

تحويل الغاز الطبيعي إلى سوائل (GTL) : تقنية وقود جديدة للقرن الواحد والعشرون

د. إفتخار أحمد ، م. رمضان أنور حميد *

1- مقدمة

إن ازدياد الاهتمام بقضايا تلوث البيئة هو الذي مهد الطريق لضرورة تبني سياسات صارمة على المستوى الوطني في العديد من البلدان تهدف إلى الحد من تلوث الهواء ، ومن المعلوم أن فعالية هذه السياسات ترتبط ارتباطاً مباشراً بالتكاليف والتقنيات المتوفرة.

ويعزى تلوث الهواء جزئياً إلى احتراق وقود المركبات، حيث يحدث انبعاث مباشر للملوثات مثل أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت ، وأكاسيد النيتروجين ، والمركبات العضوية المتطايرة والجزيئات الدقيقة ، وثاني أكسيد الكربون ، بالإضافة إلى تكون ملوثات في الغلاف الجوي بسبب التفاعلات الكيميائية الضوئية تؤدي إلى تكون الأوزون في المستويات السفلى من الغلاف الجوي.

متوازنة بين وكالات المراقبة وصناعة تكرير النفط ، وإنتشار تطبيق القوانين المعدلة لتركيبات الجازولين والديزل الهادفة إلى تحسين جودة الهواء وتخفيض نسبة تعرض البشر للمواد الهيدروكربونية الضارة.

وقد دف وكالات المراقبة إلى الحد من حظر المواد الهيدروكربونية غير المرغوبة في كل من الجازولين والديزل، والحد الأقصى لنسبة محتوى البترين (الحلقي) في الجازولين، والحد الأقصى لنسبة المركبات الحلقية الكلية في كل من الجازولين والديزل، وزيادة التحكم في تطايرية الجازولين، وتخفيض نسبة الكبريت في كل من الجازولين والديزل.

كما يعزى إلى احتراق الوقود الأحفوري ما نسبته 90% من انبعاث ثاني أكسيد الكبريت على مستوى العالم بسبب النشاط الاقتصادي للإنسان خصوصاً من محطات توليد الكهرباء. وكذلك أكاسيد النيتروجين التي تبعث بنسبة كبيرة خلال حرق الوقود الأحفوري.

ولتخفيض انبعاث هذه الغازات، يتعين البحث عن بدائل تقنية تتضمن تطبيق تقنيات خاصة بترع النيتروجين والكبريت من الوقود قبل استعماله.

إن المحافظة على جودة الوقود الخاص بالمركبات في البيئات المنضبطة في السنوات الراهنة تتطلب إجراءات

وربما تتطلب هذه الإجراءات التنظيمية تطوير واستخدام أنواع وقود بديلة في المناطق التي تتميز بارتفاع معدلات تلوث الهواء الجوي بما. والجدولان رقم (1) ورقم (2) يبينان المواصفات السارية حالياً في الجماهيرية لبعض خواص الجازولين والديزل ومقارنتها بالمواصفات السائدة على المستوى العالمي.

وأهم القيود التي تواجه صناعة تكرير النفط ما يلي:

أولاً : بالنسبة للجازولين

البنزين (الحلقي): هناك ضغوطات لتخفيض نسبته في الجازولين لأنه مسبب للسرطان. وتواجه صناعة التكرير مشكلة بسبب علاقة هذه المادة بزيادة رقم الأوكتان وتحسين الجازولين.

المواد الحلقية(العطرية): هناك ضغوطات لتخفيض نسبتها في الجازولين لأنها تسبب في إنتاج البنزين في حالة عدم إكتمال الاحتراق، وهذا يسبب مشكلة لصناعة التكرير لأن هذه المادة أساسية في زيادة رقم الأوكتان وتحسين الجازولين.

الكبريت: هناك ضغوطات لتخفيض نسبته بسبب انبعاثات أكاسيد الكبريت، وتواجه صناعة التكرير مشاكل متزايدة عندما تكون نسبة الكبريت أقل من (50) جزء في المليون، وهذا يحد من استعمال النافثا المكسرة التي هي سبب مباشر في زيادة رقم الأوكتان (نزع الكبريت يسبب نقص رقم الأوكتان).

