تلوث الهواء الجوى
واحتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه

إن مشكلة تلوث الهواء الجوى على البيئة من أخطر مشكلات العصر فهى تهدد حياة كل كائن حى ونتجت هذه المشكلة نتيجة للتقدم التكنولوجى والصناعى المذهل الذى تحقق خلال السنوات الأخيرة الماضية واستخدام الوقود فى النقل والمواصلات وكثرة المداخن أدى إلى زيادة انبعاث الملوثات فى الجو المحيط بالإنسان .

إعداد :
علاء الدين أحمد إبراهيم
مدير التحرير

إن غاز الأكسجين ضرورة أساسية للحياة على سطح الأرض فعند استنشاق الأكسجين مع هواء الشهيق يجدد نقاء الدم فى الإنسان ويكسبه القدرة على العمل ويخرج غاز ثانى أكسيد الكربون مع هواء الزفير وكذلك غاز الأكسجين يساعد على الاشتعال و ينبعث ثانى أكسيد الكربون أساساً من احتراق الوقود الأحفورى سواء فى وحدات الاحتراق الكبيرة مثل تلك المستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائية أو الوحدات الأصغر الموزعة مثل محركات السيارات أو الأفران المستخدمة فى المبانى السكنية أو التجارية، وتصدر انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون أيضاً عن بعض العمليات الصغيرة فى مجال الصناعة واستخراج المواد. فضلاً عن حرق الغابات أثناء عملية تطهير الأرض بقصد إعدادها للزراعة ، والأرجح أن نظام احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه سيطبق على المصادر الكبيرة لثانى أكسيد الكربون مثل محطات الطاقة أو العمليات الصناعية الكبيرة ، ويمكن أن توفر بعض هذه المصادر وقوداً خالياً من الكربون مثل الهيدروجين لقطاعات النقل والصناعة والبناء، وبذلك تحد من الانبعاثات الصادرة عن هذه المصادر الموزعة .

وتنطوى نظم احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه على استخدام التكنولوجيا أولاً لجمع وتركيز ثانى أكسيد الكربون المنتج فى المصادر الصناعية وتلك المتصلة بالطاقة ونقله إلى موقع مناسب للتخزين ثم تخزينه بعيداً عن الغلاف الجوى لفترة طويلة من الزمن ، وبذلك تتيح نظم احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه استخدام الوقود الأحفورى مع تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحرارى ، ويمكن أن يسفر تطبيق نظم احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه فى مصادر طاقة الكتلة الحيوية عن إزالة صافية لثانى أكسيد الكربون من الغلاف الجوى (ويشار إلى ذلك فى كثير من الأحيان بتعبير "الانبعاثات السالبة") عن طريق احتجاز وتخزين ثانى أكسيد الكربون الذى استوعبته الكتلة الحيوية من الغلاف الجوى بشرط عدم جمع الكتلة الحيوية بمعدلات غير مستدامة .

ويبين الشكل رقم (١) المكونات الثلاثة لعملية احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه وهى (الاحتجاز والنقل والتخزين) وتوجد المكونات الثلاثة جميعها فى العمليات الصناعية الحالية رغم أن المقصود ليس تخزين ثانى أكسيد الكربون فى معظم الأحيان ، وتشمل مرحلة الاحتجاز فصل ثانى أكسيد الكربون عن المنتجات الغازية الأخرى . وفى حالة عمليات حرق الوقود كتلك التى تجرى فى محطات الطاقة يمكن استخدام عمليات الفصل لاحتجاز ثانى أكسيد الكربون بعد عملية الأحتراق أو تخليص الوقود من الكربون قبل الاحتراق . وقد تكون مرحلة النقل مطلوبة لتوصيل ثانى أكسيد

الكربون المحتجز إلى موقع مناسب للتخزين يقع بعيداً عن مصدر انبعاث ثانى أكسيد الكربون ، وتيسيراً للنقل والتخزين على السواء يضغط عادة غاز ثانى أكسيد الكربون المحتجز حتى يصل إلى كثافة عالية فى المنشأة التى احتجز فيها . وتتضمن طرق التخزين الممكنة الحقن فى التكوينات الجيولوجية الجوفية أو الحقن فى أعماق المحيطات أو التثبيت الصناعى على هيئة كربونات لا عضوية ، ويجوز أيضاً أن تستخدم بعض العمليات الصناعية وتخزن فى المنتجات التى تصنعها كميات صغيرة من ثانى أكسيد الكربون المحتجز .

