الباب الخامس

غاز ثانى أوكسيد الكربون

خواصه وفوائده — طرق تحضيره — غاز ثانى أكسيد الكربون السائل — الثلج الجاف

خواصه وفوائده

يعتبر غاز ثانى أوكسيد الكربون أو حمض الكربونيك، أول غاز عرف فى الهواء، وكان يظن قديما أنه مادة منفردة الى ان أثبت العالم "لافوازيه Lavoisier" عام ١٧٨١، أنه مركب من الكربون والأكسجين .

وينبعث غاز ثانى أوكسيد الكربون على حالة منفردة الى الجو من الشقوق البركانية ، ومن بعض الوديان الغائرة التى كانت فيما سبق مهدا للبراكين ، كوادى الأموات[1] فى Java ، كما ينبعث من الابار والينابيع المعدنية .

ويوجد هذا الغاز فى الأرض متحدا مع بعض العناصر المختلفة ، مكونا معها كربونات ، مثل كربونات الكلسيوم ، وكربونات المغنسيوم .

ويتولد حمض الكربونيك من اشتعال الحرائق ، ومن عمليات التنفس ، والتخمر ، وتحلل الحيوان والنبات ، كما يتولد من تفاعل الأحماض القوية مع المواد القلوية كالكربونات .

وهو عديم اللون والرائحة ، ذو مذاق لاذع وتأثير حمضى ، والحجم الواحد منه أثقل من الحجم المكافىء له من الهواء ١,٥٣ مرة تقريبا .

وتختلف درجة ذوبانه فى الماء تبعا لاختلاف الضغط ، ففى الضغط الجوى المعتاد (١٥ رطلا على البوصة المربعة)، ودرجة الحرارة العادية (١٥,٥ سنتجراد أى ٦٠ فهرنهيت) ، يذوب غاز ثانى أوكسيد الكربون فى حجم مكافىء له من الماء ، فاذا زاد الضغط الى الضعف (أى ٣٠ رطلا على البوصة) ، يمتص الماء ضعف ما امتصه من الغاز فى المرة الأولى تقريبا ، واذا زاد الضغط ٣ مرات أى ٤٥ رطلا للبوصة ، ازداد امتصاص الماء للغاز ثلاث مرات وهكذا .

---

(١) تتشقق أرض هذا الوادى من حين الى آخر ، فينبعث منها غاز ثانى أوكسيد الكربون ، ويسبب اختناق من يصادفه ، ولهذا أطلق عليه اسم "وادى الأموات" .

كما تختلف درجة إذابته باختلاف درجات الحرارة ، فكلما ارتفعت الحرارة قلت درجة الذوبان ، والعكس بالعكس . ويمكن توضيح ذلك من الجدول الآتى :

درجة الحرارة				حجم الغاز بالنسبة الى الماء
٣٢	يمتص الماء	من	الغاز	١,٨٠
٣٦	»	»	»	١,٦٥
٤٠	»	»	»	١,٥٤
٤٤	»	»	»	١,٤٣
٤٨	»	»	»	١,٣٤
٥٢	»	»	»	١,١٤
٥٦	»	»	»	١,٠٠
٦٠	»	»	»	٠,٩٦
٦٤	»	»	»	٠,٩٣
٦٨	»	»	»	٠,٩٠

ويتبين مما سبق أن الماء الذى درجة حرارته ٣٢ فهرنهيت ، امتص من الغاز ضعف ما امتصه الماء الذى درجة حرارته ٦٨ فهرنهيت .

ويدخل غاز ثانى أوكسيد الكربون فى عدة صناعات أهمها :

(١) صناعة المياه الغازية وبعض المشروبات الروحية .

(٢) « السكر لتنقية عصير القصب بعد معالجته بالجير .

(٣) « النبيذ حيث يستعمل مادة حافظة تحول دون فساده .

(٤) صناعة الخمائر مثل مسحوق " باكنج بودر " .

(٥) « الثلج الجاف .

(٦) تزويد الطائرات به ، لاطفاء الحرائق التى يحتمل حدوثها .

تحضير غاز ثانى أوكسيد الكربون

يحضر غاز ثانى أوكسيد الكربون بإحدى الوسائل الآتية :

(ا) بتفاعل الأحماض القوية مع الكربونات والبيكربونات .