الأوليفينات: هناك ضغوطات لتخفيض نسبتها بسبب إرتباطها بالانبعاث، وتواجه صناعة التكرير مشكلة متزايدة

جدول رقم (1) : مواصفات جازولين السيارات

المواصفات اللبينية	مواصفات كاليفورنيا (CARB II)	المواصفات الأوربية		الخاصية	
		عام 2005	عام 2000		
800	30	50	150	حد أقصى	الكبريت، جزء على المليون
غير محدد	0.9	(1.0)	1	حد أقصى	البنزين، % نسبة الحجم
غير محدد	25	35	42	حد أقصى	نسبة المواد العطرية، بالحجم
غير محدد	4	(14 - 18)	18	حد أقصى	نسبة الأوليفينات، بالحجم
0.7 كجم/سم ²	48.3	60	60	حد أقصى	الضغط البخاري، ريد (في الصيف) ، كيلو باسكال
غير محدد	2.7*(MTBE)	2.7*(MTBE)	2.7	حد أدنى	نسبة الأوكسجين ، بالوزن

ملاحظة: المواصفات اللبينية تحت الدراسة ، المصدر: مجلة " Hydrocarbon Processing"، نوفمبر 2000، صفحة (27)

* هذه هي القيم المستعملة حالياً، ومادة MTBE هي أصلاً من المواد الملوثة للمياه الجوفية

جدول رقم (2) : مواصفات الديزل

المواصفات اللببية	مواصفات السويد (درجة مدينة I)	المواصفات الأوربية		الخاصية	
		علم 2005	علم 2000		
5000	10	50	350	حد أقصى	الكبريت، جزء على المليون
52	50	(58 - 54)	51	حد أدنى	رقم السيتالين
غير محدد	0.02	(1 - 4)	11	حد أقصى	نسبة المركبات الهيدروكربونية العطرية المتعددة الحلقية، بالوزن
غير محدد	5 % بالحجم	15	غير محدد	حد أقصى	نسبة المواد العطرية الكلية، بالوزن

ملاحظة: المواصفات اللببية تحت الدراسة

الحبيبات الدقيقة خصوصا بحجم (10) ميكرون.

2 - الغاز الطبيعي كوقود بديل

يعتبر استخدام الغاز الطبيعي بدلا عن الجازولين كوقود للسيارات أحد أفضل الطرق للتقليل من ملوثات الهواء الضارة، فالسيارات التي تعمل بالغاز الطبيعي يمكنها تخفيض ما نسبته (58 - 90 %) من إنبعاثات غاز أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات المتفاعلة [1] التي تساهم فيما يسمى بظاهرة (Smog).

والسيارات التي تعمل بالغاز الطبيعي تخفض أيضا من انبعاث ثاني أكسيد الكربون وهو العامل الرئيسي الماهم في ظاهرة غازات البيت الزجاجي بنسبة 32 %، والجدول رقم (3) يستعرض بيانات عن الإنبعاثات الصادرة عن السيارات التي تستعمل الجازولين والسيارات التي تستعمل الغاز الطبيعي كوقود.

لأن ذلك يحد من استعمال النافثا المكسرة التي هي سبب مباشر في زيادة رقم الأوكتان (نوع الكبريت بالهدرجة يسبب تناقص رقم الأوكتان).

ثانيا: بالنسبة للديزل

المواد الحلقية (العطرية): هناك ضغوطات لتخفيض نسبتها لأنها تؤدي إلى تكون البترين عند عدم إكمال الاحتراق، وتواجه صناعة التكرير مشكلة لأن هذه المواد العطرية تتواجد في أغلب خلطات القطفات المباشرة.

الكبريت: هناك ضغوطات لتخفيض نسبته لمستوليته عن أنبعاثات أكاسيد الكبريت، وتواجه صناعة التكرير مشكلة لأن تخفيض نسبة الكبريت إلى النسب المطلوبة يتطلب زيادة وحدات معالجة إضافية للمصافي التقليدية.

المركبات الهيدروكربونية العطرية العديدة الحلقية: هناك ضغوطات لتخفيض نسبتها لأنها السبب الرئيسي لانبعاث

تقنيات الطاقة

طريق التغييرات التقنية وأنماط الحياة بالسيطرة على مصادر الطاقة، فخلال القرن الماضي كان مصدر الطاقة هو الفحم، ثم كان النفط، ثم أصبح ما يعرف بما بعد الصناعة والنمط التقني للحياة الآخذة في التقدم في الوقت الحاضر المعتمدة على الدور المتنامي للغاز الطبيعي كمصدر للطاقة الأولية.

لقد ازداد الاستهلاك العالمي من الطاقة خلال الـ 25 سنة الماضية بنسبة 38% وزاد استهلاك الغاز الطبيعي بنسبة 65% والنفط بنسبة 28%، وخلال هذه الفترة [2] إزدادت حصة الغاز الطبيعي في ميزان مصادر الطاقة الأولية من 19 - 23%، وانخفضت حصة النفط من 40.1 - 49.0%، كما انخفضت حصة الفحم من 26.2 - 30.0%.

وحالياً تعمل العديد من المنظمات على التنبؤ بتطور الطاقة العالمية على المدى البعيد حتى عام 2050. وواضح أن هذه التنبؤات ترسم صورة للأهداف المحددة في ضوء الوضع الحالي التي لها أهمية أكثر من كونها مجرد تقديرات عديدة مفصلة، لأن هذه التقديرات تعتمد بشكل كبير على عوامل غير مؤكدة. وحسب التنبؤات الأخيرة هناك احتمال كبير لكميات هائلة من الغاز لمستويات عالية من إنتاج الغاز من 5 - 8 بلايين الأطنان من الغاز، وتجدر ملاحظة أنه حتى بوجود مستويات بسيطة من الغاز يدل هذا ضمناً على تطور أكثر في صناعة الغاز. وفي الوقت نفسه تفترض الدراسات المعتدلة أن حصة الغاز الطبيعي في ميزان مصادر الطاقة سوف تزداد من 28 - 30%.