إن النضج التقنى لعناصر محددة من نظام ما لاحتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه يتباين إلى حد بعيد . فبعض أنماط التكنولوجيا مستخدمة على نطاق واسع فى الأسواق الناضجة لاسيما فى قطاع النفط والغاز فى حين أن أنماطاً أخرى مازالت فى طور البحوث أو التطوير أو البيان العملى ، ويقدم الجدول رقم (١) عرضاً عاماً للحالة الراهنة لجميع عناصر نظم احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه . واعتباراً من منتصف عام ٢٠٠٥ أصبحت هناك ثلاثة مشروعات تجارية تربط بين احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه فى التكوينات الجيولوجية هى :

* مشروع سلايبنر (S leipner) لمعالجة الغاز الطبيعى فى البحر فى النرويج .
* مشروع الاستخراج المحسن للنفط فى ويبرن فى كندا (الذى يخزن ثانى أكسيد الكربون المحتجز فى الولايات المتحدة)
* مشروع الغاز الطبيعى فى عين صلاح فى الجزائر.

ويحتجز كل مشروع ويخزن ما يتراوح من ١ إلى ٢ ميجا طن من ثانى أكسيد الكربون فى السنة . إلا أنه من الجدير بالذكر أن نظام احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه لم يطبق بعد فى محطة كبيرة من محطات الطاقة (٥٠٠ ميجاواط مثلاً) التى تستخدم الوقود الأحفورى وأن النظام فى مجموعه قد لا يكون على نفس القدر من النضج الذى بلغته عناصره .

١- تعنى عبارة " طور البحوث " أن العلم الأساسى مفهوم ، ولكن التكنولوجيا مازالت حالياً فى مرحلة تصميم المفاهيم أو التجريب على مستوى المختبر أو المنضدة .

٢- عبارة " طور البيان العملى " تعنى أن التكنولوجيا قد أقيمت وتطبق على مستوى محطة تجريبية ، إلا أنها مازالت فى حاجة إلى مزيد من التطوير لكى تصبح جاهزة كأساس لتصميم وإنشاء نظام كامل.

٣- تعنى عبارة " تصلح اقتصاديا فى ظل ظروف محددة " ان التكنولوجيا أصبحت مفهومة جيداً ومستخدمة فى تطبيقات تجارية مختارة ، ومثال ذلك وجود نظام ضريبى مؤات أو سوق خاصة ، أو مستوى للمعالجة فى حدود ٠,١ ميجاطن من ثانى أكسيد الكربون فى السنة مع وجود أقل من خمس عمليات تكرار لهذه التكنولوجيا .

٤- تعنى عبارة " السوق تستخدم مع وجود عمليات تكرار عديدة لها على الصعيد العالمى .

٥- يعد حقن ثانى أكسيد الكربون للاستخراج المحسن للنفط تكنولوجيا ناضجة ، لكنها عندما تستخدم لتخزين ثانى أكسيد الكربون فإنها " صالحة اقتصادياً فى ظل ظروف محددة "

