المحاضرة الرابعة

تسييل الغاز الطبيعي والفحم الحجري

يتميز الغاز الطبيعي بسرعة الاشتعال والنظافة وضآلة ما يساهم به في تلويث البيئة، ولذلك يعتبر وقودا مثاليا من الناحية البيئية وبخاصة في الاستعمالات المنزلية. فما يطلقه الغاز الطبيعي من الكربون لا يتجاوز 0.63 طن كربون عند اشتعال ما يعادل من الغاز طن نفط.

وبالمقابل فان طن النفط يطلق نحو 0.82 طن كربون بينما يطلق ما يعادله حراريا من الفحم نحو 1.05 طن كربون. وينتج عن كل طن كربون عند انطلاقه إلى الغلاف الجوي نحو 3.67 طن من غاز ثاني اكسيد الكربون CO_2 وبذلك لا تتجاوز درجة التلويث بالغاز الطبيعي ثلاثة أرباع التلويث بالنفط ونحو 60% من التلويث بالفحم. ويكاد الغاز الطبيعي يخلو من مركبات الكبريت التي تلوث زيت الوقود (المازوت)، كما تتضاءل فيه نسبة أوكسيد النيتروجين.

كذلك لا يحتاج الغاز لعمليات تحويلية قبل استخدامه، مثل تحويل النفط الخام إلى منتجات مكررة مما يحمى البيئة من الملوثات المرتبطة بتكرير النفط، وإن كان يلزم تخليص الغاز من الشوائب فى أجهزة خاصة Gas processing plant. كذلك تساعد طبيعته الغازية على الاتحاد بالهواء عند الاشتعال بحيث لا يتخلف عنه من الملوثات مثلما يتخلف نتيجة لعدم اكتمال دورة الاحتراق في غيره من مصادر الوقود الحفرى (أول أكسيد الكربون وغيره).

ومن ناحية أخرى، لا يهدد الغاز مثلما تهدد به الطاقة النووية من حوادث جسيمة ومن مشاكل دفن المخلفات المشعة والتي يمتد خطرها الاشعاعي لآلاف السنين. والخلاصة أن الغاز يتمتع بخواص بيئية حميدة، مما يجعله يحظى بمساندة أنصار حمايتها.

ويتفوق الغاز الطبيعي أيضا من حيث كفاءة الاستخدام على كل من الفحم والنفط في استعمالات مثل توليد الكهرباء، إذ يستعمل كوقود في الدورة المركبة (Combined cycle gas technology CCGT) التي يمكن باستخدامها رفع كفاءة التوليد بما يزيد على ثلث الكفاءة العادية لتوليد الكهرباء. ولذلك يتوقع أن يلقى الغاز دفعة قوية نتيجة للاتجاه المتزايد نحو استهلاك الكهرباء، فى وقت تتزايد فيه ندرة النفط (الشروق 2009/8/9)، وتشتد فيه المعارضة العالمية لاستخدام بدائل شديدة التلويث مثل الفحم.

كذلك تعتمد بعض صناعات البلاستيك والألياف الصناعية ومنتجات بتروكيماوية أخرى على غاز الميثين كمادة خامFeedstock ، وهو أحد مكونات الغاز الطبيعى، وإن كان هناك من المنتجات النفطية السائلة ما يتفوق على الميثين فى الصناعات البتروكيماوية. ومع ذلك يتوقع أن توفر الصناعة البتروكيماوية سوقا متنامية الأهمية للغاز الطبيعى.

وفى السنوات الأخيرة أمكن استخدام الغاز الطبيعى كوقود للسيارات، إذ تضافرت الجهود فى صناعتى الغاز والسيارات لتوسيع نطاق استعماله فى قطاع النقل، سواء فى مركبات النقل العام والخاص أم فى نقل البضائع لمسافات قصيرة. وبذلك يمكن أن يساهم استهلاك الغاز فى تحسين الظروف البيئية نتيجة لانخفاض المنبعث من غازات الاحتباس الحرارى.(GHG) (Greenhouse gases)

ويستخرج الغاز من الحقول، سواء كان مصاحبا للنفط فى حقوله Associated gas أو من حقول تنتج الغاز بصفة أساسية مع بعض السوائل التى تعرف «بسوائل الغاز الطبيعى (Natural gad liquids (NGLs) « والتى تستخلص منه وتضاف إلى الزيت الخام لتحسين درجة لزوجته النوعية بخفضها، وهو ما يرفع قيمتها فى أسواق النفط.