جدول رقم (3) : مقارنة الإنبعاثات من السيارات التي تستعمل الجازولين

میل/ جالون	الانبعاث	
	السيارات التي تعمل بالغاز الطبيعي	السيارات التي تعمل بالجازولين
0.3	1.0	أول أكسيد الكربون (CO)
0.04	0.26	أكاسيد النيتروجين (NO _x)
0.005	0.14	المركبات الهيدروكربونية (بدون غاز الميثان)

والغاز الطبيعي هو أقل وقود أحفوري مسبب للتلوث لكل وحدة من كمية الحرارة المنتجة، وكذلك بالنظر إلى إنبعاثات غازات البيوت الزجاجية ونواتج الاحتراق الأخرى. وأي حصة يجتلبها الغاز الطبيعي من أنواع الوقود الأحفوري الأخرى سوف تعزز أسباب الحماية البيئية.

وكنظرة مستقبلية لعشرين إلى ثلاثين سنة القادمة، سيكون هناك مشاكل يمكن أن ترتبط بالحاجة العالمية للطاقة وهي:

- النمو السكاني في الدول النامية
 - مسببات إتلاف البيئة العالمية (ظاهرة البيوت الزجاجية، الأوزون، المخلفات المشعة)
 - تفاقم مشكلة الموارد: زيادة استهلاك الطاقة وظهور مصادر جديدة للطاقة
- ولذلك فمهمة إيجاد طاقة بديلة يجب أن تأخذ في الاعتبار كل هذه النقاط، كما يجب أن تراعي الكفاءة والمتطلبات الاقتصادية والبيئية.
- وخلال القرنين الماضيين صنعت البشرية تقدماً عن

3 - مصادر الغاز الطبيعي

يبلغ الاحتياطي المؤكد من الغاز الطبيعي على المستوى العالمي 15 تريليون متر مكعب؛ وبالنظر إلى المستويات الحالية والمتوقعة للإنتاج، تقدم هذه الحقيقة حالات أفضل لإحتياطي الغاز الطبيعي مقارنة بالنفط.

ويقدر إتحاد الغاز العالمي أن الاحتياطي العالمي من الغاز الطبيعي يبلغ 400 تريليون متر مكعب برغم أن نقل ذلك إلى الخانة المؤكدة سوف يتطلب حجماً هائلاً من أعمال الاستكشاف، وأكثر من ذلك من المهم ملاحظة أن التصنيف العالمي للاحتياطي يأخذ في الاعتبار الجدوى الاقتصادية لتلك الكميات المراد استخراجها تحت ظروف مستوى الأسعار الحالي.

يبلغ الاحتياطي المؤكد للغاز الطبيعي في ليبيا 46.4 تريليون قدم مكعب. والاحتياطي العالمي المؤكد هو مجموع كل من الغاز غير المصاحب والغاز المصاحب بالإضافة إلى كل كمية الغاز الممكن استخراجها والمتواجدة أسفل المكامن الأرضية.

ويصنف إحتياطي الغاز إلى نوعين اعتماداً على نوعية حدوث المكامن هما:

أ - غاز غير مصاحب

ب - غاز مصاحب

الغاز غير المصاحب يعرف بأنه الغاز الطبيعي الحر (الطليق) الذي لا يكون متواجداً مع النفط الخام في المكامن، أما الغاز المصاحب فيتكون في مكامن النفط الخام كغاز أو في محلول مع النفط الخام. ويبين الجدول رقم (4) الإحتياطي العالمي من الغاز الطبيعي و الأستهلاك و الإنتاج [3].

وإلى جانب مصادر الغاز التقليدية والتي قد تكفي 60 سنة قادمة - بالأخذ في الاعتبار الاكتشافات الجديدة والتي تكفي من 90 - 100 سنة قادمة - يوجد ما يسمى بالاحتياطي غير التقليدي للغاز الطبيعي والذي عند إكتماله سوف يضمن تطوراً مؤكداً في صناعة الغاز الطبيعي إلى ما بعد حدود القرن الواحد والعشرون، ويشمل:

• الغاز المتراص (الخكم)

• الطبقة الفحم حجرية المحتوية على غاز الميثان

• الغاز الذائب في مياه التكوين

• الغاز المتحد مع الماء

• الغاز العميق

ويقدر الإحتياطي غير التقليدي للغاز الطبيعي بعشرات أو حتى مئات آلاف تريليون متر مكعب.