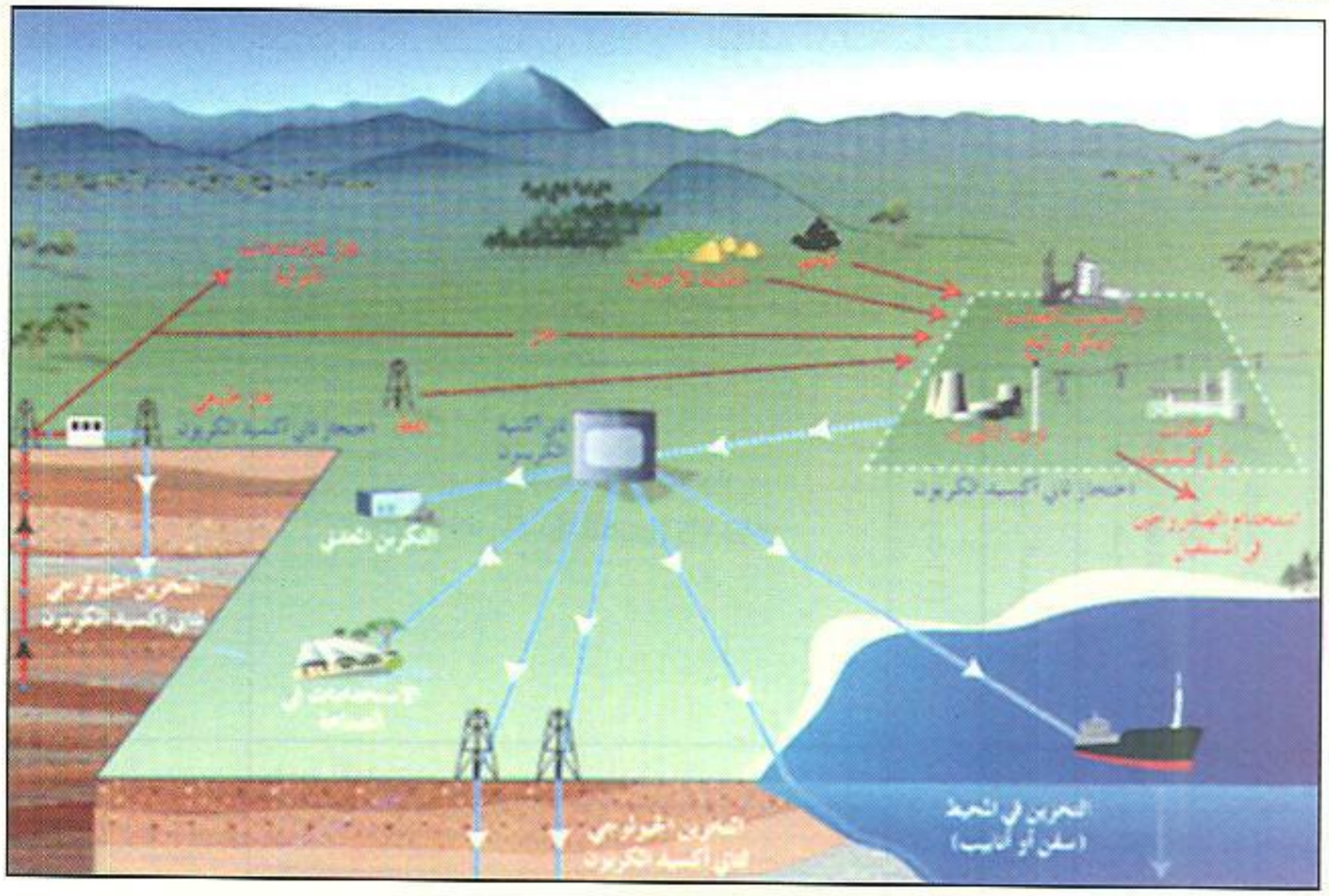
٦- تعنى عبارة " الاستخراج المحسن لغاز الميثان من الطبقات الحاملة للفحم " استخدام ثانى أكسيد الكربون فى تحسين استخراج غاز الميثان من طبقات حاملة للفحم غير قابلة للتعدين وذلك عن طريق الامتزاز التفاضلى لثانى أكسيد الكربون على الفحم . وليس من المرجح أن يجرى تعدين الطبقات الحاملة للفحم غير قابلة للتعدين وذلك لأنها عميقة جداً أو سمكها رفيع جداً ولو حدث تعدينها فيما بعد ، فسوف ينطلق منها ثانى أكسيد الكربون المخزون فيها .

سبب الاهتمام باحتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه :

فى عام ١٩٩٢ أدى القلق الدولى بشأن تغير المناخ إلى عقد اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) والهدف النهائى لتلك الاتفاقية هو " تثبيت تركيزات غازات الاحتباس الحرارى فى الغلاف الجوى عند مستوى يحول دون حدوث تدخلات بشرية تشكل خطراً على النظام المناخى " ومن هذا المنظور فإن سياق النظر فى احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه (وغير ذلك من الخيارات المتاحة للتخفيف من حدة التغير المناخى) هو سياق عالم مقيد من حيث انبعاثات ثانى أكسيد الكربون ، وذلك اتساقاً مع الهدف الدولى المتمثل فى تثبيت تركيزات غازات الاحتباس الحرارى فى

الغلاف الجوى ، وتتوقع معظم السيناريوهات المتعلقة بالاستخدام العالمى للطاقة زيادة كبيرة فى انبعاثات ثانى أكسيد الكربون طوال هذا القرن ما لم تتخذ إجراءات محددة لتخفيف حدة التغير المناخى وتشير هذه السيناريوهات أيضاً إلى أن أنواع الوقود الأحفورى ستظل تمثل أغلب المعروض من مصادر الطاقة الأولية حتى منتصف القرن على الأقل . وسيتوقف حجم التخفيض المطلوب فى الانبعاثات لتثبيت تركيزات ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى على كل من مستوى الانبعاثات فى المستقبل (خط الأساس) والهدف المنشود لتركيزات ثانى أكسيد الكربون على المدى الطويل . من المفروض فيها التقليل