ويضخ الغاز بعد استخلاص تلك السوائل وبعد تنقيته من الشوائب فى خطوط للأنابيب تحمله إلى حيث توجد أسواقه الرئيسية داخل أو خارج الدولة المنتجة. ومع التوسع فى التجارة العالمية للغاز، واتساع حجم التجارة فى الغاز الطبيعى المسال (Liquefied natural gas (LNG) وبالتالى ازدياد نصيب السوق الفورية Spot marketفى تلك التجارة، ظهر عدد من المشاكل، وهو ما سنعالجه فى مقال مق

أولا: عمليات تحويل الغاز الى سوائل:

يستخدم مصطلح تحويل الغاز الى سوائل (GTL) لوصف التحول الكيميائي للغاز الطبيعي الى منتجات هيدروكربونية سائلة مختلفة قابلة للنقل والتسويق بصورة مشابهة للمنتجات النفطية التقليدية.

الحروف الإنجليزية الثلاثة **GTL** هي اختصار لعبارة"Gas To Liquid" ، والتي ترمز إلى عمليات تحويل الغاز الطبيعي إلى وقود سائل، ويختلف هذا الوقود عن الغاز المسال في كونه يُستخدم مباشرةً وقودًا، ولا يحتاج إلى إعادته إلى غاز قبل استخدامه.

يُنقَل عادةً الغاز الطبيعي عبر الأنابيب، إلّا أن زيادة الطلب على الغاز عالميًا أوجدت أسواقًا بعيدة له، لكن لا يمكن نقله عبر الأنابيب إلى هذه الأسواق بسبب البحار والمحيطات، لذلك طُوِّرَت تكنولوجيا تحويل الغاز إلى غاز مسال أو وقود سائل، يُنقَل في سفن خاصة، كما يُنقل النفط.

وبما أن المواد الهيدركربونية تحتوي على العناصر الهيدروجينية والكربونية نفسها بترتيب مختلف وأعداد مختلفة، فإن تحويل الغاز إلى وقود سائل يجري عبر ثلاث مراحل يحدث فيها تفكيكه إلى عناصره الأساسية، ثم إعادة تركيبها لتكوّن مادة جديدة مثل الديزل ووقود الطائرات، إلّا أن كمية الطاقة فيه أكبر، بانبعاثات أقلّ.

ومن العوامل الرئيسية التي شجعت على الاهتمام بهذه الصناعة التطور التكنولوجي الذي خفض التكاليف التي كانت مرتفعة جدا في بداية هذه الصناعة، فضلا عن ارتفاع أسعار النفط منذ عام 2004، وكذلك القلق العالمي المتزايد حول البيئة والتحديات المتزايدة على انبعاثات الغازات، كل هذه المبررات أدت الى ارتفاع الطلب العالمي على منتجات تحويل الغاز الى سوائل وبخاصة في المدن الكبرى الآسيوية والاوربية بسبب المواصفات النظيفة جدا لتلك المنتجات.

ثانيا: مميزات الوقود السائل:

من أهم مميزات هذا الوقود أنه نظيف وخالٍ من الشوائب ويخفف من التلوث، ويُمَكِّن من تسويق الغاز الموجود في مناطق نائية.

ومن أهمّ الدول المنتجة لهذا الوقود: قطر وجنوب أفريقيا وبروناي وماليزيا، إلّا أن مشكلته الأساسية ارتفاع التكاليف.

تشهد صناعة تحويل الغاز الطبيعي الى سوائل تطورات متسارعة على مستوى العالم بهدف مساهمة وقود الديزل النظيف المنتج من هذه الصناعة في توفير الطاقة الى جانب وقود البنزين والسولار والكيروسين المنتجة في النفط الخام.

وتقوم في الظروف الراهنة مراكز البحوث العلمية في مجال الطاقة غير المتجددة التي تمثل النفط والغاز بجهود حثيثة لتحقيق جدوى اقتصادية جيدة لصناعة تحويل الغاز الى سوائل خاصة وان الجدوى الاقتصادية لهذه الصناعة كانت في الماضي تتأثر بثلاثة عوامل هامة هي:

1- تدني اسعار النفط الخام.
2- كلفة رأس المال.
3- تكاليف التشغيل متضمنة كلفة الغاز اللقيم.