4- نقل الغاز الطبيعي

يمكن الاستفادة من وفرة الغاز الطبيعي الموجود في الجزائر وليبيا ومصر في الحصول على وقود نظيف. والغاز الطبيعي غاز نظيف ومتعدد الإستعمال، ولذلك فهو المرغوب أكثر كوقود في المستقبل وعندما يكون مصدر الغاز الطبيعي قريباً من السوق، يمكن نقله إلى المستهلك عبر أنابيب، لكن عندما يكون السوق بعيداً يكون نقله عبر أنابيب غير مجدي من الناحية الاقتصادية وعندما يجب إسالة الغاز الطبيعي أو تحويله إلى منتجات سائلة حتى يسهل نقله بتكلفة اقتصادية.

وتصدر ليبيا حالياً ما يقدر بـ 1.24 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي سنوياً، وهناك مشروع لنقل الغاز الطبيعي عبر أنابيب إلى إيطاليا. وبعد الانتهاء من هذا المشروع

تقنيات الطاقة

جدول رقم (4) : الاحتياطي العالمي من الغاز، والإنتاج، والإستهلاك

الاحتياطي/الإنتاج	الإنتاج/الاستهلاك	الاستهلاك (بليون متر مكعب)	الإنتاج (بليون متر مكعب)	الاحتياطي (تريليون متر مكعب)	المنطقة
100<	2.08	48.7	101.2	361.1	أفريقيا
41.4	0.95	259.0	245.8	359.5	آسيا/ الباسيفيك
83.4	1.22	529.0	643.9	2002.6	الاتحاد السوفيتي
71.5	1.01	86.0	86.7	2190.0	أمريكا اللاتينية
100<	1.05	171.8	181.0	1749.6	الشرق الأوسط
11.4	1.03	718.9	739.0	294.6	أمريكا الشمالية
18.4	0.30	927.1	274.3	183.9	أوروبا الغربية
63.0	1.01	2240.5	2271.8	5170.3	الإجمالي

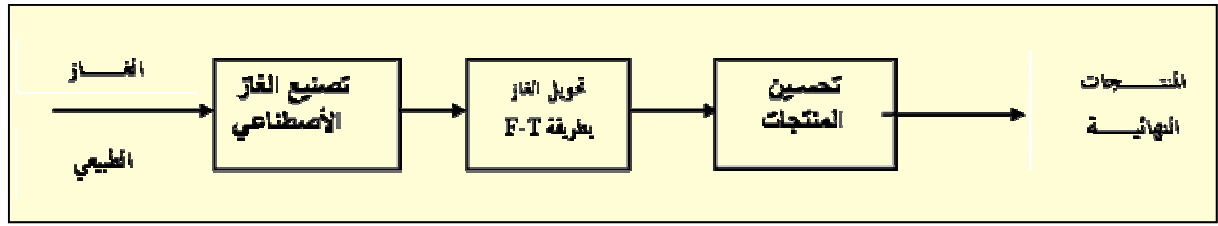
سائل (GTL). وتقدم هذه التقنية أساليب وطرق واعدة لمواكبة تغطية إحتياجات الطاقة بوقود نظيف. ومنتجات هذه التقنية خالية من الكبريت والمعادن والمركبات الحلقية والأسفلتين. ويوجد طريقتان هامتان من هذه التقنية وهما:

- تحويل الغاز الطبيعي إلى منتجات سائلة بطريقة Fischer-Tropsch). وتعتبر هذه الطريقة واحدة من الطرق لرائدة لتحويل الغاز الطبيعي إلى وقود نظيف الاحتراق وذو جودة عالية.
 - وهناك طريقة أخرى هامة وهو تحويل الغاز الطبيعي وهي طريقة ثنائي ميثيل الاثير (DME)، والوقود المنتج من هذه الطريقة هو وقود نظيف ويمكن استخدامه كبديل عن الديزل التقليدي في محطات توليد الكهرباء، كما يمكن استخدامه أيضا في تحسين خواص الديزل التقليدي وزيادة حجمه بسبب إرتفاع رقم السيبتين فيه.
- وسوف يسمح تطوير تقنيات (GTL) باستغلال الغاز

يصبح بالإمكان نقل 8 مليار متر مكعب سنوياً من الغاز إلى إيطاليا. ولتصدير الغاز الطبيعي إلى الدول الأفريقية هناك طريقتان، إما عبر أنابيب أو تحويل الغاز الطبيعي إلى غاز مسال لكي يتم نقله عن طريق ناقلات مخصصة لهذا الغرض. وفي هاتين الحالتين يتطلب ذلك استثماراً ضخماً، وأكثر من ذلك فإن نقل الغاز المسال يكون ممكناً فقط إلى الدول التي تقع على ساحل البحر، لكن خلال العقد الماضي ازداد بشكل كبير الاهتمام بتحويل الغاز الطبيعي إلى هيدروكربونات سائلة (GTL).