(ب) من احتراق الفحم ، والمازوت ، أو أى مادة قابلة للاحتراق .

(ج) من الشقوق الأرضية ، ومن احتراق أحجار الرخام والدبش للحصول على الجير اللازم للبناء .

(د) بواسطة اختمار المواد السكرية .

وسنتناول شرح كل واحدة منها بإيجاز .

(ا) تحضيره من الكربونات والبيكربونات

تختلف المواد الأولية اللازمة لتوليد الغاز بهذه الطريقة ، تبعا لاختلاف الجهات والأجهزة المستعملة ، ففى أمريكا مثلا تسود عملية توليده من تراب الرخام الأبيض الخشن ، ويفضل فى انجلترا توليده من بيكربونات الصوديوم ، فى حين أن بعض الدول الأخرى تستخدم فى ذلك كربونات الكلسيوم ، وكربونات المغنسيوم ، وحجر الجير ، وغير ذلك .

ويتولد الغاز من هذه المواد بتفاعلها مع أحماض خاصة أهمها :

(١) حمض الكبريتيك المركز ، ويعرف فى الأسواق بزيت الفيتريول Oil of Vitriol

(٢) « الكلوردريك « « بحمض الميوريا تيك Muriatic Acid .

ويشترط فى هذه الأحماض أن تكون بحالة نقية ، خالية من الزرنيخ والشوائب الأزوتية التى تكسب الغاز رائحة غير مقبولة وتفسد طعمه .

ولما كان الغاز الناتج من استعمال حمض الكلوردريك يكون عادة مشوبا ، وتصعب ازالة الشوائب منه حتى بعد غسله بالماء ، فان الأفضل استعمال حمض الكبريتيك .

وأكثر الكربونات المستعملة فى الوقت الحاضر ، هى كربونات الكلسيوم ، وبيكربونات الصوديوم ، وسنبين فيما يلى الطريقة المتبعة فى توليد الغاز من كل منهما :

١ — كربونات الكلسيوم :

المقادير

٣٠ رطلا من ... ... كربونات الكلسيوم .

٢٥ — ٣٠ رطلا من ... ... حمض الكبريتيك المركز .

١٠ جالونات من ... ... الماء .

ويتتج مما سبق من الوجهة النظرية عشرة أرطال من غاز ثانى أوكسيد الكربون ، غير أن وزنها الفعلى يقل عن ذلك ؛ بسبب ما يوجد فيها من الرطوبة وبعض الشوائب .

طريقة العمل — يوضع الماء أولا فى جهاز توليد الغاز Generator (شكل ١ من الصورة رقم ١٦) ، وبعد ذلك تضاف اليه الكربونات ، مع استمرار التقليب إلى أن يتكون منها مستحلب ، ثم يضاف الحمض تدريجيا ، حتى لا ترتفع درجة الحرارة ويشتد التفاعل فيتلف جهاز التوليد ، ولذلك زودت أجهزة توليد الغاز بآلات أو نوماتيكية تنظم صب الحمض على الكربونات بالكميات اللازمة الملائمة التى لا ينجم عنها حدوث أى تلف للجهاز .

وتوليد الغاز من كربونات الكالسيوم له عدة مساوىء نذكر منها :

(١) كثرة ما يستهلك من الحمض والكربونات .

(٢) كثرة ما ينفق فى شحن هذه المواد إلى المصانع مع كبر الحيز الذى تشغله عند حفظها أو خزنها .

(٣) انتاج غاز مشوب إذا كانت الكربونات غير نقية .

(٤) كثرة الاختبارات[1] الواجب اجراؤها ، لضبط كمية الحمض اللازمة للكربونات ، لاختلاف تركيبها

٢ — بيكربونات الصودا :

المقادير

٢٠ رطلا من ... ... بيكربونات الصودا .

١٢ رطلا من ... ... حمض الكبريتيك المركز .

٣ جالونات من ... ... الماء .

ويتتج مما سبق من الوجهة النظرية عشرة أرطال من غاز ثانى أوكسيد الكربون ، ويمكن الحصول على ٩٩ ٪ من هذا الوزن كناتج صاف خال من الشوائب . ويراعى فى انتاجه النظام الذى اتبع فى توليده من كربونات الكالسيوم .