ويعتبر مشروع " لؤلؤة قطر" الخاص بتحويل الغاز الطبيعي الى سوائل اكبر مصنع من نوعه على مستوى العالم من حيث كميات الغاز الطبيعي المستخرج لتصنيعه لانتاج وقود الديزل النظيف والنفتا والزيوت الاساسية وغيرها من المنتجات البترولية من خلال صناعة جديدة ناهضة تعتمد على تقنيات كيميائية متطورة كخطوة متقدمة تجعل من الغاز الطبيعي رافداً هاماً للمساهمة في تقديم الوقود النظيف للسيارات والحافلات جنباً الى جنب مع منتجات النفط الخام من البنزين وغيره الى الاسواق العالمية.

ثالثا: الغاز المسال:

لمعرفة ما هو الغاز المسال؟، نوضح أولًا أن الغاز الطبيعي يوجد مع النفط، ويُسمى في هذه الحالة "الغاز المصاحب"، كما إنه يوجد في مكامن خاصة به، ويُعرف بـ "الغاز غير المصاحب"، وأيضًا يوجد في الفحم وفي صخور السجّيل.

وفي الماضي، حُرِق الغاز بسبب عدم القدرة على نقله إلى الأسواق أو استغلاله محليًا، ومع تطوّر التكنولوجيا جرى بناء أنابيب لنقل الغاز من أماكن إنتاجه إلى مناطق استهلاكه.

المشكلة أن هناك مكامن ضخمة للغاز الطبيعي في مناطق بعيدة عن الأسواق، ولا يمكن نقله عبر أنابيب لأسباب اقتصادية وطبيعية وسياسية، لذلك تمّ تطوير تكنولوجيا الغاز المسال بحيث يُنقَل بصفة سائل في خزّانات تبريد خاصة على ناقلات ضخمة تشبه ناقلات النفط، ثم يجري تفريغه وإعادته إلى حالته الغازية عن طريق تسخينه في موانئ خاصة بالدول المستهلكة.

و"الغاز المسال" يختلف عن "الغازات السائلة" في أن الغاز المسال هو غاز الميثان، لكن الغازات السائلة تشمل البروبان والبيوتان والغازولين الطبيعي.

ويجري تسييل الغاز عن طريق تخليصه من بعض الشوائب، ثم تبريد غاز الميثان المتبقي إلى أقلّ من 160 درجة مئوية تحت الصفر، الأمر الذي يقلّص حجمه بحدود 600 مرة، ويجعل من نقله أمرًا اقتصاديًا ومربحًا.

أكبر الدول المنتجة للغاز المسال

بعد تعريف ما هو الغاز المسال؟، نتوقف الآن عند قائمة أكبر الدول المنتجة للغاز المسال حاليًا، وهي: قطر، وأستراليا والولايات المتحدة وروسيا والجزائر وماليزيا وإندونيسيا وترينيداد وتوباغو، وستنضم للقائمة موزمبيق خلال السنوات المقبلة.

ويُنقَل الغاز المسال إلى الأسواق العالمية عن طريق ناقلات خاصة تتميز بخزّاناتها التي تظهر على شكل كرات ضخمة.

وأكبر الدول المستهلكة هي الصين واليابان وكوريا الجنوبية وتايوان، كما تقوم عدّة دول أوروبية –بما في ذلك بريطانيا وإيطاليا– باستيراده، إلى جانب عدّة اقتصادات ناشئة، مثل البرازيل والمكسيك وتركيا.

تجارة الغاز المسال

بدأت التجارة العالمية في الغاز المسال في الستينيات من القرن الماضي، عندما تمّ بناء أول محطة لتسييل الغاز في الجزائر عام 1964، وشحن الغاز المسال إلى فرنسا وبريطانيا، لكن الغاز المسال لم يلق اهتمامًا كبيرًا إلّا بعد المقاطعة النفطية التي فرضتها بعض الدول العربية على الولايات المتحدة وهولندا، حيث تمّ في

السبعينيات بناء محطات تسييل جديدة في كل من أبو ظبي واندونيسيا، تبعتهما ماليزيا وأستراليا في الثمانينيات، وقطر ونيجيريا وترينداد في التسعينيات.

تمثّل التجارة في الغاز المسال حاليًا أكثر من ربع كمية الغاز المتداول عالميًا، ونظرًا لأن المشروعات القديمة كانت مكلفة جدًا وتمّت بناءً على عقود طويلة المدى بين حكومات الدول المصدرة والمستهلكة، لم يكن هناك سعر في السوق للغاز المسال، الأمر الذي أجبر هذه الحكومات على البحث عن طريق مختلفة للتسعير، وتمّ الاتفاق على ربط سعر الغاز المسال بسعر النفط.