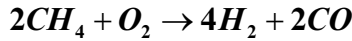
5 - تقنيات تحويل الغاز الطبيعي إلى سائل

خلال السنوات القليلة الماضية تم تسليط الأضواء على التقنيات التي يمكن عن طريقها تحويل الغاز الطبيعي إلى وقود



الشكل رقم (1) أعلاه يبين الشكل الانسيابي لهذه التقنية.

أيضا إنتاج كميات ضئيلة من ثاني أكسيد الكربون في هذه العملية. وهذه الطريقة لإنتاج الغاز الاصطناعي معروفة وقد تم استعمالها في تطبيقات صناعية متعددة منها كخطوة أولى في تصنيع الهيدروجين والأمونيا والميثانول. والتفاعل الأساسي هو:



يوجد نوعان من المغوزات (Gasifiers) شائعة الاستعمال في إنتاج الغاز الاصطناعي هما الأكسدة الجزئية والتهديب.

ففي طريقة الأكسدة الجزئية يتم أكسدة الغاز الطبيعي جزئيا بالأكسجين النقي لإنتاج الهيدروجين وأول أكسيد الكربون، أما في طريقة التهديب فيمرر الأكسجين مع بخار في وجود العامل المساعد (Catalyst).

وبالإضافة إلى الطريقتين أعلاه لإنتاج الغاز الاصطناعي، يوجد طريقة أخرى تسمى التهديب الذاتي الحراري والتي تستخدم الهواء مباشرة بدلا من الأكسجين النقي.

وبما أن الهواء يستخدم مباشرة في هذه الطريقة، فلا حاجة لاستعمال وحدة لإنتاج الأكسجين وهذا سوف يخفض من التكلفة الرأسمالية للمصنع. ويعتمد إختيار النوعية المناسبة من هذه الطرق على عدة عوامل مثل نوع الغاز الطبيعي ونسبة الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون .. الخ.

الطبيعي الوفير وكذلك استغلال حقول الغاز النائية ذات الإنتاجية المنخفضة من الغاز الطبيعي [4-6] لإنتاج منتجات سائلة يمكن نقلها بسهولة. وأكثر من ذلك فإن منتجات (GTL) تمثل حماية هامة للبيئة مقارنة بأنواع الوقود السائلة التقليدية.

1.5 منتجات تقنية (Fischer-Tropsch)

وهذه التقنية هي عملية إعادة تشكيل وترتيب جزيئات الهيدروجين والكربون الموجودة في الغاز الطبيعي، ويتضمن تحويل الغاز الطبيعي إلى سائل هيدروكربونية ثلاثة خطوات رئيسية وهي:

أ- تصنيع الغاز المخلوق (الاصطناعي)

ب- التحويل بطريقة (Fischer-Tropsch F-T)

ج- تحسين (رفع كفاءة) المنتجات

أ- تصنيع الغاز الاصطناعي

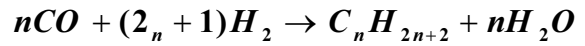
والغاز الاصطناعي عبارة عن خليط من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون. ويتم إنتاجه عن طريق الاحتراق غير متكامل للغاز الطبيعي.

وبالإضافة إلى الهيدروجين وأول أكسيد الكربون، يتم

ب - تحويل الغاز الاصطناعي بطريقة (F-T)

ويتم تحويل الغاز الاصطناعي إلى مركبات عضوية أليفاتية وبارافينية لها سلاسل ذات أطوال متعددة (متغيرة) . ابتكرت هذه الطريقة عام 1920 عن طريق العالمين هانز فيشر وفرانس ترويش وذلك لإنتاج الوقود السائل الاصطناعي من الفحم، بعدها تم تطويرها في الولايات الأمريكية المتحدة ثم في جنوب أفريقيا في منتصف الخمسينيات من القرن الماضي بسبب ازدياد الاهتمام بتأمين الطاقة .

وتعتمد تقنية تحويل الغاز الطبيعي إلى سوائل التي تم تطويرها مؤخرا على الغاز الطبيعي، ويتم هذا التحويل في درجات حرارة معتدلة من 200 – 300 درجة مئوية وضغط من 10 – 40 بار وكذلك يتم استخدام الحديد أو الكوبالت كعامل مساعد. والتفاعل المقصود في شكله المبسط هو:



هناك أيضا تفاعلات جانبية تتضمن إنتاج الأوليفينات والكحول. والنسبة المطلوبة من الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون في هذه الطريقة حوالي 2 : 1 ، وفي هذه الخطوة يمرر الغاز الاصطناعي إلى مفاعل يحتوي على عامل مساعد لتحويل الغاز إلى هيدروكربونات شمعية. ويتم تصنيع الهيدروكربونات بطريقة إنهاء السلسلة (ترتيب عدد من الذرات المترابطة وكأنها حلقات منظومة في سلسلة) مع طول السلسلة المراد تكوينها بواسطة اختيار العامل المساعد وظروف التفاعل.