---

(١) للتحقق من ضبط كمية الحمض اللازمة للتفاعل يجرى اختبار تقريبى يتبع فيه ما يأتى :

تؤخذ أوقية من المزيج الموجود فى جهاز توليد الغاز ، ويضاف اليها كمية من الماء تقدر بنحو بائت واحد ، ويمزج الاثنان مزجا جيدا ، حتى يتكون منهما محلول تجرى عليه العملية الآتية :

(أ) يقسم المحلول الى جزأين ويضاف الى أحدهما قليل من الكربونات ، فاذا حدث فوران دل ذلك على استعمال كميات من الحمض تزيد على الكمية المطلوبة للتفاعل .

(ب) تضاف الى الجزء الثانى من المحلول كمية صغيرة من الحمض ، فاذا حدث فوران دل ذلك أيضا على استعمال كميات زائدة من الكربونات .

ومن وزن الكميات التى تضاف من الحمض أو من الكربونات يمكن ضبط الكمية الواجب استعمالها من كل منهما فى توليد الغاز .

وتعتبر بيكربونات الصودا من أكثر المواد استعمالا من قديم الزمان ، وما زال استعمالها مفضلا الى الآن للأسباب الآتية :

١ — زيادة ما تنتجه من غاز ثانى أوكسيد الكربون عن أية مادة أخرى .

٢ — يمتاز الغاز الناتج منها بالنظافة نسبيا عن أية مادة أخرى .

٣ — يمكن الاستفادة من المتخلف من محلول بيكربونات الصودا فى جهاز توليد الغاز ، بتحويله الى بلاورات تتداول فى الأسواق باسم سلفات الصوديوم Sodium Sulphate ، وتعرف عادة بأملاح جلوبر Glauber's Salts ، ويقدر الناتج من هذه البلاورات بنحو ٣٧,٥ رطلا .

٤ — الاقتصاد فى استعمال المواد الأولية ، كما يشاهد من الموازنة الآتية ؛

لإنتاج طن واحد من غاز ثانى أوكسيد الكربون تلزم المقادير الآتية :

بطريقة كربونات الكلسيوم	بطريقة بيكربونات الصوديوم
كربونات ... ... ٣ أطنان .	بيكربونات ... ... ٢ طنان .
حمض ... ... ٣ «	حمض ... ... ١ طن و ٤ هندردويت .
ماء ... ... ١٠ «	ماء .. .. ٣ أطنان .

ويتبين من ذلك أن استعمال طريقة بيكربونات الصودا أقل نفقة .

(ب) تحضيره من الفحم والمازوت

ينبعث غاز ثانى أوكسيد الكربون من اشتعال أى مادة قابلة للاحتراق ، مع غازات أخرى ، ويبلغ حجمه منها نحو الثلث تقريبا .

ويمكن الانتفاع بهذا الغاز كناتج ثانوى لمصانعنا التى تستهلك كميات كبيرة من الوقود فى انتاجها ، ولكن نظرا لقلة استعماله فى الأغراض الصناعية فى بلادنا ، فقد غض النظر عن جمعه وترك ليتسرب إلى الهواء .

وقد أنشئت فى القطر المصرى عام ١٩٣٣ مؤسسة [1] لتحضير غاز ثانى أوكسيد الكربون من الفحم ، وكان التوفيق حليفها فحصرت الأسواق المحلية بمنتجاتها من الغاز السائل والثلج الجاف .

على أن الظروف الدولية الحاضرة كان لها تأثير سيئ فى توافر الفحم ، وعلى ذلك فقد استبدل به المازوت .

وتكاد تكون طريقة توليد الغاز من الفحم والمازوت واحدة فهى تتلخص فى الآتى :

١ — يحرق الفحم أو المازوت فى مراجل خاصة ، فتنبعث الغازات الناتجة من عملية الاحتراق إلى مدخنة المرجل .

---

(١) شركة كاربا Carba فى ثغر الاسكندرية .

٢ — بالنسبة لإحكام سد المدخنة تتجمع الغازات داخلها دون أن تتسرب إلى الهواء، فتسحب منها بواسطة مراوح كهربية إلى مراجل (قزانات) مملوءة بالماء فى درجة الحرارة الاعتيادية حيث يتم غسلها .