عنصر نظام احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه	تكنولوجيا نظام احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه	طور البحوث (١)	طور البيان العملى (٢)	تصلح اقتصادياً فى ظل ظروف محدودة (٣)	سوق ناضجة (٤)
الاحتجاز	ما بعد الاحتراق			X	
	ما قبل الاحتراق			X	
	احتراق الوقود الأوكسجينى		X		
	الفصل الصناعى (معالجة الغاز الطبيعى ، وإنتاج غاز النشادر				X
النقل	خطوط الأنابيب				X
	السفن			X	
التخزين الجيولوجى	الاستخراج المحسن للنفط				X (٥)
	حقول الغاز أو النفط			X	
	التكوينات الملحية العميقة			X	
	الاستخراج المحسن لغاز الميثان من الطبقات الحاملة للفحم (ECBM) (٦)		X		
التخزين فى المحيطات	الحقن المباشر (طريقة الانحلال)	X			
	الحقن المباشر (طريقة البحيرات)	X			
الكربنه المعدنية	معادن السيليكات الطبيعية	X			
	النفايات		X		
الاستخدامات الصناعية لثانى أكسيد الكربون					X



الشكل (١) : رسم بياني تخطيطي للنظم الممكنة لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه وهو يشير إلى المصادر التي قد تكون نظم احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه مناسبة لها ، والى الخيارات المتاحة لنقل ثاني أكسيد الكربون وتخزينه .

من الرقم الأكبر سواء بالنسبة للتثبيت أو خط الأساس للانبعاثات ، ويذكر تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن الأمر سيستلزم منع انبعاث مئات بل آلاف الجيجا أطنان من ثاني أكسيد الكربون خلال هذا القرن تبعاً للسيناريو المأخوذ في الاعتبار لتثبيت تركيزات ثاني أكسيد الكربون عند مستوى يتراوح من ٤٥٠ إلى ٧٥٠ جزءاً في المليون حسب الحجم ويرى التقرير أيضاً " أن معظم النتائج التي تسفر عنها النماذج تشير إلى أن الخيارات التكنولوجية المعروفة يمكن أن تتيح نطاقاً عريضاً من مستويات تثبيت ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوى " لكن ليس هناك تكنولوجيا واحدة تحقق كل التخفيضات اللازمة من الانبعاثات " بل سيلزم مزيج من تدابير التخفيف لتحقيق التثبيت ، وهذه الخيارات التكنولوجية المعروفة متوافرة وإن كان التقرير ينبه إلى أن " التنفيذ سيقضي إجراء تغييرات اجتماعية واقتصادية ومؤسسية "

النضج الحالي لعناصر نظام احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه وتشير علامة إلى أعلى مستوى من النضج بلغه كل عنصر وهناك أيضاً ضروب من التكنولوجيا أقل نضجاً لمعظم العناصر

وفي هذا الصدد فإن توافر نظم احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه ضمن الخيارات المتاحة للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري يمكن أن يسهل تحقيق أهداف التثبيت، وتشمل الخيارات التكنولوجية الأخرى التي درست بمزيد من الاستفاضة في التقرير السابق للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ما يلي:

١- تخفيض الطلب على الطاقة عن طريق زيادة كفاءة أجهزة تحويل الطاقة و/أو استخدامها .

٢- تخليص إمدادات الطاقة من الكربون (إما بالتحول إلى أنواع من الوقود ذات كثافة كربونية أقل (التحول من الفحم إلى الغاز مثلاً) ، و/أو زيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة و/أو الطاقة

النووية (التى تنبعث من كل منها فى التحليل النهائى كمية محدودة أو معدومة من ثانى أكسيد الكربون)

٣- عزل ثانى أكسيد الكربون عن طريق تعزيز المصارف الطبيعية من خلال التثبيت البيولوجى .

٤- الحد من غازات الاحتباس الحرارى غير ثانى أكسيد الكربون ويستفاد من النتائج التى تسفر عنها النماذج والمعروضة فى جزء لاحق من هذا التقرير . أن استخدام نظم احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه يمكن إذا اقترن بتدابير أخرى ، أن يخفض كثيراً من تكلفة تحقيق التثبيت وأن يزيد من المرونة فى تحقيق هذه التخفيضات والاعتماد العالمى الشديد الآن على أنواع الوقود الأحفورى (زهاء ٨٠٪ من الاستخدام العالمى للطاقة) وإمكانية أن يؤدى احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه إلى تخفيض انبعاثات ثانى أكسيد الكربون خلال القرن القادم ، وتساوق نظم احتجاز ثانى أكسيد الكربون وتخزينه مع البنية الأساسية الحالية للطاقة هى أمور تفسر الاهتمام بهذه التكنولوجيا .

خيارات وتطبيقات تكنولوجيا الاحتجاز:

إن الغرض من احتجاز ثانى أكسيد الكربون هو إفراز مجرى مركز من ثانى أكسيد الكربون بضغط مرتفع يمكن نقله بسهولة إلى موقع للتخزين ، ورغم أنه يمكن من حيث المبدأ نقل كل مجرى الغاز الذى يحتوى على تركيزات منخفضة من ثانى أكسيد الكربون وحقنه فى جوف الأرض فإن تكاليف الطاقة وغيرها من التكاليف المقترنة بهذه العملية تجعل هذا النهج غير عملى .