ج - تحسين (رفع كفاءة) المنتجات

وفي هذه الخطوة يتم رفع كفاءة المركبات الهيدروكربونية الشمعية إلى منتجات (F-T). وتتم عملية التحسين بطريقتين هما: التكسير بوجود الهيدروجين (Hydrocracking) وعملية المشابهة في التركيب والاختلاف في الخواص (Hydroisomerisation).

منتجات (F-T)

وهذه المنتجات هي بشكل أساسي القطفات الوسطى للمصفاة التقليدية. وأهم هذه المنتجات هي: النافثا والجازولين و الكيروسين بنوعيه (المتري وكيروسين الطيران). وتحتوي هذه المنتجات بشكل غالب على البرافينات والأوليفينات مع قليل من المركبات الهيدروكربونية الحلقية المركبة والمواد المؤكسدة. وإضافة إلى ذلك فإن هذه المنتجات خالية تماما من الكبريت والنتروجين والنيكل والفانديوم والأسفلتين والمركبات العضوية التي توجد عادة في المنتجات البترولية. ومواصفات الديزل المنتج بطريقة (F-T) مبينة في جدول رقم (5).

مزايا منتجات (F-T)

بما أن هذه المنتجات خالية تماما من الكبريت والنتروجين والمركبات الهيدروكربونية الحلقية المركبة، فعند احتراق مركبات (F-T) لا ينتج عنها أي انبعاث لمركبات الكبريت أو مركبات النتروجين أو المركبات الهيدروكربونية غير مكتملة الاحتراق.

وكذلك يمكن استعمال مركبات (F-T) مباشرة دون

جدول رقم (5) مواصفات الديزل المنتج بطريقة (F-T) مقارنة بالمواصفات العالمية الأخرى

ديزل F-T	مواصفات كاليفورنيا	دول الأتحاد الأوربي	رقم السيتاين
73	< 48	< 51	
(0) تحت الحدود الممكن إكتشافها	> 10	> 35	نسبة المواد العطرية بالحجم
(0) تحت الحدود الممكن إكتشافها	> 50	> 350 ^a (50 ^a)	نسبة الكبريت، جزء على المليون

^a سيتم تطبيقه في العام 2005

والميزة الأخرى الهامة لارتفاع رقم السيتاين هو تخفيض درجة حرارة اللهب التي ينتج عند ارتفاعها تكوين مركبات النيتروجين. والخواص الطبيعية لمنتجات (F-T) مشابهة تماماً لخواص المنتجات البترولية، حيث يمكن نقلها في نفس البواخر أو الخزانات التي يتم فيها نقل منتجات النفط الخام، كما يمكن تخزينها في نفس الخزانات التقليدية المستعملة في تخزين المنتجات البترولية. ولذلك تعد الحاجة إلى بواخر شحن خاصة أو صهاريج تخزين مصممة لهذا الغرض لنقل هذه المنتجات على عكس الغاز الطبيعي المسال، وبذلك يكون حجم الاستثمار أقل لشحن وتقل هذه المنتجات.

حجم الاستثمار لمصنع (F-T)

هناك العديد من الدراسات [5] التي تحدد تكلفة أغلب تقنيات (F-T) الموجودة حالياً في المدى 20,000 - 30,000 دولار أمريكي لتكلفة إنتاج البرميل يوميا. كما يعتقد أنه بتكلفة غاز منخفضة وهي حوالي (0.5 دولار لكل متر

الحاجة إلى عمليات تنقية مثل نزع الكبريت في وجود الهيدروجين (Hydrodesulphurization) مثلما هي الحالة في الوقود المشتق من النفط الخام.

وتمثل مركبات (F-T) مستقبلاً واعداءً في الامتثال لقوانين الانبعاث الصارمة، كما تعتبر النافثا المنتجة بهذه الطريقة كنقطة بداية مثالية في صناعة الايثلين مقارنة بالنافثا المنتجة من النفط الخام بسبب عدم وجود المركبات الحلقية. وغياب المركبات الحلقية (العطرية) يساهم في زيادة إنتاجية الايثلين مقارنة بالايثلين المنتج من النافثا التقليدية.

والانجذاب تجاه الديزل المنتج بطريقة (F-T)، بالإضافة إلى نقاوته، هو إلى جودته بالنظر إلى رقم السيتاين فيه، حيث أن لهذا الديزل رقم سيتاين مرتفع جداً يصل إلى حوالي (75) مقارنة بالمتطلبات العالمية التي تحدد أن هذه الرقم يجب ألا يكون أقل من 50 - 58. وارتفاع هذا الرقم يعني سرعة خلط في معدل الوقود مع الهواء وتقليل من تأخير المحرك قبل الاشتعال.

طريقة (تروبساي ATR) التي تسمح بوحدة لخط إنتاج واحد يتجاوز (7500 طن متري يوميا) من (DME) [7].
وطريقة (تروبساي ATR) تم تطويرها بشكل كبير خلال العقد الماضي، ويتم حاليا تجريبها صناعيا عند نسبة معدل البخار إلى الكربون تساوي 0.6 .