أسواق الغاز المسال

شهدت أسواق الغاز المسال تطورات كبيرة، في السنوات الأخيرة، أهمها زيادة محطات التسييل ومحطات إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازيّة، وزيادة التجارة العالمية به بشكل مضطرد.

وشهدت السنوات الأخيرة تطورات ضخمة في الولايات المتحدة نتيجة فورة النفط والغاز الصخريين نتج عنها تحول الولايات المتحدة من مستورد ضخم للغاز المسال إلى مصدر ضخم للغاز المسال.

رابعا: تحويل الفحم الى سوائل:

الفحم الحجري: وهو في الواقع صخور رسوبية غنية بالكربون لونها بني أو أسود، يتألف بشكل أساسي من الكربون بنسبة 70% وعناصر أخرى كالهيدروجين، والأوكسجين، والكبريت، والنيتروجين. يتكون في الطبيعة بسبب الضغط الكبير على بقايا النباتات في باطن الأرض، متوفرة بأنواع عديدة حسب نوع النبات المتشكل منها، ومجموعة الشوائب التي يحتويها.

تسييل الفحم هو عملية تحويل الفحم إلى منتجات سائلة تشبه النفط الخام، الإجراءان اللذان تم تقييمهما على نطاق واسع هما: الكرنبة أي تسخين الفحم في غياب الهواء، والهدرجة التي يتسبب بتفاعل الفحم مع الهيدروجين عند تعريضه لضغوط عالية، عادةً بوجود محفز ما. تم استخدام هدرجة الفحم على نطاق واسع في ألمانيا خلال الحرب العالمية الثانية من أجل انتاج البنزين، لكن العملية بقيت غير قادرة على استقطاب المستثمرين تجارياً، لأن تكلفتها كانت أعلى بكثير من تكلفة إنتاج البنزين من البترول. لكن أدى ارتفاع سعر النفط بشكل كبير في فترة السبعينات والثمانينات لإحياء الاهتمام بتسييل الفحم وحفّز البحث عن تقنيات أخرى للتحويل

الاقتصادي للفحم إلى منتجات سائلة، خاصةً في الولايات المتحدة الأمريكية ودول أخرى تعتمد على النفط وتملك احتياطات كبيرة من الفحم.

يعمل التميع أو الإسالة على إنتاج وقود سائل صناعي من الفحم الصلب كبديل للمنتجات البترولية المختلفة، هناك نوعان من التميع:

- **التميع المباشر:** يعمل على تحويل الفحم الصلب مباشرةً إلى الحالة السائلة بدون خطوات وسيطة، حيث يؤدي إلى التفكيك الجزئي لهيكل الفحم، في التميع المباشر يتم تعريض الفحم مباشرة للهيدروجين عند درجات حرارة عالية تصل لـ 450 درجة مئوية، وضغوط عالية تتراوح بين 14000 و 20000 كيلو باسكال، لمدة ساعة تقريباً مع وجود مذيب يفكك بنية الهيدروكربونات. تم تطوير هذه العملية كعملية تجارية كما ذكرنا في ألمانيا، وعندما تم تطوير هذه التقنية أدخلت عليها الشركات المنتجة بعض التعديلات مثل عملية تكرير الفحم والنفط المتزامنة.
- **التميع أو التسييل غير المباشر:** يتطلب التميع الغير مباشر (تغويز) متوسط أي تحويل لحالة غازية للفحم الصلب من أجل تشكيل غاز مركب، والذي يتم تحويله بعد ذلك إلى المنتج السائل، تؤدي هذه العملية إلى التفكيك الكامل لهيكل الفحم. تم أيضاً تطوير هذه التقنية في ألمانيا في نفس الفترة التي استخدمت بها الطريقة المباشرة، كما حصلت على براءة اختراع على يد كل من فانز فيشر وهانز تروبش لتصبح معروفة باسم عملية فيشر تروبش، حيث يتكون غاز التوليف أو الغاز المركب من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون، والذي يتم بعد ذلك تفاعله مع محفز FT لتكوين هيدروكربون سائل، فيشكل السائل الناتج مجموعة من منتجات الوقود الهيدروكربوني ومنتجاته بما في ذلك البنزين والديزل والميثانول والمواد الكيميائية الأخرى. كما تم استخدام هذه الطريقة في جنوب أفريقيا منذ الستينات لانتاج وقود السيارات والمواد الأولية للبتروكيماويات. بالرغم من أن الطريقة الغير مباشرة تنتج كثير من المواد الثانوية ولديها كفاءة حرارية أقل، إلا أنها تؤدي إلى إنتاج وقود أكثر نظافة.