لذلك من الضرورى إفراز مجرى لتدفق ثانى أكسيد الكربون شبه النقى من أجل نقله وتخزينه . ويجرى الآن بالفعل تنفيذ تطبيقات تفصل ثانى أكسيد الكربون فى منشآت صناعية كبيرة بما فى ذلك منشآت معالجة الغاز الطبيعى ومرافق إنتاج غاز النشادر . ويزال عادة فى الوقت الراهن ثانى أكسيد الكربون لتنقية مجارى تدفق الغازات الصناعية الأخرى . ولم تستخدم إزالة ثانى أكسيد الكربون لأغراض تخزينه إلا فى حالات قليلة . فثانى أكسيد الكربون ينبعث إلى الغلاف الجوى فى معظم الحالات . واستخدمت عمليات الاحتجاز أيضاً للحصول من مجارى تدفق غازات المداخن الناجمة عن احتراق الفحم أو الغاز الطبيعى على كميات من ثانى أكسيد الكربون مفيدة تجارياً إلا أنه لم يحدث حتى الآن أن طبقت عملية احتجاز ثانى أكسيد الكربون على المحطات الكبيرة للطاقة (التى تنتج ٥٠٠ ميجاوات مثلاً).

وهناك تبعاً للعمليات أو تطبيقات محطات الطاقة المعنية ثلاثة نهج رئيسية لاحتجاز ثانى أكسيد الكربون الناتج عن الوقود الأحفورى الأولى (الفحم أو الغاز الطبيعى أو النفط) أو الكتلة الحيوية أو مزيج من هذه الأنواع من الوقود :

نظم ما بعد الاحتراق:

وهى تفصل ثانى أكسيد الكربون عن غازات المداخن الناجمة عن احتراق الوقود الأولى فى الهواء وتستخدم هذه النظم فى العادة مذيبا سائلاً لتحتجز (من الهواء) النسبة الصغيرة من ثانى أكسيد الكربون (من ٣ إلى ١٥٪ بحسب الحجم عادة) الموجودة فى مجرى غازات المداخن التى يعتبر النتروجين مكونها الرئيسى . وفى حالة محطات الطاقة الحديثة التى تعتمد على الفحم المسحوق أو دورة مختلطة للغاز الطبيعى فإن نظم ما بعد الاحتراق الحالية ستستخدم عادة مذيباً عضوياً من المونوإيثانولامين .

نظم ما قبل الاحتراق:

وهى تعالج الوقود الأولى فى مفاعل بالبخار والهواء أو الأكسجين لانتاج خليط يتألف بصفة رئيسية من أكسيد الكربون الأحادى والهيدروجين (الغاز التركيبى)