٣ — تسحب الغازات من مراجل المياه السابقة بواسطة مراوح كهربية أيضا إلى Absorbtion Towers، حيث تمر على محلول من كربونات البوتاسيوم الذى له خاصية امتصاص غاز ثانى أوكسيد الكربون فقط مكونا معه بيكربونات البوتاسيوم، بينما تخرج الغازات الأخرى وغاز ثانى أوكسيد الكربون الذى لم يتم اتحاده مع محلول كربونات البوتاسيوم من منفذ خاص .

وأهم ما تجب ملاحظته أن تكون درجة تركيز محلول كربونات البوتاسيوم ١٩ بوميه ، وكلما قلت درجة التركيز عن ذلك بتأثير عملية الامتصاص تضاف كمية أخرى من البوتاسا إلى المحلول

٤ — إذا سخنت البيكربونات الناتجة من اتحاد غاز ثانى أوكسيد الكربون وكربونات البوتاسيوم تسخينا شديدا إلى درجة الغليان ، انفصل الغاز عن الكربونات ، وبذا يسهل جمع الأول ، أما كربونات البوتاسيوم المتخلفة فيمكن استعمالها مرة ثانية وهكذا .

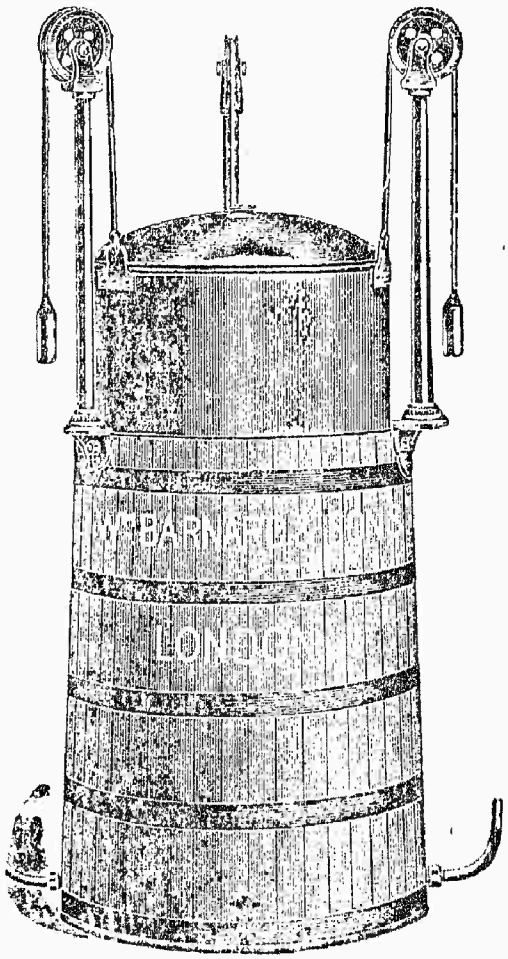
وعلى ذلك فبعد عملية الاتحاد تنقل بيكربونات البوتاسيوم إلى أحواض خاصة حيث تسحب منها بواسطة مضخات إلى مراجل التسخين، فتسخن البيكربونات أولا تسخينا مبدئيا فى المرجل الأول حتى تصل درجة حرارتها الى ٥٠ سنتجراد ومنه إلى المسخن الثانى حيث تمكث به إلى درجة الغليان ، وهنا ينفصل غاز ثانى أوكسيد الكربون من البيكربونات حيث يبرد، ويجمع فى جهاز خاص أعد لجمع الغاز، يعرف بالجازو ميتر "صورة رقم ٨ "، ومنه إلى آلة الضغط Compressor حيث يتم ضغط الغاز فيها تدريجيا على ثلاث خطوات .

فيعرض فى الخطوة الأولى إلى ضغط قدره (٤ جو)

ويعرض فى الخطوة الثانية إلى ضغط قدره ٢٥ — ٣٠ جو .

ويعرض فى الخطوة الثالثة إلى ضغط قدره ١٠٠ — ١٢٠ جو .

وفى الخطوة الأخيرة يتحول الغاز الى الحالة السائلة حيث يعبأ فى الاسطوانات .



(صورة رقم ٨)
جهاز جمع الغاز " الجازوميتر "

٥ — بعد ما يتم وزن وتعبئة الاسطوانات توضع فى نواجيد (بتيات) خشبية مملوءة بالماء للتحقق من عدم تنفسها وتسرب الهواء منها .

ويمتاز الغاز الناتج من الفحم عن الغاز الناتج من المازوت فى كون الأول يحتوى على كمية من (٥, — ١٪) من الكبريت تقريبا ، وهى أقل مما يحتويه الغاز الناتج من المازوت هذا علاوة على أن توليد الغاز من المادة الثانية يعمل على تقصير أجل العدد والآلات المستعملة فى انتاج الغاز كالمراجل والأنابيب والمداخن ، كما يعمل على زيادة كمية البوتاسا إذ أن بعضا من الـ Sulpher الموجود فى الغاز يتسرب الى البوتاسا مكونا منها سلفات البوتاسا ، والأخيرة تتطلب مواد كيماوية لتتفاعل معها حتى يمكن فصل السلفات من الكربونات .

(ج) تحضيره من الشقوق الأرضية ومن احتراق الأحجار والرخام

يحضر غاز ثانى أوكسيد الكربون السائل فى ألمانيا من الغاز الطبيعى ، المنبعث من الشقوق الأرضية ، حيث ينقى و يغسل ، ثم يعامل بمحاليل ملائمة لامتصاص غاز ثانى أوكسيد الكربون منه ، وعزل الغازات الأخرى ، وبعد ذلك يجفف ، وأخيرا يضغط ضغطا شديدا فى أجهزة خاصة ، حتى يتحول الى الحالة السائلة .

وهناك مصدر آخر للحصول على غاز ثانى أوكسيد الكربون على حالة نقية ، وذلك باحتراق الدبش أو قطع الرخام ، فى فابن صنع الجير اللازم لعمليات البناء

فعند الاحتراق يتصاعد الغاز ، حيث يجمع ويمرر فى أجهزة خاصة للتبريد ، ثم يضغط ليكتسب صفة السيولة .

(د) تحضيره من تخمر المواد السكرية

يستخرج غاز ثانى أوكسيد الكربون كناتج ثانوى للمصانع التى تقوم بتحضير الكحول ، ومن أهم هذه المصانع فى القطر المصرى مصنع كوتسكا ، الواقع فى الطريق بين القاهرة وحلوان

وفيما يلى ملخص وجيز عما يتبع فى توليد هذا الغاز فى المصنع المذكور :

يتولد الغاز من تخمير العسل الأسود المخفف بثلثى حجمه ماء ، حتى تقل درجة تركيزه إلى ١٢ أو ١٣ بوميه ، ومما يساعد على عملية التخمير تلقيح المحلول السابق بنوع خاص من البادئات .

تحضير البادئ :

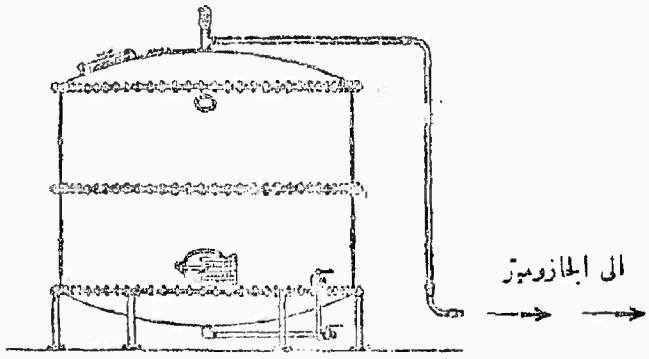
تضاف إلى مقدار مناسب من العسل المخفف بثلثى حجمه ماء ، كمية ضئيلة من الأملاح الحمضية تختلف نسبتها باختلاف نوع الملح وكمية المحلول السابق ، ثم تعقم هذه الكمية فى مراجل (قزانات) ذات جدران مزدوجة ، يمر خلالها بخار ساخن ، لرفع درجة حرارة المحلول إلى ١٠٥ سنتجراد لمدة نصف ساعة تقريبا ، وعندما تباد الجراثيم الضارة ويتم تعقيمه ، يبرد المحلول فى الحال إلى درجة ٣٢ سنتجراد ، ثم تضاف اليه مزرعة نقية من Saccharomyces Cerevisiae تتوقف نسبتها على درجة حيويتها ، وكمية المحلول السكرى الذى تم تعقيمه .

ولما كانت هذه الخمائر تعمل على تحلل سكر الجلوكوز إلى كحول ، وينتج عن ذلك ارتفاع فى درجة الحرارة ، مما يؤدى الى احتمال اتلاف الخمائر ، لذلك يجب المبادرة إلى خفض الحرارة كلما لوحظ ارتفاع درجتها ، وذلك بفتح صنابير المياه الباردة الملحقة بالمراجل حتى تفيض المياه على جدرانها وتخفض درجة الحرارة تبعا لذلك تدريجيا الى أن تصل ثانيا إلى ٣٢ سنتجراد ، فتقفل الصنابير ، ويستمر فى متابعة ذلك الاجراء كلما ارتفعت درجة الحرارة الى أن تقل درجة تركيز المحلول الى ٧ بوميه تقريبا ، وبذلك يصلح المحلول لأن يكون بادئا ، والجدول الآتى يوضح نسبة ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض درجة التركيز فى كل ساعتين ، أثناء عملية تكوين هذا البادئ :

رقم المرجل (القزان)	ساعة الفحص	درجة تركيز المحلول	درجة حرارة المحلول	ملاحظات
	١٢	١٤,٢	٣١,	(١) مقدار الحمض ١٠٠ جرام
	٢	١٣,٩	٣٩,	
	٤	١٣,٥	٣٣,	(٢) مقدار المحلول السكرى المستعمل ٢٥٠ لترا
	٦	١٢,٣	٣٣,٥	
	٨	١١,٥	٣٤,٥	(٣) درجة تركيز هذا المحلول قبل التعقيم ١٥,٥ بوميه
	١٠	١٠,٨	٣٥,٥	
	١٢	١٠,	٣٦,	
	٢	٩,٥	٣٦,	
	٤	٩,	٣٦,	
	٦	٨,٥	٣٦,	
	٨	٧,٩	٣٦,	
	١٠	٧,٥	٣٥,٥	
	١٢	٧,٢	٣٥,٥	

ولما كانت مصانع كوتسكا تستخدم فى توليد الغاز (صهاريج) خشبية سعة الواحد منها ٤٠ ألف لتر من العسل ، فان كمية البادئ التى سبق تكوينها غير كافية لحدوث التخمر المطلوب فى هذه (الصهاريج) الخشبية ، لذلك يستعمل هذا البادئ كزرعة لكمية أخرى من العسل . وتكرر العملية على التفصيل السابق ، حتى نحصل فى النهاية على الأربعين ألف لتر من العسل المخفف ، المعقم والملقح بخمائر Saccharomyces Cerevisiae لتوليد الغاز منه .

وقد تلجأ المصانع إلى خفض درجة الحرارة، عند ارتفاعها عن الدرجة المطلوبة (٣٢ سنتيجراد) فى الصهاريج الكبيرة الحجم ، باصرار تيار من الماء البارد داخل أنابيب حلزونية مغلقة توضع داخل الصهاريج .



"صورة رقم ٩" — النواجيد الخشبية التى يتولد فيها الغاز

توليد الغاز :

يتم توليد الغاز فى النواجيد (الراميل) الخشبية ، وهى ذات عمق يقدر بنحو أربعة أمتار، وقطر يقدر بنحو أربعة أمتار كذلك ، " صورة رقم ٩ " ، وهى تسع كما سبق أن نوهنا أربعين ألف لتر من المحلول السكرى ، الملقح بالبادئ . ولكل واحد منها غطاء به منفذ تمر منه أنابيب معدنية ، وصمام أمان يمكن بواسطته التخلص من جزء من الغاز عند ما يزداد ضغطه .

فعند ما تبدأ عملية التخمير يحكم الغطاء على الناجود ، بحيث لا يتسرب الغاز المتولد فى داخله إلا من المنفذ ، فيندفع داخل الأنابيب ، ويأخذ طريقه فيها إلى جهاز الجازومتر "صورة رقم ٨"، ومنه يؤخذ الغاز للاستعمال المباشر بعد تنقيته ، أو لتحويله إلى الحالة السائلة .

وتستغرق عملية التخمير وجمع الغاز فى النواجيد الخشبية، مدة تختلف من ٢٤ — ٣٦ ساعة ، يؤخذ بعدها السائل المتخمر فى الناجود ، ويعرض لعملية التقطير لاستخلاص الكحول منه .

غاز ثانى أوكسيد الكربون السائل

عندما يعرض غاز ثانى أوكسيد الكربون لضغط شديد، يقدر بنحو مائة جو يتحول إلى الحالة السائلة ، ويمكن تعبئته فى اسطوانات (أنابيب) متينة مصنوعة من الحديد الزهر ، وتنظيم خروجه منها بواسطة صمامات خاصة (مفاتيح) ملحقة بها ، وعند رفع الضغط عنه وملامسته للهواء الجوى يعود إلى حالته الغازية .

وقد كثر استعمال هذا الغاز السائل فى مصانع المياه المعدنية ، بدلا من استعمال الغاز المتولد من الكربونات والأحماض ، وذلك للمزايا الآتية :

١ — سهولة تداوله مع رخص ثمنه .

٢ — قلة الحيز الذى يشغله ، إذ أن اللتر من ثانى أوكسيد الكربون السائل يعطى ٤٦٢ لترا من الغاز .

٣ — الاقتصاد فى نفقات الإنتاج .

٤ — باستعماله يستغنى عن حامض الكبريتيك ، الذى كثيرا ما تحدث عنه أضرار جسيمة فى المصانع .

٥ — تجنب المتاعب التى تنجم عن التخلص من سلفات الكلسيوم المتخلفة بعد توليد الغاز بطريقة الكربونات والأحماض .

٦ — نقاء غاز ثانى أوكسيد الكربون السائل عن غاز ثانى أوكسيد الكربون المتولد بطريقة الكربونات ، اذ أن الأخير يكون غالبا محتويا على زرنيخ ، ولهذه المادة خطرها فى صناعة المياه الغازية .

وسائل غاز ثانى أوكسيد الكربون شفاف عديم اللون يغلى على درجة ٧٩ سنتيجراد ، ويذوب فى الكحول والأثير والزيوت الطيارة ؛ ولكنه لا يمتزج بالماء . ولعل أول من حصل على هذا الغاز بحالة سائلة هو العالم "فارادى Faraday" ، الذى اتبع فى الحصول عليه الطريقة الآتية :

"صورة رقم ١٠" — أنبوبة فارادای لتحضير غاز ثانى أوكسيد الكربون السائل

١ — تثنى أنبوبة زجاجية طولها ٨" وقطرها ٢٥ر" على مقربة من أحد طرفيها .

٢ — يحكم سد الطرف القصير ، وذلك بصهره بالحرارة .

٣ — يوضع فى الطرف القصير المسدود قليل من حمض الكبريتيك المخفف ، بحيث لا يتدرب أى جزء منه إلى بقية جدران الأنبوبة ، وذلك باستعمال قمع ذى ساق طويلة ، ثم توضع قطعة من كربونات النشادر فى فوهة الطرف الثانى (الطويل) ، ويحكم سده أيضا بواسطة الانصهار .

٤ — تقلب الأنبوبة فيتفاعل الحمض مع الكربونات ، وينتج عن هذا التفاعل غاز ثانى أوكسيد الكربون ، ونظرا لأن الغاز المتولد يكون محصورا بين طرفى الأنبوبة المحكم سدادهما ، لذلك يتحول إلى الحالة السائلة بواسطة ضغطه الخاص .

أما ما يتبع حديثا فيتلخص فى نقل الغاز من الجازوميتر ، وإمراره تحت ضغط قدره ٤ جو فى ماء نق ، حيث يتم غسله ، وبعد ذلك يجفف بإمراره فى محلول من سيدرات البوتاسيوم ، تحت ضغط قدره ١٥ جو ، ثم يمرر فى حمض الكبريتيك ، وأخيرا من خلال مسحوق الفحم الذى يمتص الروائح الغريبة منه .

وهنا يعرض لضغط شديد يقدر بنحو ١٠٠ جو ، فيتحول إلى سائل ويتعرض الغاز المضغوط السابقة بواسطة جهاز الضغط Compressor ، الذى يدار باحدى القوى المحركة ، وهو يحتوى على ثلاث سلندرات لكل واحدة منها مانومتر خاص لبيان قوة الضغط .

وبعد اكساب الغاز الحالة السائلة ينطلق الى أنابيب للتبريد حيث يبرد ، ثم إلى جهاز خاص لتعبئته فى أسطوانات الصلب تحت ضغط يختلف من ٧٥ — ١٠٥ جو ، وذلك تبعا لاختلاف درجة حرارة الجو فيقل الضغط كلما انخفضت ، ويزيد كلما ارتفعت ، وبعد إتمام تعبئة الأسطوانات تختبر ، وذلك بوضعها فى نواجيد خشبية (براميل) مملوءة بالماء للتحقق من عدم تنفسها وتسرب الغاز منها .

وتختلف سعة الأنابيب باختلاف أحجامها ، على أن الشائع منها ما سعته ٢٧ رطلا من الغاز السائل : أى ما يساوى ٢٢٥ قدما مكعبا من غاز ثانى أوكسيد الكربون ، على ضغط الجو العادى ، وهذه الكمية تنتج مياها غازية كافية لملء ٢٤٠ دستة من الزجاجات ، تسع كل زجاجة منها ١٠ أوقيات ، على ضغط يقدر بنحو ١٠٠ رطل ، كما يشاهد على المانومتر .

وبالنسبة لغلاء هذه الأنابيب يعاد ملؤها باستمرار ، كلما استنفدت مصانع المياه المعدنية غازها .

الثلج الجاف

Solid Carbon Dioxide

هو أحد منتجات غاز ثانى أوكسيد الكربون ، وقد ابتدأت صناعته فى القطر المصرى منذ عام ١٩٣٣ عند ما أنشأت شركة " كاربا " بالاسكندرية مصنعا خاصا لذلك .

ويصنع هذا الثلج من غاز ثانى أوكسيد الكربون الناتج كمحصول ثانوى فى مصانع الصناعات الكيماوية ، أو من غاز ثانى أوكسيد الكربون المتصاعد من احتراق إحدى مواد الوقود كالفحم

والمازوت الخ ، وذلك بعد تنقيته ومعاملته بمعاملات خاصة ، وعلى العموم فتتلخص طريقة صناعة الثلج الجاف فى القطر المصرى فيما يأتى :

بعد الحصول على غاز ثانى أوكسيد الكربون بأى طريقة يخزن فى بطاريات إلى أن يحين وقت تحويله ثلجا ، فيدفع من هذه البطاريات على ضغط قدره ٤ جو إلى (سلندرات) متينة الجدر ، فينزل فيها على هيئة برد "SNOW" مفكك ، فيكبس على ضغط قدره ٨ جو ، فيصبح كتلة متماسكة من الثلج الجاف .

وفى أثناء عملية تكوينه تنتشر عدة غازات يمكن التخلص منها بواسطة صمامات خاصة فى أسفل (السلندرات) ، وفى الوقت الذى لا يسجل مانومتر جهاز تكوين الثلج أى ضغط يكون ذلك دليلا على اتمام تكوين الثلج ، فيسحب من (السلندرات) ويقطع بواسطة منشار خاص الى بلاطات "BLOCKS" ذات أوزان مختلفة ، وتحفظ فى غرائر (زكايب) ، وتودع فى المخازن لحين توزيعها ، ويباع الكيلو منه فى القطر المصرى بنحو أربعة قروش صاغ

ومن مزايا استعمال هذا النوع من الثلج ما يأتى :

١ — درجة حرارته عند تعرضه للضغط الجوى ١٠٩,٩ فهرنهيت تحت الصفر .

٢ — عند ما ترتفع درجة حرارته عن الدرجة السابقة يتحول الى غاز ثانى أوكسيد الكربون دون أن يذوب ، وعلى ذلك فلا تتخلف عنه رطوبة أو بلل .

٣ — لا يحتوى الثلج الجاف على أى مادة تالفة ، فهو لا يؤثر على الات التبريد المستعملة ولا على الأغذية المعرضة للحفظ بواسطته إذ هو غاز نقى يعمل كمادة حافظة ضد البكتريا ، كما يعمل على عدم تجفيف الأغذية بل يحفظها على حالتها الطبيعية .

٤ — أن الثلج الجاف دائم المفعول الى أن يفنى جميعه ، كما يمكن بواسطته خلق درجات برودة مختلفة .

وأكثر ما يستعمل هذا الثلج فى عربات وصناديق الجيلاتى ICE CREAM ، وفى المستشفيات ، وحفظ المأكولات .

* * *