H_2
الكتلة المولية	٢٦,٠٤ جم/مول
الكثافة عند ٥°م/ ١,٠١٣ بار	١,١٧٥ كجم/م٣
الكثافة عند ١٥°م/ ١ بار	١,١ كجم /م٣
درجة حرارة الاشتعال	٣٣٥°م في الهواء ، ٣٠٠ °م في الأكسجين
حدود الانفجار	٢,٣ – ٨٢٪ حجما في الهواء ٢,٥ – ٩٣٪ حجماً في الأكسجين
الكثافة مقارنة بالهواء	أخف ب ١٠٪ من الهواء
درجة حرارة الغليان	٨٤°م

● جدول (١) الخواص الفيزيائية للأسيتيلين.

صناعة الأسيتيلين

طورت شركة باسف (BASF) الألمانية في بداية العشرينات طريقة لصناعة غاز الأسيتيلين من مركبات هيدروكربونية مصدرها الغاز الطبيعي والبترول، وقد بدأت العملية بالإنتاج في بداية الأربعينات، أما في الوقت الحاضر فتتم صناعة الأستيلين وفق الطرق التالية:

● طريقة إماهة كربيد الكالسيوم

استخدمت هذه الطريقة في جنوب أفريقيا ـ ولازالت ـ بسبب توفر المواد الأولية للصناعة، تسمى هذه الطريقة أيضاً بالطريقة الرطبة، وتتضمن ثلاث مراحل للحصول على الأسيتيلين، ففي **المرحلة الأولى** يتم الحصول على الفحم من مناجمه، وفي **المرحلة الثانية** يتم تصنيع كربيد الكالسيوم بتسخين الفحم مع أكسيد الكالسيوم عند درجة حرارة تصل إلى حوالي ٢٠٠٠°م ، وذلك وفق المعادلة التالية:

$$CaO+3C \xrightarrow{\Delta} CaC_2+ CO$$

أما في **المرحلة الثالثة** فيتم فيها معالجة كربيد الكالسيوم بالماء لينتج غاز الأسيتيلين وفق التفاعل التالي:

$$CaC_2+2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

وفي هذه المرحلة يتم ـ بواسطة لولب حلزوني ـ إدخال لقيم من حبيبات كربيد الكالسيوم إلى مفاعل أسطواني مملوء بالماء إلى مستوى معين مع التحريك المستمر داخل غرفة التفاعل لمنع طفو الحبيبات على سطح الماء فتؤدي إلى انتشار كمية كبيرة من الحرارة ، وبالتالي إلى إشعال الأسيتيلين الناتج عن التفاعل، شكل(١) .

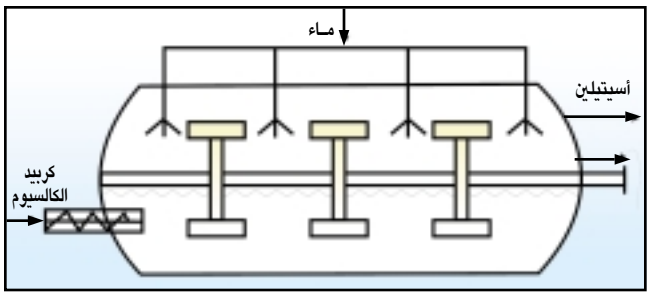
تتم تنقية الأسيتيلين الناتج عن هذه الطريقة من الشوائب ـ مثل كبريتيد الهيدروجين ـ وذلك بإمرار الغاز في محلول من حمض الكلور (HCl) المخفف ومن ثم في محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ، وبعد ذلك يجفف ويعبأ في أسطوانات تحت الضغط والتبريد.

● طريقة التكسير الحراري

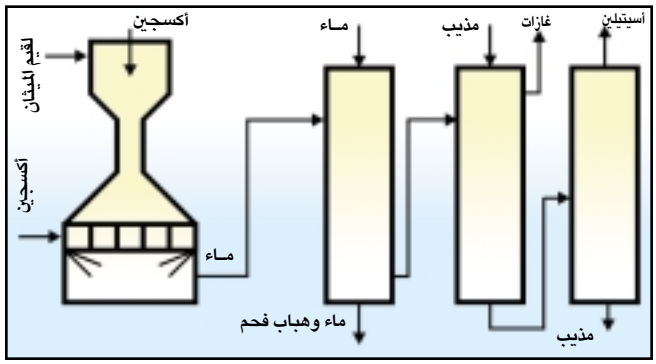
تعتمد هذه الطريقة على التكسير الحراري للغاز الطبيعي ـ الحاوي على أكثر من ٩٠٪ من غاز الميثان ـ أو مركبات هيدروكربونية سائلة كلقيم عند درجات حرارة تتجاوز ١٢٠٠°م ، وذلك وفق التفاعل التالي:

$$2CH_4 \xrightarrow{\Delta} C_2H_2+ 3H_2$$

ونظراً لاستخدام درجات حرارة عالية، فإنه ينتج عن التفاعل ـ بالإضافة إلى



● شكل (١) مخطط مبسط لمفاعل تحضير الأسيتيلين من عملية تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء.



● شكل (٢) مخطط مبسط لعملية صناعة الأسيتيلين من التكسير الحراري للميثان.

الأسيتيلين والهيدروجين ـ غازات مثل أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون التي تنتج عن احتراق الأسيتيلين مع الأكسجين . وللحصول على درجات حرارة عالية للتفاعل تستخدم لهذا الغرض الطرق التالية:

* **طريقة القوس الكهربائي:** وتعد ملائمة جداً لتسخين اللقيم بشكل سريع ـ اللقائم المستخدمة بهذه الطريقة هي الغاز الطبيعي (الميثان)، والجازولين، والنفثا وغيرها من المركبات الهيدروكربونية السائلة ـ بواسطة قوس كهربائي يبلغ طوله متر واحد يفصل بين مهبط مبرد بالماء ومصعد أنبوبي مبرد بالماء أيضاً ـ تمرر أبخرة اللقيم عبر القوس الكهربائي حيث تصل درجة الحرارة العظمى التي يبلغها الغاز حوالي ١٦٠٠°م. تبرد الغازات الناتجة عن التفاعل تبريداً سريعاً إلى حوالي ١٠٠٠°م ، بإمرار تيار من مركبات هيدروكربونية يتراوح عدد ذرات الكربون فيها من C2 إلى C4 حيث تخضع لعملية تكسير ينتج عنها إيثيلين وألكينات ، وأخيراً تبرد إلى ٢٠٠°م، وذلك بحقن الماء. ينقى الغاز الناتج من هباب الفحم بواسطة قمع فاصل، أما المواد القطرانية فيتم إزالتها بغسلها بالزيت، بينما يزال سيانيد الهيدرجين بغسله بالماء، كما يتم نزع كبريتيد الهيدرووجين بواسطة أكاسيد الحديد. يضغط الغاز المنقى الناتج، ثم يغسل بالزيت لفصل المركبات الأسيتيلينية العالية، وبعدها يمتص الأسيتيلين بالماء لفصله عن الهيدروجين والإيثيلين والإيثان.

* **طريقة التحلل الحراري المتجدد:** ويتم فيها تسخين اللقيم بتماسه مع مواد تختزن كمية كبيرة من الحرارة وتسخن مسبقاً بحرق الوقود. وتتم عملية التكسير أو التحلل الحراري في أزواج من الأفران ملئت بآجر متحمل للحرارة ، وتشغل هذه الأفران بطريقة دورية ، ففي حين يسخن أحدهما بأن يحرق فيه وقود بالهواء ، يكون الآخر في دور التكسير، ثم يعكس اللقيم بعدئذ، ويقوم الفرن المعاد تسخينه بدوره، على أن يواصل الفرن الآخر ـ الذي خفض التفاعل الماص للحرارة درجة حرارته ـ دورة إعادة التسخين . ويتم تفاعل تكسير اللقيم ـ يكون عادة البروبان أو النفثا أو الجازولين ـ عند درجة حرارة ١٢٠٠°م وتحت ضغط ٠,٥ جو، ثم تبرد نواتج التكسير تبريداً سريعاً بالماء، ويفصل منها الأسيتيلين الذي يتراوح مردوده حوالي ٣٠٪، شكل (٢).

● طريقة اللهب

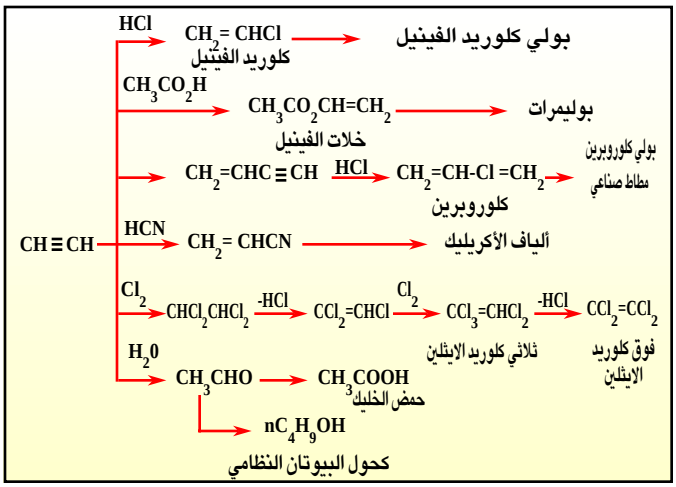
يتم في هذه الطريقة نقل حرارة اللهب مباشرة إلى اللقيم، وذلك وفق أسلوبين هما :

* **الأسلوب الأول :** ويتم فيه حرق اللقيم الهيدروكربوني في مقدار غير كاف من الأكسجين فيتكسر جزء من اللقيم الذيً لم يحترق بفضل احتراق الجزء الآخر.

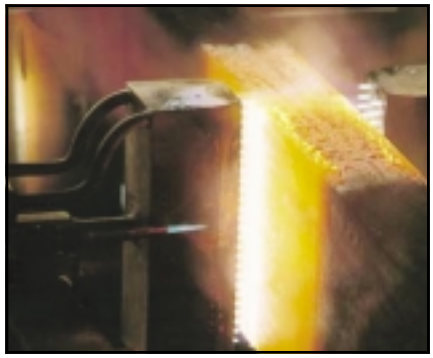
* **الأسلوب الثاني :** ويتم فيه حقن اللقيم الهيدروكربوني في لهب يشكله احتراق الوقود بالأكسجين. وفي كلتا العمليتين يتم تبريد نواتج التفاعل ـ تكون درجة حرارتها ١٥٠٠°م ـ تبريداً سريعاً بالماء أو الزيت، ومن ثم يفصل الأسيتيلين منها . ويعتمد مردود الأسيتيلين على نوعية اللقيم المستخدم ، فعند استخدام الميثان يكون مردود الأسيتيلين حوالي ٣٠٪.

استخدامات الأسيتيلين

يعد الأسيتيلين من المركبات الهيدروكربونية عالية الفعالية، وهو يستخدم كمادة أولية في الصناعات البتروكيميائية الوسطية والنهائية كما هو مبين في شكل (٣) . وقد ظل الأسيتيلين المادة الأولية أو المصدر الرئيس للصناعات الكيميائية لسنوات طويلة قبل تطوير استخدام الغاز الطبيعي ونواتج المشتقات النفطية في الصناعات البتروكيميائية ، إلا أنه في الوقت الحاضر لاتستطيع طرق تصنيع الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم منافسة الطرق البتروكيميائية لتصنيعه حيث ينافس الإيثيلين الأسيتيلين بشكل عام في الصناعات البتروكيميائية. ويعود السبب فى ذلك إلى أن هناك عدداً من الجوانب في صناعة الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم تجعله مكلف التشغيل أصلاً ، والعامل الأكثر أهمية في ذلك هو الارتفاع الشديد في درجة حرارة التفاعل ومقدار الحرارة المتصة ، فطرق صناعة الأسيتيلين المذكورة أعلاه تستهلك كميات كبيرة جداً من الطاقة ، مما يجعل تكلفة إنتاجه وفق هذه الطرق باهظة الثمن.



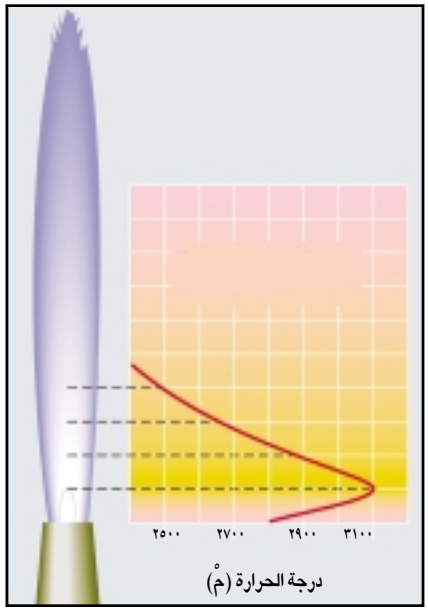
● شكل (٣) المشتقات الرئيسية للأسيتيلين.



كما ويستخدم الأسيتيلين أيضاً في عمليات لحام وقص الصفائح المعدنية ، حيث ينتج عن احتراق الأسيتيلين مع الأكسجين تفاعل كيميائى طارد للحرارة، عندما تتفاعل حجوم متساوية من الأسيتيلين والأكسجين لتنتج أول أكسيد الكربون وهيدروجين في المرحلة الأولى ، وذلك وفق التفاعل التالي:

$$C_2H_2 + O_2 \longrightarrow CO + H_2$$

وفي المرحلة الثانية من الاحتراق: يحترق أول أكسيد الكربون ويشكل ثاني أكسيد الكربون، في حين يتفاعل الهيدروجين الناتج عن تفاعل المرحلة الأولى مع الأكسجين ليشكل ماء ، وبالتالي فإن تفاعل الاحتراق يكتمل وينتج ثاني أكسيد الكربون وماء (يتحول إلى بخار) اللذين هما النواتج الرئيسية للاحتراق،



● شكل (٤) توزع درجة الحرارة من خلال لهب الأسيتيلين مع الأكسجين.

وذلك وفق التفاعل التالي:

$$CO + H_2 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

ينجم عن التفاعلين المذكورين لهب تبلغ درجة حرارته ٣٢٠٠مْ، وللّهب ثلاثة أنواع هي:

(أ) اللهب المتعادل : وينتج عندما يكون حجم غاز الأسيتيلين مساوياً لحجم الأكسجين عند الاحتراق، ويمكن القول بأن الاحتراق كاملاً ، ويبين الشكل (٤)، توزع درجة الحرارة من خلال اللهب .

(ب) اللهب المتفحم : وينتج عندما يكون حجم غاز الأسيتيلين المحترق أكبر من حجم الأكسجين ، ويمكن القول: إن الاحتراق كامل وينتج عنه هباب الفحم.

(ج) اللهب المؤكسد: وينتج عندما يكون حجم الأكسجين أكبر من حجم الأسيتيلين، ويكون لون اللهب في هذه الحالة زهري اللون.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن احتراق الأسيتيلين يحرر طاقة حرارية أكبر بكثير من احتراق الغازات الهيدروكربونية الأخرى، مثل الميثان والبروبان والبروبين والإيثان ، كما هو مبين في الشكل (٥)، وهذا ما جعله فعالاً جداً لقص المعادن.

مخاطر الأسيتيلين

ينتج عن الأستيلين مخاطر إما ناجمة عن الاشتعال وإما عن استنشاقه، وهي:-

● مخاطر الاشتعال

الأسيتيلين غاز شديد القابلية للالتهاب ويختلف عن بقية الغازات الأخرى القابلة للالتهاب لأنه غاز غير مستقر ، ويمكن أن يتفكك بشكل متفجر تحت ظروف معينة إلى عناصره الأساسية (الكربون والهيدروجين).

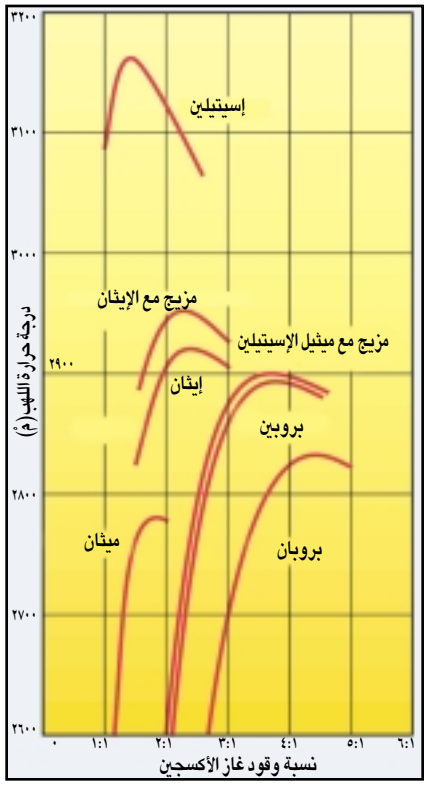
ويحدث اشتعال أو انفجار نتيجة عدم الإلمام بمخاطر استخدام الأسيتيلين، ومنها مايلي :

١ـ عدم استخدام الضغط الصحيح للغاز.

٢ـ وجود أسطوانة الأسيتيلين بوضع غير آمن أو بجانب حرارة عالية أولهب.

٣ـ وجود تشققات في أحد ليات أسطوانة الأكسجين أو الأسيتيلين .

٤ـ تسرب الغاز نتيجة عدم إحكام ربط منظم الغاز بأسطوانة الأسيتيلين.



● شكل (٥) درجة حرارة اللهب الناتج عن نسب معينة من وقود غاز هيدروكربوني مع الأكسجين.

● مخاطر الاستنشاق

يدخل الأسيتيلين إلى جسم الإنسان عن طريق الاستنشاق، ويصيب الجهاز العصبي المركزي والغشاء المخاطي والرئتين ، وتختلف حدة الإصابة بهذه الأجهزة حسب نسبة تركيز الأسيتيلين في الهواء، وذلك وفقاً لما يلي:

ـ نسبة تركيز ١٠٪ : وعندها يحدث تسمم طفيف مع خدر قابل للشفاء.

ـ نسبة تركيز ٢٠٪ : ويحدث عندها تسمم واضح مع ضيق تنفس وصداع.

ـ نسبة ٣٠-٣٥٪ وعندها يفقد الشخص الوعي.

ـ نسبة تركيز ٨٠٪ : وفيها يحدث تخدير كامل، وارتفاع لضغط الدم، وتنفس سريع، ونبض ضعيف غير منتظم مع غثيان وتقيؤ وإعياء، كما يمكن حدوث اختناق بسبب نقص الأكسجين فى هواء التنفس.

إضافة لذلك فقد سجلت تأثيرات غير مرغوبة على العاملين عند استخدامهم لمشعل أكسي ـ أسيتيلين أثناء لحام أو قص أو تنظيف المعادن ، ومن أهم هذه التأثيرات: حدوث التهاب وقرحة معدية ، ويعتقد أن هذه الأعراض نجمت عن التسمم المزمن بالفوسفين الذي هو أخطر نواتج الاحتراق نتيجة وجود ملوثات في الأسيتيلين.