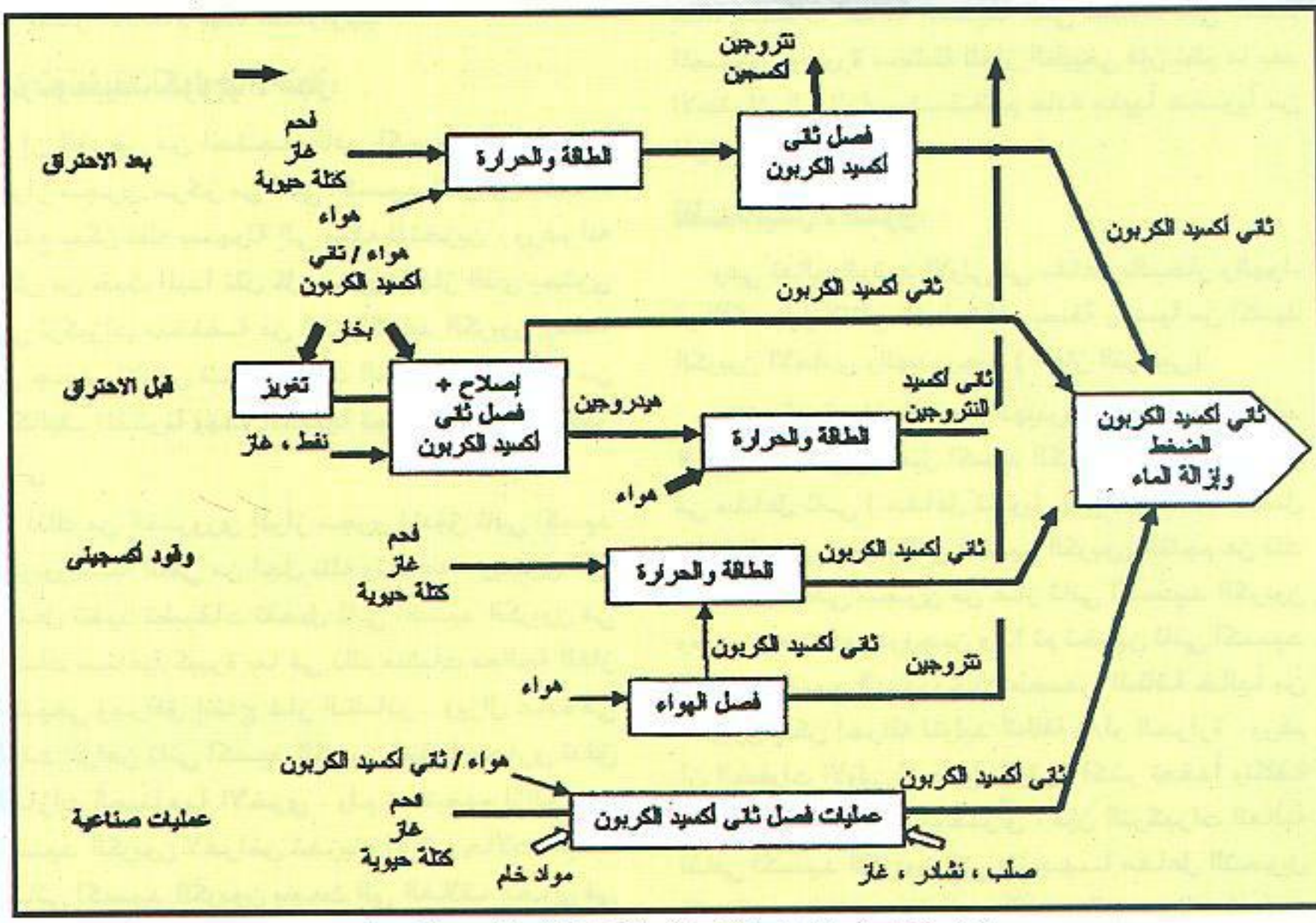
وتنتج كميات إضافية من الهيدروجين مع ثانى أكسيد الكربون عن طريق تفعيل أكسيد الكربون الأحادى بالبخار فى مفاعل ثانى (مفاعل تحويل) ويمكن بعدئذ فصل خليط الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون الناجم عن ذلك للحصول على مجرى من غاز ثانى أكسيد الكربون ومجرى من الهيدروجين وإذا تم تخزين ثانى أكسيد الكربون يصبح الهيدروجين مصدراً للطاقة خالياً من الكربون يمكن إحراقه لتوليد الطاقة و/أو الحرارة . ورغم أن الخطوات الأولى لتحويل الوقود أكثر تعقداً وتكلفة بالمقارنة بنظم ما بعد الاحتراق ، فإن التركيزات العالية لثانى أكسيد الكربون التى ينتجها مفاعل التحويل (تتراوح عادة من ١٥ إلى ٦٠٪ من الحجم الجاف)

والضغوط العالية التى كثيراً ما تتعرض لها هذه التطبيقات تعد أكثر مؤاتاه لفصل ثانى أكسيد الكربون . وتستخدم نظم ما قبل الاحتراق فى محطات الطاقة التى تعتمد على تكنولوجيا الدورة المختلطة للتغويز المتكامل .

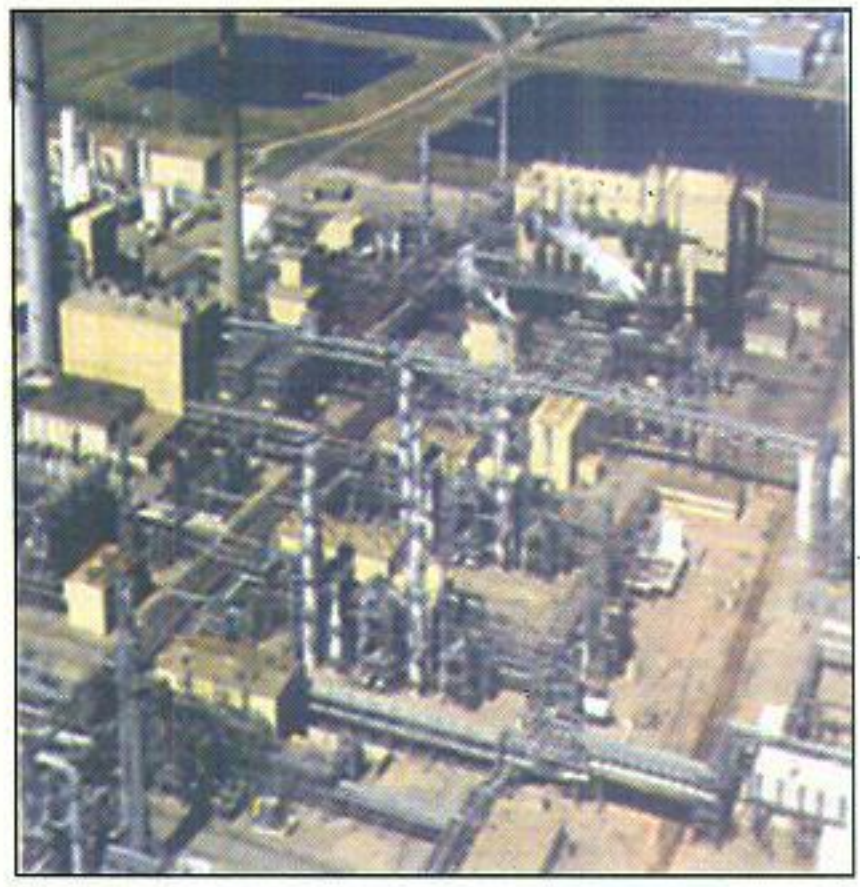
نظم احتراق الوقود الأكسجينى :