التخليق الموحد للميثانول ثنائي ميثيل الايثير

يحدث التصنيع المؤكسد في حلقة تتكون من مفاعل مزدوج المراحل بين الميثانول وعامل مساعد ثنائي الوظيفة. ويتكون التفاعل من الغاز الاصطناعي إلى (DME) متابعا ينتج عنه الميثانول كمنتج وسيط. ويكون الجزء الأول من التفاعل من الغاز الاصطناعي إلى الميثانول طاردا للحرارة ومقتصرًا على الاتزان عند درجات حرارة منخفضة ولذلك يحدث هذا الجزء من التفاعل في مفاعل مبرد حيث يتم نزع الحرارة منه بشكل مستمر حتى يتم الاتزان عند الظروف المثلى.

ويكون الجزء الثاني من التفاعل من الميثانول إلى (DME) أقل طردًا للحرارة ويكون الاتزان مقتصرًا على الدرجات المرتفعة، لذلك يحدث هذا الجزء من التفاعل في مفاعل ثابت الطبقة (Fixed Bed) ليس به تبادل للحرارة (Adiabatic) وبناء على ذلك فمفهوم المفاعل الثنائي المزدوج المراحل يسمح للجزئين من التفاعل المتتابع أن يحدثا عند ظروف مثلى، بينما تصبح مرحلة التصنيع مشابهة لحلقة تصنيع الميثانول التقليدي في نفس الوقت.

وأهم فرق بين التخليق المؤكسد وتخليق الميثانول هو المفاعل، مضافا إليه محفز تروبساي الثنائي الوظيفة. والمحفز

مكعب) فإن هذه الطريقة تعتبر مجدية اقتصادياً عندما يكون سعر النفط الخام في معدل (15 دولار أمريكي للبرميل) فما فوق.

وتقدر التكلفة الرأسمالية لـ 50,000 برميل يوميا للمشروع الحالي بين شركة (أكسون - قطر) بجوالي 1.2 بليون دولار معتمدة على أساس تكلفة مقدارها 24,000 دولار أمريكي للبرميل في اليوم.

إنتاج (DME)

طريقة تروبساي (Tropsae) هي الطريقة التي تستعمل لتصنيع ثنائي ميثيل الايثير مباشرة من الغاز الطبيعي. وهي عبارة عن إنتاج الميثانول ثم تحويله إلى (DME) في وحدة تصنيعية متكاملة. وفي هذه الطريقة تعدم الحاجة إلى فصل الميثانول النقي كمنتج وسيط قبل تحويله إلى ثنائي ميثيل الايثير.

وتعتمد طريقة (تروبساي) على تقنية معتمدة مشابها لتلك التي تستعمل في إنتاج الميثانول ، ويتكون المصنع من ثلاثة أجزاء هي:

- تجهيز الغاز الاصطناعي عن طريق التهذيب الحراري الذاتي (ATR).
- تصنيع المادة المؤكسجة : التصنيع الموحد للميثانول و (DME).
- فصل المنتج والتنقية.

ويتطلب إنتاج الوقود السائل من الغاز الطبيعي كميات كبيرة جدا وذلك للاستفادة من المقياس الاقتصادي إلى حده الأقصى. وأفضل تقنية مناسبة للتهذيب في هذه الطريقة هي

عمليات توليد الطاقة هو خليط من ثنائي ميثيل الايثير والماء والميثانول وبعض كميات مكن مواد مؤكسدة. وهذا بسبب الجدوى الاقتصادية في عمليات التصنيع والفوائد المتزايدة المرتبطة بخلط الميثانول مع الماء.

الجدول رقم (6) ورقم (7) يبينان المواصفات الفنية للـ (DME) المصنف كوقود، والخواص الطبيعية على التوالي.

وفيزيائياً تعتبر مادة ثنائي ميثيل الايثير مشابهة لغاز البترول المسال، وخواص هذه المادة تمت مقارنتها بخواص كل من غاز البروبين وغاز البيوتين وهما المكونان الأساسيان للغاز البترول المسال حسب الجدول رقم (8).

جدول رقم (6) : مواصفات وقود (DME)

المحتويات	نسبة الوزن
الماء	3.2 ± 0.3
الميثانول	7.5 ± 1.0
ثنائي ميثيل الايثير (DME)	88.9 ± 0.9
المواد المؤكسجة، عالية الإيثير والشحوم	0.4 ± 0.1
معادن، نيتروجين، كبريت	لا يوجد

جدول رقم (7) : الخواص الطبيعية لوقود (DME)

الخاصية	القيمة
كثافة السائل عند 25 - درجة مئوية	0.7458 طن / م ³
القيمة الحرارية المرتفعة (سائل)	7,152 كيلو كالوري / كجم
القيمة الحرارية المنخفضة (سائل)	6,449 كيلو كالوري / كجم
القيمة الحرارية المنخفضة (غاز)	6,636 كيلو كالوري/كجم أو 11,986 كيلو كالوري/ م ³

الثنائي الوظيفية هو ابتكار فريد تم التوصل إليه بداية التسعينيات من القرن الماضي. ومنذ ذلك الحين تم اختبار هذا المحفز لأكثر من (30,000 ساعة) في وحدات تجربة طريقة (تروبساي DME).

وبسبب الاستخدام المكثف لهذا المحفز، وبسبب شكل المفاعل ثابت الحرارة، فإن مخاطر هذه التقنية في تخليق (DME) أصبحت في حدها الأدنى.

فصل وتنقية المنتج

يعتمد تصميم مرحلة الفصل والتنقية على المواصفات المطلوبة لنقاوة المنتج، فكلما قلت المواصفات المطلوبة لنقاوة المنتج، كلما قل حجم الإنفاق واستهلاك الطاقة.

وفي حقيقة الأمر، يتم تحقيق وفر اقتصادي كبير بإنتاج (DME) محتوى على كميات ضئيلة من الميثانول والماء.

وكمثال، فإن مرحلة التنقية المباشرة للـ (DME) تعتبر كائتلاف من مرحلة تقطير الميثانول ومرحلة التنقية لمصنع (DME) تقليدي معتمد على نزع الماء من الميثانول.

ومنتج ثنائي ميثيل الايثير (DME) المصنف كوقود في

تقنيات الطاقة

جدول رقم (8) : خواص مادة (DME) مقارنة مع غاز البروبان وغاز البيوتان

الخاصية	DME *	غاز البروبان	غاز البيوتان
درجة الغليان، درجة مئوية	24.9 -	42.1 -	0.5 -
الضغط البخاري عند 20 درجة م ، بار	5.1	8.4	2.1
كثافة السائل عند 20 درجة م ، كجم/م	668	501	610
الكثافة النوعية للغاز	1.59	1.52	2.01
القيمة الحرارية المنخفضة، كيلو جول / كجم	28,430	46,360	45,740
درجة الاشتعال عند (1) ضغط جوي، درجة مئوية	350 - 235	470	365
الانفجار/ مدى الاشتعال في الهواء ، بنسبة الحجم	17 - 3.4	9.4 - 2.1	8.4 - 1.9

* خواص مادة DME المستعملة كوقود تختلف عن تلك النقية اعتماداً على كمية وأنواع المواد المؤكسجة والماء.

2. A.N. Dmitrievsky, "Natural Gas in XXI Century", Presented in 17th World Petroleum Congress, held at Rio de Janeiro (Brazil), Sept. 1-5 (2002).
3. A. A. El Missirie, "Natural Gas Versus Conventional Petroleum Products, Technical, Economical and Environmental Comparison", Presented in 1st Mediterranean Offshore Conference & Exhibition – MOC 2000" held at Alexandria (Egypt), on 18-20 April (2000).
4. A.A. El Missirie, "Natural gas versus conventional petroleum products: Technical, economical and environmental comparison", presented in MOC 2000 held at (20 (2000-Egypt) on April 18) Alexandria
5. A.K. De, R.G. Rajan, D.V. Rao and A. Sivabharati, "Gas to liquid technology options", presented in Petrotech-2001, held at New Delhi (India) on 9-12 January (2000).
6. I. Ahmad and M. Zughaid, "Refining in New Millennium: Integrated application of gas to liquid technology and refining to meet future specifications of fuels" presented in 17th World Petroleum Congress, held at Rio de Janeiro (Brazil) on September 1 – 5 (2002).
7. G.R. Jones, Jr, H. Holm-Larsen, D. Romani and R. A. Sills, "DME for power generation fuel: Supplying India's Southern Region", Proceedings in Petrotech 2001, held at New Delhi on 9 – 12 January (2001).

وبسبب تشابه خواص مادة ثنائي ميثيل الايثير مع غاز البترول المسال، يمكن الاستفادة من الخبرات المتنوعة والتقنيات المتقدمة المتوفرة عن طبيعة التعامل مع الغاز المسال. ويمكن نقل هذه المادة وتقديمها وتفريغها وتخزينها في مواقع تجميع (استقبال) باستخدام نفس المعدات المستعملة أساساً للغاز المسال. ويمكن تخزين مادة ثنائي ميثيل الايثير، مثلها مثل الغاز الطبيعي المسال إما تحت ظروف الضغط، أو شبه ضغط، أو ظروف تبريد. أما فيما يتعلق بشحن هذه المادة فيمكن استخدام نفس الناقلات التي صممت لنقل الغاز المسال. هناك فقط حاجة لتغيير بعض البطانات وموانع تسريب المضخات.

المراجع

1. CONCAWE Special task force AE/STF-3., "Motor vehicle emission regulations and fuel specifications. Part 1-summary and annual 1998", (December 1999).