وهى تستخدم الأكسجين بدلاً من الهواء فى عملية احتراق الوقود الأولى بحيث ينتج عن ذلك غاز مداخن يتكون بصورة رئيسية من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون . وينتج عن هذا غاز مداخن يحتوى على تركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون (أكثر من ٨٠٪ بحسب الحجم) ويزال بخار الماء بعد ذلك عن طريق تبريد الغاز وضغط مجرى الغاز . وتتطلب عملية احتراق الوقود الأكسجيني فصل الأكسجين عن الهواء فى مرحلة الإنتاج مع افتراض معظم التصميمات الحالية نسبة نقاء تتراوح من ٩٥ إلى ٩٩٪ . وقد تلزم أيضاً معالجة إضافية لغاز المداخن لإزالة ملوثات الهواء النتروجين) من غاز المداخن قبل إرسال ثانى أكسيد الكربون وتخزينه وتمر نظم احتراق الوقود الأكسجينى بوصفها طريقة لاحتجاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلايات بطور البيان العملى (أنظر الجدول ١) كما تجرى دراسة نظم الوقود الأكسجينى فى نظم عنفات (تربينات) الغاز إلا أن التصميمات النظرية لمثل هذه التطبيقات مازالت فى طور البحوث .

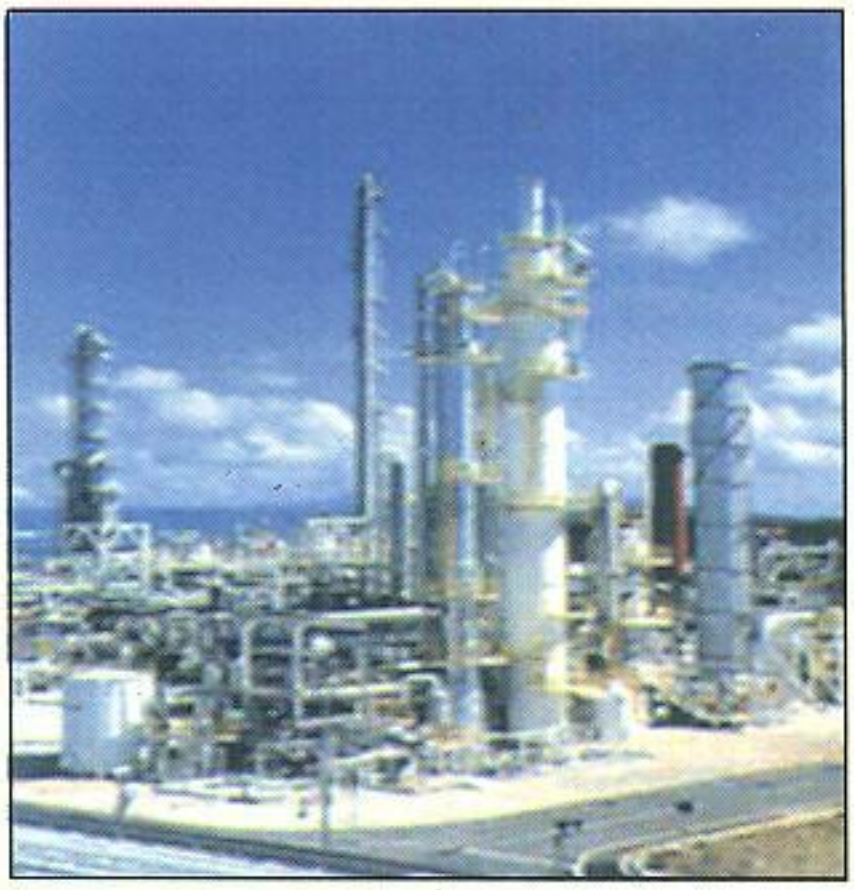
ويعرض الشكل (٢) تخطيطاً لعمليات ونظم الاحتجاز الرئيسية وهى تتطلب كلها خطوة تنطوى على فصل ثانى أكسيد الكربون والهيدروجين والأكسجين عن مجرى الغاز السائب (مثل غاز المداخن أو الغاز التركيبى أو الهواء أو الغاز الطبيعى الخام) ويمكن تحقيق خطوات الفصل هذه عن طريق المذيبات الفيزيائية أو الكيميائية أو الأغشية أو مواد الامتصاص الصلبة أو عن طريق الفصل بالتبريد واختيار تكنولوجيا احتجاز معينة تحدده الى مدى بعيد ظروف المعالجة التى ستطبق فى ظلها . ويمكن للنظم الحالية اللاحقة والسابقة للاحتراق ان تحتجز من



شكل «٢»: عرض عام لعمليات ونظم احتجاز ثانى أكسيد الكربون



الشكل «٣ - أ»: احتجاز ثانى أكسيد الكربون بنظام ما بعد الاحتراق فى محطة ماليزيا، وتستخدم هذه المحطة عملية الامتصاص لفصل ٠,٢ ميغاطن من ثانى أكسيد الكربون فى السنة من مجرى غاز المداخن لمصنع لإنتاج حامض اليوريا يعمل بالغاز



الشكل «٣ - ب»: احتجاز ثانى أكسيد الكربون بنظام ما قبل الاحتراق من محطة لغويز الفحم فى داكوتا الشمالية الولايات المتحدة الأمريكية وتستخدم هذه المحطة طريقة المذيبات الفيزيائية لفصل ٣,٣ ميغا أطنان من ثانى أكسيد الكربون فى السنة من مجرى للغاز من أجل إنتاج غاز طبيعى تركيبى ويستخدم بعض ثانى أكسيد الكربون المحتجز فى مشروع لاستخراج المحسن للنفط فى كندا

٨٥ إلى ٩٥٪ من ثانى أكسيد الكربون المنتج ، ويمكن زيادة كفاءة الاحتجاز وإن كانت وسائل الفصل تصبح أكبر كثيراً وأشد استهلاكاً للطاقة وأكثر تكلفة . ويحتاج الاحتجاز والضغط إلى طاقة إضافية تتراوح من ١٠ إلى ٤٠٪ تبعاً لنوع النظام ، مقارنة بالمحطات المعادلة غير المزودة بنظام للاحتجاز .

ونظراً لانبعاثات ثانى أكسيد الكربون المقترنة بذلك فإن صافى كمية ثانى أكسيد الكربون المحتجز تتراوح من ٨٠ إلى ٩٠٪ ، ونظم احتراق الوقود الأكسجينى قادرة من حيث المبدأ على احتجاز كل ثانى أكسيد الكربون المنتج تقريباً . إلا أن الحاجة إلى نظم إضافية لمعالجة الغاز من اجل إزالة الملوثات مثل أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين تخفض مستوى ثانى أكسيد الكربون الناتج إلى ما يقل قليلاً عن ٩٠٪.

كما ذكر فإن احتجاز ثانى أكسيد الكربون مستخدم بالفعل فى تطبيقات صناعية عديدة (انظر الشكل ٣) ونفس التكنولوجيا التى يمكن استخدامها فى الاحتجاز السابق على الاحتراق تستخدم فى إنتاج الهيدروجين على نطاق واسع (ويستخدم هذا الهيدروجين بصفة أساسية فى صنع غاز النشادر والأسمدة وفى عمليات تكرير البترول)

وفصل ثانى أكسيد الكربون عن الغاز الطبيعى الخام (الذى يحتوى عادة على كميات كبيرة من الغاز) يطبق أيضاً على نطاق واسع باستخدام تكنولوجيا شبيهة بتلك المستخدمة فى الاحتجاز اللاحق للاحتراق ، ورغم أن نظم فصل الأكسجين على نطاق واسع متوافرة على المستوى التجارى أيضاً فإن احتجاز ثانى أكسيد الكربون عن طريق عملية احتراق الوقود الأكسجينى مازالت حالياً فى طور البيان العملى . إضافة إلى ذلك فإن البحوث جارية لبلوغ مستويات أعلى من تكامل النظم وزيادة الكفاءة وتخفيض التكاليف لجميع أنواع نظم الاحتجاز.

المرجع

التقرير الخاص لفريق التقييم التكنولوجى الاقتصادى TEAP التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC.