

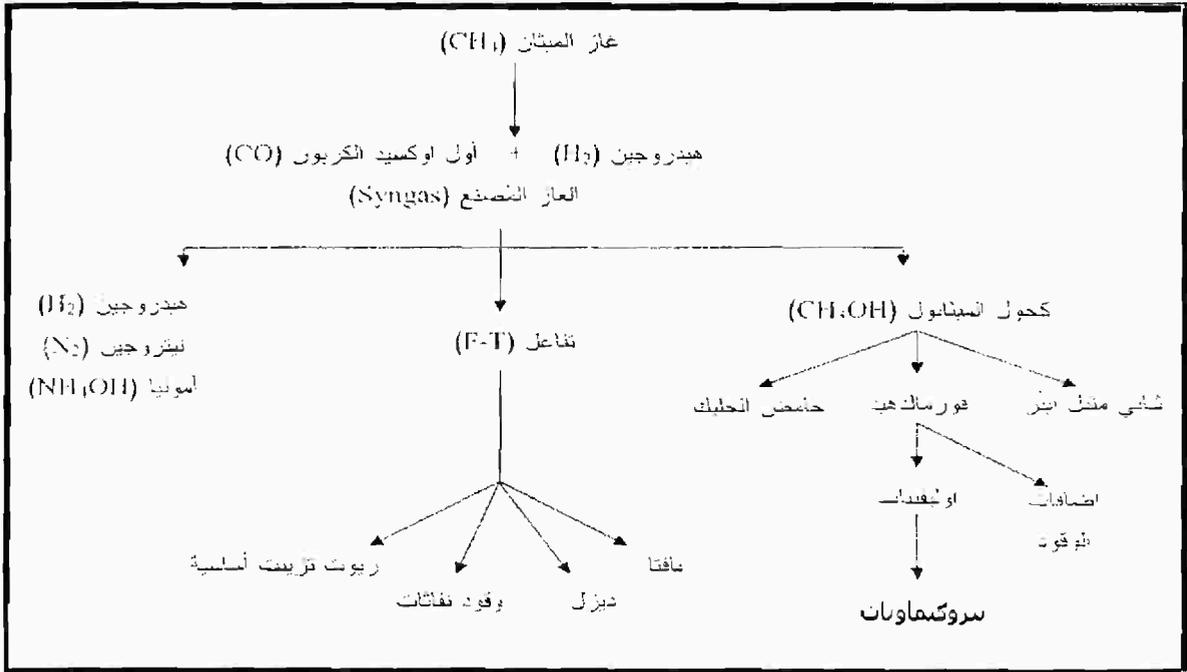
الفصل الثاني

التعريف بتكنولوجيات (GTL)

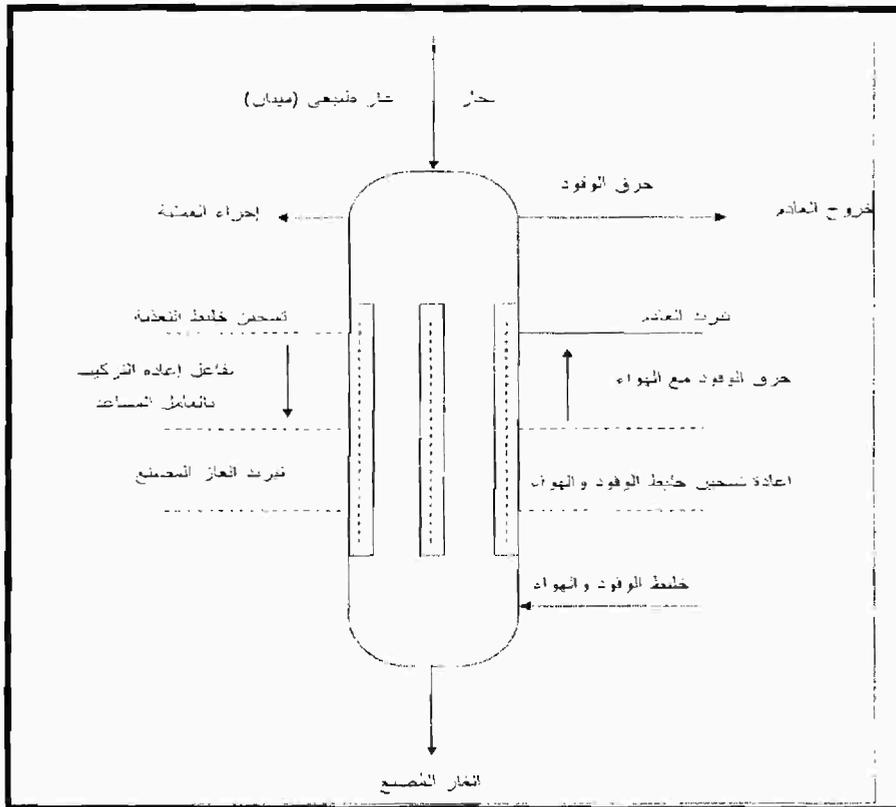
١,٢ خطوات التفاعل:

تشمل تقنيات تحويل الغاز الطبيعي إلى سوائل الخطوات التالية:

١. معالجة الغاز الطبيعي لتنقيته وخفض محتواه من الكبريت، مع إعداده لبدء التفاعل.
 ٢. تحضير الغاز المصنع (Syngas)، بتحويل غاز الميثان (CH_4) إلى أول أوكسيد الكربون (CO) وهيدروجين (H_2).
 ٣. تحويل الغاز المصنع إلى مخاليط من المنتجات السائلة، بتفاعل الميثان مع الغاز المصنع ($CO+H_2$) في وجود عامل مساعد، وتحت ظروف مختلفة من درجات الحرارة، الضغط، الزمن، وهو ما يطلق عليه تفاعل (F-T).
 ٤. رفع جودة السوائل التي يحصل عليها، من خلال عمليات التقطير، التصنيع، المعالجة، مثال الهدرجة، الأزمنة، التكسير مع الهدرجة... إلخ.
- ويشتمل الشكل رقم (١, ٢) على خطوات تكنولوجيات (GTL) وتفاعل (F-T)، بينما يشتمل الشكل رقم (٢, ٢) على رسم توضيحي لوعاء إنتاج الغاز المصنع (Syngas)، ويتضمن الشكل رقم (٣, ٢) على رسم توضيحي لعملية (F-T).



شكل رقم (٢, ١): خطوات تكنولوجيايات (GTL) وتفاعل (F-T).



شكل رقم (٢, ٢): رسم توضيحي لوعاء إنتاج الغاز المصنع (Syngas)

يتكون الغاز المصنع، كما سبق الذكر، من أول أكسيد الكربون والهيدروجين، ولاستكمال التفاعل بتحويله إلى أنواع السوائل، فيتم بإجراء التفاعل (F-T) (Fisher - Tropsch) في وجود عامل مساعد، والذي يختار من : الحديد، الكوبالت، أو النيكل.

يعتمد السائل الناتج على التحكم في المتغيرات التالية:

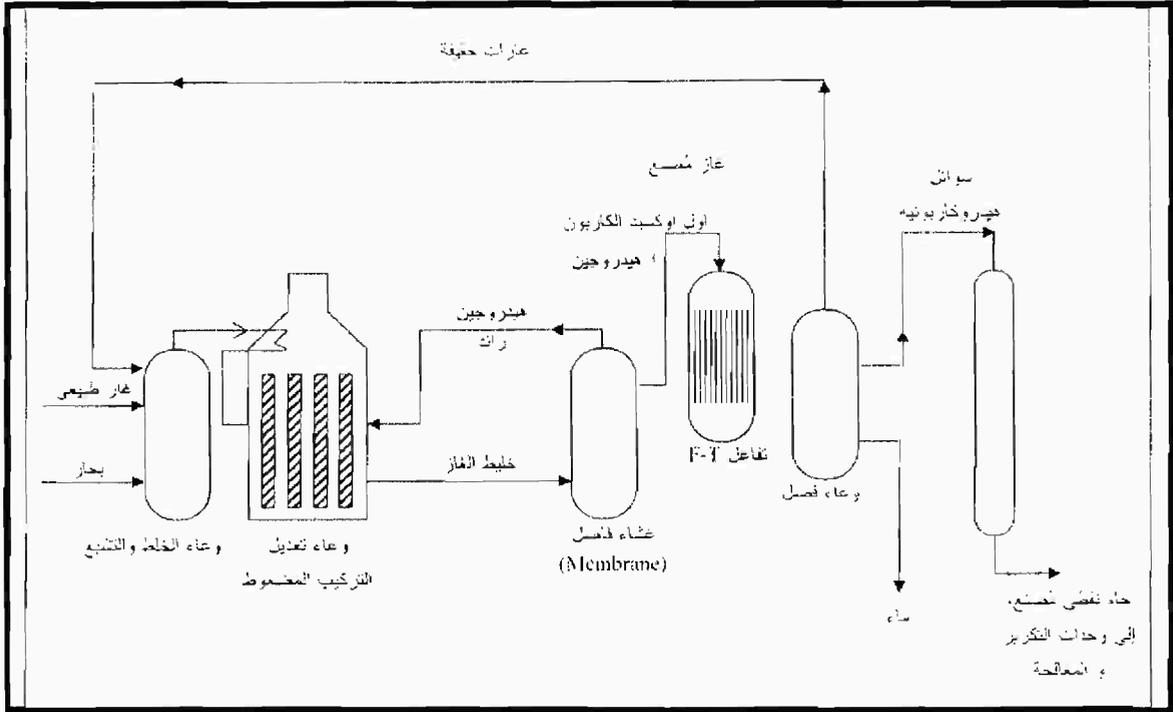
- نوع العامل المساعد المستخدم.

- تصميم وعاء التفاعل.

- ظروف إجراء التفاعل: حرارة، ضغط، زمن.... إلخ

وإذا كانت السلسلة المتكونة قصيرة، فإنها تعطي السوائل الهيدروكاربونية الخفيفة (ذات الوزن الجزيئي المنخفض)، أما السلاسل الطويلة فتعطي الهيدروكاربونات الثقيلة، بذلك فإن طول أو قصر زمن التفاعل، يحدد نوعية السوائل الناتجة، أي ستكون من المقطرات الخفيفة أو الثقيلة أو المركبات الأوكسجينية.

بالنسبة للعامل المساعد، فإن الحديد منخفض الثمن يعمل مع تركيبات متنوعة من الغاز المصنع، والسوائل الناتجة بالأساس منخفضة الوزن الجزيئي، أي من الأنواع الخفيفة، وبالنسبة إلى الكوبالت فهو أعلى في الثمن من الحديد، ولكن من اللازم تثبيته على مواد حاملة مثل الومينا/ السيلكا، ويكون الناتج من السوائل الهيدروكاربونية مرتفعة الوزن الجزيئي أي الأنواع الثقيلة، أما المواد الحاملة فيلزم أن تكون غير نشطة (خاملة)، وبذا لا تتدخل في التفاعلات الجارية.



شكل رقم (٢، ٣): رسم توضيحي لخطوات عملية (F-T).

وإجمالاً فإن جميع طرق إنتاج الغاز المصنع أو إجراء تفاعل (F-T) تتأثر في نوع الناتج والسرعة بالعوامل الآتية:

- ١ معدل سريان الغاز، سواء الغاز الطبيعي المدخل إليها، أو الغاز المصنع عقب إنتاجه.
- ٢ كفاءة عملية التدوير للنواتج غير المتفاعلة.
- ٣ درجة تأثير الحرارة على ميكانيزم التفاعل.
- ٤ كفاءة أداء العامل المساعد.
- ٥ فترة تشغيل (حياة) العامل المساعد.
- ٦ كفاءة الأسطح المعدنية المستخدمة في التصنيع، مع ضرورة إجراء الفحص الميتالورجي الدوري لهذه الأسطح.
- ٧ التصميم الهندسي الكفء مع إمكانية التوسع.
- ٨ إمكانية التكامل مع الوحدات والعمليات الأخرى، خاصة القائمة بالفعل.

لذلك على القائمين بأمر هذه الوحدات المتابعة المستمرة، والمراجعة لما تتوصل إليه براءات الاختراع على المستوى العالمي، مع تبين إمكانيات الخفض في تكاليف الاستثمار ومصرفات التشغيل والإنتاج.

٢,٢ رفع جودة السوائل:

يشمل الناتج من وحدات (GTL) على العديد من مخاليط البارفينات والأوليفينات، في صورة مقطرات وسطى يمكن شحنها إلى مصافي التكرير لتعامل كخام نفطي يتم تكريره، مع ملاحظة ارتفاع نقطة الانسكاب، نظرا لأن البارفينات مستقيمة، لذلك تكون المعالجة بعمليات الأزمرة للتحويل إلى بارفينات متفرعة (Branched)، والأمر نفسه مع الأوليفينات المستقيمة لتتحول إلى أوليفينات متفرعة، وبها يحقق الخفض المطلوب في نقطة الانسكاب. ولرفع الجودة يلزم إجراء عملية الهدرجة للمركبات الكبيرة مثال الشموع، وأيضا إجراء عملية التكسير مع الهدرجة.

كذلك تستخدم عملية الهدرجة لرفع جودة الكحوليات المنتجة، وبحكم هذا الإنتاج حدود الغليان، عدد ذرات الكربون للمركبات الناتجة، نقطة الانسكاب، كذلك الخواص المحددة لكفاءة الاستخدام عند درجات الحرارة المنخفضة، مثال نقطة انسداد المرشح على البارد ونقطة التغبش.

يصاحب رفع جودة السوائل إعادة التدوير للغاز من المركبات غير المتفاعلة على أن يتم فصل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والماء (H_2O) من الغاز المعاد تدويره، وفي بعض الحالات يكون مشبعا، ويستفاد من الهيدروجين الناتج بالاستخدام في عمليات الهدرجة واللازمة لرفع جودة المنتجات، كذلك يستفاد بالغاز غير المتفاعل بالحرق لتوليد الطاقة الحرارية اللازمة لبدء التفاعل.

من ذلك فإن هناك العديد من المتغيرات، التي يتم دراستها وتعيدها، وبها يحقق الاستفادة من المنتجات كافة، ولتحقيق الخفض في التكلفة.

وفي أي الأحوال، فإن الذي يحكم العمليات اللازمة لإصلاح المنتجات، متطلبات الأسواق واحتياجات العملاء، وبالطبع اقتصاديات المشاريع وبها يحقق المؤثرات الإيجابية للجدوى الاقتصادية.

تستخدم في هذه العملية واحدة من الطرق المستخدمة في إنتاج الغاز المصنع، والتي من أكثرها استخداما عالميا القائمة على طريقة معالجة الميثان بالبخار، كذلك الطرق الأخرى المستخدمة صناعيا، حيث يدمج بينها وطريقة التسخين الذاتي، أي المعالجة بالأوكسجين في وجود البخار.

أدخلت هذه الطريقة في عقد السبعينيات من القرن العشرين باستخدام النحاس كعامل مساعد، وبأن تجرى تحت ضغط منخفض، حيث طورت بالأساس من طرق إنتاج الأمونيا، والتي لازالت الأكثر انتشارا في وحدات إنتاج الميثانول، وإن كانت تعتبر معقدة نسبيا، كذلك يتم الإنتاج بهذه الطريقة لثاني ميثيل الايثر، كما أن التطوير في العوامل المساعدة شمل استخدام زيوت التزيت غير المتطايرة، وبأن يتم احتواؤها على الجزئيات المعلقة من العامل المساعد المستخدم.

والعامل المساعد (النحاس)، يوجد على عدة طبقات داخل ذات الوعاء، حيث يمرر غاز الميثان البارد خلال هذه الطبقات، وبذلك يحقق عدم ارتفاع في درجة الحرارة (التفاعل مصدر للحرارة Exothermic)، مع إعادة استرجاع الغاز الذي لم يتفاعل، ومما يرفع من كفاءة التحويل.

وتوجد طريقة تستخدم الضغط المنخفض، وعرضت عام ١٩٩٩ في مؤتمر عالمي شمل موضوعات الميثانول، حيث تعتمد على تحويل التركيب بالبخار مع إجراء التقطير لفصل المنتج النهائي.

أما طريقة استخدام مفاعل الأنابيب مع التبريد بالماء من الخارج، فإنها تحقق أيضا إنتاج البخار، كذلك تعتمد على إعادة تدوير الغاز، مع السيطرة والرقابة على التفاعل، وتعتبر ذات كفاءة عالية، وإن كان بناء مفاعل الأنابيب أكثر تكلفة، كما أن السعة الإنتاجية محدودة.

جميع هذه الوحدات ذات اكتفاء ذاتي، خاصة لإنتاج البخار والكهرباء اللازم توافر فائض منها للاستخدام في العمليات الأخرى الجارية، خاصة في مجمعات البتروكيمياويات المتكاملة.

١,٣,٢ تحويل الميثانول إلى جازولين:

يطلق على هذه العملية اختصارا (MTG) أي (Methanol to Gasoline)، وقامت بتطويرها وتسويقها تجاريا شركة موبيل، وذلك قبل الاتحاد مع شركة أكسون،

وقد عرضت تجاريا للمرة الأولى عام ١٩٨٥، ثم تم بيعها إلى شركة ميثانيكس (Methanex).

تعتمد الطريقة على إنتاج الغاز المصنع طبقاً للطرق التقليدية المعروفة، السابق ذكرها، ثم تحويله إلى جازولين ذي رقم أوكتان مرتفع وباستخدام وحدة تفاعل ذات طبقة ثابتة. وقد ظلت هذه الوحدة تعمل بكامل طاقتها وبكفاءة عالية حتى عام ١٩٩٧، ثم أوقفت منذ ذلك التاريخ، ودون ذكر أسباب واضحة لذلك.

ويلزم قبل تسويق الجازولين المعالجة بالهدرجة لخفض نسبة احتوائه على البنزين (C_6H_6)، للاتفاق مع الاشتراطات البيئية المحددة لأن لا تزيد نسبته عن ١٪ بالحجم من إجمالي الجازولين، وإجمالاً فإن عملية الهدرجة تحسن من خواص أنواع الجازولين، كذلك أشارت اختبارات تقييم الأداء إلى إمكانية خلط الجازولين المنتج بتلك الطريقة مع الجازولين التقليدي المنتج من تكرير الخامات البترولية، ومما يحسن من خواصه، خاصة من حيث الانبعاثات الملوثة للبيئة.

٤,٢ إنتاج جازولين برقم أوكتان مرتفع:

لإنتاج الجازولين من تقطير الخامات البترولية يتم أولاً الحصول على النافثا ثم تعديل تركيبها الكيميائي بإجراء عملية الأزمرة، ومع استخدام إضافة ميثيل ثلاثي بيوتيل إيثر (MTBE)، يمكن رفع رقم الأوكتان إلى حدود ٩٠-٩٨.

ونظراً إلى تزايد الاحتياج إلى إنتاج جازولين برقم أوكتان مرتفع؛ فقد تم التعديل في ظروف وحدة تفاعل (F-T)، وبما يحقق رفع نسبة مركبات الإيزوبارفينات في سائل الجازولين المنتج، وقد استخدم عامل مساعد يشتمل على مركبات من عنصر الثوريوم (Thorium)، مما أدى إلى رفع نسبة إيزوبيوتين (C_4) إلى ٩٠٪، ونسبة إنتاج بحدود ٤٥٪، بينما كان المتحقق من استخدام مركبات الكوبالت أو الحديد كعوامل مساعدة، إن نسبة الناتج من الإيزوبيوتين لا تزيد عن ١٠٪.

حقق ذلك التطوير تسهلاً كبيراً لإنتاج الإيزوبارفينات، مثال إيزوأوكتان (رقم أوكتان ١٠٠) وأطلق على هذه العملية (Iso-Synthesis)، نظراً لأن استخدامها يتم إنتاج مباشر من الإيزوبارفينات ذات رقم الأوكتان المرتفع، وقد أدى استخدامها إلى أن تحقق قطفات الجازولين الناتجة مباشرة من تفاعل (F-T) رقم أوكتان يصل إلى ٨٥، ويزيد بكثير عما يحققه استخدام الكوبالت أو الحديد، كذلك تتم أزمرة نورمال بيوتين ثم الهدرجة إلى إيزوبيوتان.

يعيب هذه الطريقة ارتفاع أثمان العامل المساعد من الثوريوم، لذلك لا تزال في نطاق البحث والتطوير.

ولتحضير مركبات من C_{12} & C_8 ، أي ذات أوزان جزئية مرتفعة مثال: إيزوأوكتان، وإيزودوديسان، يستخدم عامل مساعد من حمض الفوسفوريك مع كلوريد الألومنيوم ($AlCl_3$)، وحيث تحقق إنتاج جازولين برقم أوكتان.

٥,٢ إنتاج البارفينات الخطية:

يتم التحكم في تفاعل (F-T) لإنتاج العديد من المركبات الخاصة مثال البارفينات المستقيمة ($C_{10}-C_{13}$)، والتي تستخدم في إنتاج المنظفات الصناعية من نوع ألكيلات البنزين المستقيمة (LAB) Linear Alkyl Benzene، حيث يتم إجراء عملية الكبريتة عليها لإنتاج السلفونيات، الأكثر استخداما في تصنيع أنواع المنظفات الأيونية بأنواعها، سواء في هيئة سائل، مسحوق أو معجون.

هذا التوجيه لتفاعل (F-T)، راجع إلى حسن الاختيار لنوعية العامل المساعد المستخدم، وإذا ما قورنت هذه الطريقة مع الطريقة الحالية لإنتاج البارفينات المستقيمة، ذات عدد ذرات الكربون ١٢ (C_{12})، وذلك بالفصل من قطعة الكيروسين، تجد أنها أقل في التعقيد، كذلك مصاريف التشغيل والإنتاج.

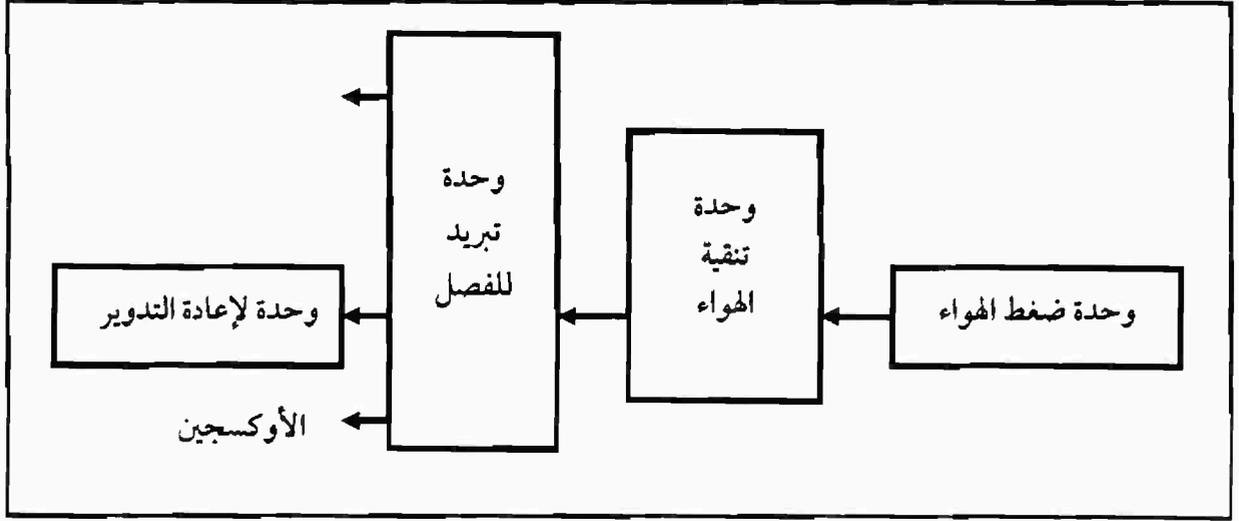
وأبرز مثال على نجاح هذه التكنولوجيا لإنتاج البارفينات المستقيمة بتنفيذها في ماليزيا، ومنذ بدء تشغيل وحدة (GTL) في عام ١٩٩٣. ومن المتوقع مستقبلا أن هذه التكنولوجيا سوف تجد الطريق لتحل مكان التكنولوجيا التقليدية، وبحجم الوحدات اللازمة لتغطية الطلب على أنواع المنظفات الصناعية.

٦,٢ إنتاج الأوكسجين:

مع الاحتياج إلى العمل بالأوكسجين في بعض طرق تحضير الغاز المصنع أو تفاعل (F-T)، فمن اللازم إقامة وحدة لفصل الأوكسجين من الهواء، وتعتمد طريقة الفصل على الامتصاص المتردد للهواء، سواء تحت ضغط مرتفع أو منخفض، مع استخدام مواد امتصاص خاصة، مثال غشاء من البلمرات (Membrane).

لتغطية الاحتياج إلى كميات كبيرة من الأوكسجين، أي لإمداد وحدات (GTL) الكبيرة، فيتم تبريد الهواء ليصبح سائلا ثم التقطير لفصل الأوكسجين عن الهواء، ويتم ذلك بعمليات التقطير ذات الكفاءة العالية، ويختلف عدد الأعمدة المستخدمة في هذه العملية طبقا لكميات الأوكسجين اللازم توافرها، وتستهلك وحدات التقطير

كميات كبيرة من الطاقة، مما يعني ارتفاع معدلات الاستثمار، إضافة إلى أن مصاريف التشغيل مكلفة، لذا يعمل على الاستفادة من النواتج من الغازات المصاحبة، مثال: النيتروجين، الهيدروجين، ثاني أكسيد الكربون... إلخ، بطرحها لتباع بالأسواق المختلفة. يمثل الشكل رقم (٢، ٤) مراحل عملية فصل الأوكسجين.



شكل رقم (٢، ٤): مراحل عملية فصل الأوكسجين.

٧،٢ إنتاج زيوت التزيت الأساسية:

استخدمت تكنولوجيات (GTL) في إنتاج زيوت التزيت الأساسية، غير المحتوية على إضافات، حيث تميزت بأنها عالية الجودة مقارنة بزيوت التزيت الأساسية التي يتم إنتاجها بالطرق التقليدية من تكرير الخامات البترولية.

استقرت عمليات إنتاج زيوت التزيت الأساسية من الخامات البترولية، على استخدام المتخلف الثقيل المتبقي بعد عمليات التقطير الفراغي، والتي تجري على المتبقي بعد التقطير الجوي، حيث اتبع في إنتاج هذه الزيوت الخطوات التالية:

١. الاستخلاص بالمذيب لفصل نسبة من العطريات.
٢. إجراء فصل للشموع لتحسين سيولة هذه الزيوت عند درجات الحرارة المنخفضة.
٣. المعالجة بالهدرجة لتحسين الخواص الكيميائية والأدائية، خاصة من حيث التخلص من الكبريت والأولفينات.

حققت الزيوت الناجمة على هذا النحو الخواص التالية:

١. معامل لزوجة ٨٥-١٠٥ حد أقصى، ومعامل اللزوجة رقم عددي يتم تحديده بقياس لزوجة الزيت عند درجتي حرارة ٤٠ و ١٠٠م°، وكلما ارتفع هذا الرقم دل على أن لزوجة الزيت تحقق نقصًا محدودًا عند ارتفاع درجة حرارة الاستخدام.

٢. معدل تطاير مرتفعًا، في الاختبار المعروف باسم مبتكرة (NOACK)، حيث يجري تسخين كمية ٦٥ جرامًا من الزيت المختبر عند درجة حرارة ٢٥٠م° تحت ضغط ٢ بار لمدة ساعة واحدة، ثم يبرد الزيت لفترة ٣٠-٤٥ دقيقة، ويعاد الوزن ليتم احتساب النسبة المئوية للفاقد في الوزن، وكلما ارتفعت نسبة الفاقد كان ذلك دليلًا على ارتفاع معدل التطاير.

فشلت محاولات خفض لزوجة الزيوت المنتجة بهدف تحقيق خفض في استهلاك الوقود، إذ كلما انخفضت اللزوجة ارتفعت نسبة الفاقد بالتطاير، وبالتالي زيادة معدلات الاستهلاك من الزيوت، وبذلك لم تحقق هذه النوعية من الزيوت إمكانية زيادة فترات أو مسافات استخدامها.

وطبقًا للتقسيم المحدد من قبل جمعية مهندسي السيارات الأمريكية Society of Automotive Engineers (SAE) حملت هذه الزيوت على المسمى Group I&I⁺، زيوت Group I، وتصنف بأنها أول ما أنتج من زيوت التزيت الأساسية، حيث استخدم في الإنتاج معالجة المتبقي الثقيل من التقطير الفراغي، بالترشيح مرورًا على طبقة من الطفلة، ثم الكبريتة بحامض الكبريتيك. وهذه الطريقة استبعدت حاليًا تمامًا، حيث كانت الزيوت منخفضة الجودة (معامل لزوجة أقل من ٩٥) مع سرعة الأكسدة وارتفاع معدلات التطاير، ثم تطور الإنتاج بالاستخلاص بالمذيب ثم الهدرجة، حيث تراوح معامل اللزوجة ٩٥-١١٠ وحملت مسمى Group 1⁺.

أعقب ذلك إنتاج زيوت Group II & II⁺ بزيادة شدة الهدرجة، مما أمكن معه رفع معامل اللزوجة للنتائج إلى حدود ٩٥-١١٩. ثم مع التطور في كفاءة عمليات الهدرجة تحقق إنتاج زيوت ذات معامل لزوجة ١٢٠-١٤٠ وحملت مسمى Group III & III⁺

ومنذ عقد التسعينيات من القرن العشرين استقرت صناعة زيوت التزيت على هذا النحو، وكان ذلك أفضل ما يتم إنتاجه من تكرير للخامات البترولية، لكن ما الاحتياج إلى زيوت منخفضة اللزوجة ومنخفضة التطاير، وفي الوقت ذاته مرتفعة معامل اللزوجة، كان ذلك الدافع وراء التحضير الكيميائي لأنواع من الزيوت، من

أهمها زيوت البولي ألفا أوليفينات (PAO) Poly-Alpha Olefins، حيث حققت معامل لزوجة يزيد عن ١٤٠ ويصل إلى ١٦٠ أو أعلى، وذات خواص جيدة عند كل من درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة.

يشتمل الجدول رقم (١، ٢) على مقارنة الخواص لهذه الأنواع من زيوت التزيت الأساسية حيث يلاحظ الآتي:

- التطور في إنتاج زيوت التزيت حقق خفضاً في اللزوجة، وتحسناً في الثبات ضد الأكسدة، وخفضاً في سرعة التطاير، وهذه جميعاً إيجابيات مطلوبة.
 - حقق هذا التطور خفضاً في المقدرة على الإذابة، خاصة لأنواع الإضافات الكيميائية أو الرواسب التي تتكون أثناء الاستخدام في المحركات والآلات (أي عند درجات الحرارة المرتفعة)، وهذه جميعاً سلبيات غير مطلوبة.
 - امتازت الزيوت من مجموعة APO&III بخواصها الجيدة عند درجات الحرارة المنخفضة، مع تحقيق كفاءة جيدة لعملية التزيت.
- جدول (١، ٢): مقارنة خواص وأداء أنواع زيوت التزيت الأساسية.

المجموعة	الخواص	I&I ⁺	II&II ⁺	III&III ⁺	PAO	GTL
حدود معامل اللزوجة	١٠٥-٨٥ & ١١٠-٩٥	١١٠-٩٥ & ١١٩-٩٥	١٤٠-١٢٠	١٦٠-١٢٠	١٦٠-١٤٠ أو أعلى	
اللزوجة بطريقة سيولت عند ٤٠°م، ثانية	٢٥٠٠-١٠٠	٦٠٠-١٠٠	٢٥٠-١٠٠	٢٥٠-١٠٠	٢٥٠-١٠٠	٢٠٠-٥٠
الثبات ضد الأكسدة	مقبولة	جيدة	جيدة-ممتازة	ممتازة	ممتازة	ممتازة
سرعة التطاير	مقبولة-مرتفعة	مقبولة-جيدة	جيدة-جيدة جداً	ممتازة	ممتازة	ممتازة
المقدرة على الإذابة	جيدة جداً	مقبولة / جيدة	مقبولة	مقبولة	مقبولة	ضعيفة
الخواص على البارد	مقبولة	مقبولة/جيدة	جيدة/جيدة جداً	ممتازة	ممتازة	ممتازة
كفاءة التزيت	متوسطة	متوسطة	جيدة	متوسطة	متوسطة	متوسطة

١,٢,٢ طرق إنتاج الشموع وزيوت التزيت الأساسية :

تسير الخطوات طبقا لتكنولوجيات (GTL)، مع التحكم في عملية (F-T) لتكوين الجزئيات من الهيدروكربونات، مما يحقق رفع عدد ذرات الكربون بها إلى ٦٠ ذرة، حيث يتراوح المنتج المحضر بين عدد ذرات كربون ٣٠-٦٠، وبذلك تتكون أنواع من الشموع البارفينية، والتي تستخدم على حالتها كشموع، أو يتم معالجتها بإجراء عملية التكسير مع الهدرجة لإنتاج أنواع من زيوت التزيت، حيث تحقق الخواص التالية:

- ارتفاع معامل اللزوجة إلى أعلى من ١٤٠.
- انخفاض معدل التطاير
- الخلو من الكبريت، والنيروجين، والعطريات.
- الخواص الجيدة عند درجات الحرارة المنخفضة.
- الثبات العالي ضد الأكسدة.

لكن يعيب هذه الزيوت انخفاض المقدرة على الإذابة لانخفاض نسبة احتوائها على العطريات، حيث إن العطريات لها المقدرة العالية على إذابة الإضافات، وأيضا الرواسب التي تتكون وتتجمع أثناء استخدام الزيوت، وذلك العيب من الممكن علاجه باستخدام إضافات لرفع كفاءة التزيت، وتلك نوعية من الإضافات منخفضة الثمن، وتستخدم بتركيزات محدود جدا.

حققت الزيوت المنتجة بتكنولوجيات (GTL) عدة مميزات في الأداء كزيوت للمحركات، وذلك على النحو التالي:

- الخفض في استهلاك الوقود نظرا لأنها ذات لزوجات منخفضة.
- إطالة فترات استخدام الزيوت لانخفاض معدل التطاير.
- خفض الانبعاثات خاصة الملوثة للبيئة؛ لأنها خالية من الكبريت، والنيروجين، والعطريات.

يقدر أن الإنتاج الحالي من زيوت (GTL)، في حدود ١٣٠ ألف برميل/يوم، ومن المتوقع أن يتزايد الاستهلاك سريعا لتصل الطاقة الإنتاجية المطلوبة إلى حدود ٢٥٠ ألف برميل/يوم.

يُحسب هذه الزيوت المنتجة بتكنولوجيات (GTL) أنها عالية الجودة، تحقق فترات استخدام طويلة، تزيد عن ١٠ آلاف كيلو متر قبل الاحتياج إلى تغييرها أو إكمالها بزيوت جديدة، كذلك تطيل الفترات الزمنية بين عمليات الصيانة اللازم إجرائها على المحركات.

وإذا ما كان الاتجاه إلى خلط زيوت (GTL) مع الزيوت المنتجة من تكرير الخامات البترولية، فمن اللازم إجراء اختبارات التقييم معمليا وأدائيا لتحديد الآتي:

- معدل الشبات ضد الأكسدة.
- التوصل إلى الكفاءة المقبولة لإذابة الإضافات.
- خفض الاستهلاك من الوقود.
- تحقيق السلامة البيئية.
- التجانس مع الرواسب التي تتكون أثناء الاستخدام.

وقد يكون من المهم إجراء الأبحاث وعمليات التطوير، لإنتاج أنواع جديدة من الإضافات تحقق الأداء الجيد، عند إذابتها في هذه الأنواع من الزيوت الأساسية البارفينية (زيوت GTL).

٨,٢ الوحدات العائمة لإنتاج السوائل:

تزداد أهمية الغاز الطبيعي كوقود نظيف، سواء لتوليد الكهرباء، أو الاستخدامات المنزلية، أو كوقود للمحركات أو للاستخدامات الصناعية وغيرها. ولكن مع تنامي حقول الغاز الواعدة والواقعة في الأماكن البحرية البعيدة عن أماكن الاستخدام، فإن ذلك يرفع من تكاليف النقل، سواء كغاز طبيعي مسال أو مضغوط ومدفع داخل خطوط الأنابيب، أو تحمله السفن المجهزة بوسائل عزل جيدة، لذلك كان الاتجاه إلى إيجاد سفن (مسطحات) يمكن أن تقف مجاورة لحقول الغاز داخل البحار والمحيطات. ويتم إقامة الوحدات التالية عليها: وحدة إنتاج الغاز المصنع، وحدة إجراء تفاعل (F-T)، وحدات تعبئة الناتج من وسائل للنقل داخل براميل أو بواخر إلى أماكن الاستهلاك، بتكلفة منخفضة مقارنة بالتكلفة اللازمة لنقل الغاز الطبيعي.

لذلك تركزت هذه التكنولوجيات على بناء وحدات عائمة وحاملة لوحات المفاعلات اللازمة، مع الاستفادة من الحرارة الناتجة من التفاعل في توليد البخار والتيار الكهربائي، وبذلك تعتبر أكثر اقتصاديا بالمقارنة بوحدات إسالة أو ضغط الغاز الطبيعي، كذلك لا يوجد احتياج إلى عقد اتفاقات شراء أو تصدير لفترات زمنية

طويلة (تصل إلى ٢٠ عام أو يزيد)، وكما هو حادث حالياً (مثال دولة قطر عند تصدير الغاز المسال).

تركز الهدف من هذه الوحدات القائمة على تعظيم العائد الاقتصادي من حقول الغاز الطبيعي الواقعة داخل المياه، وعلى نحو مماثل للموجودة في الصحراء والأماكن النائية البعيدة عن الأسواق وأماكن الاستخدام.

تعد هذه الوحدات القائمة مناسبة للتعامل مع حقول الغاز الصغيرة، أي بطاقة ١-٣ بليون قدم مكعب، إذ يقدر أن الناتج بعد معالجة واحد بليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي، من الممكن أن يحقق إنتاجاً من السوائل بحدود ١٠٠-٢٠٠ مليون برميل، وهو ما يعتبر إضافة جيدة إلى أسواق السوائل، وللإستخدامات كوقود في مجالات الطاقة، مع تميز هذا الوقود بالاحتراق النظيف، نظراً لأنه خالي من الكبريت، النتروجين، والعطريات. كذلك يحقق وقود الديزل ارتفاع رقم السيستان (أعلى من ٧٠)، وبذلك يمكن خلطه مع الديزل الأقل جودة والمنتج من تكرير الخامات البترولية لتحسين خواصه الكيميائية والأدائية.

والنافتا المنتجة تستخدم في تغذية وحدات التكسير لإنتاج الإيثلين اللازم للصناعات البتروكيميائية.

يعتبر ذلك استخداماً جيداً للغاز الطبيعي، مع تعظيم للعائد الاقتصادي، خصوصاً إذا كان هناك احتياج إلى استيراد الخام البترولي أو أنواع الوقود السائل الناتجة من التكرير، ومما يساعد بالتأكيد على التنمية الاقتصادية.

١,٨,٢ التكنولوجيا المستخدمة :

استناداً إلى التفاعل ذاته والميكانيزم المطبق في وحدات (GTL)، فيتم إتباع الخطوات التالية:

- الأكسدة الجزئية (PO_x) دون احتياج كبير إلى التسخين، مما يتيح إنتاج الهيدروجين وأول أكسيد الكربون، عند النسبة الصحيحة (CO : H₂) (1:2.1)، ويتم التدفيع مباشرة إلى تفاعل (F-T) مع استخدام النسبة الصحيحة لخليط الهيدروجين مع أول أكسيد الكربون، إذ إن ارتفاع نسبة الهيدروجين يدفع إلى إنتاج الميثان، أو ما يطلق عليه مصطلح (Methanation)، بينما ارتفاع نسبة أول أكسيد الكربون يدفع إلى ترسيب الكوك على أجزاء المفاعل وجزيئات العامل المساعد.

- يتم تفاعل (F-T) في مفاعل البخار مع الميثان، ويحتوي على الأنابيب المثبتة في صندوق كبير للتسخين (Fire Box)، وبه وحدات إشعال تقوم بإنتاج الحرارة اللازمة لبدء التفاعل.

- مفاعل الأكسدة الجزئية، حيث تتم الأكسدة بنسبة 1: 0,5 من الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون، مع وجود عامل مساعد، كذلك لنسبة 2,5: 4 من الهيدروجين إلى أول أكسيد الكربون مع عدم وجود عامل مساعد، ويحتوي هذا النظام على وحدة للإشعال والتسخين مع استخدام كميات كبيرة من البخار؛ للحد من تكوين وترسب الكربون في صورة هباب وإتلافه للعامل المساعد.

وحيث إن هذه الأنظمة للمفاعلات لا تنتج النسب الصحيحة من الغاز المصنع فلابد من إضافة وحدات معدلة للنسب لتكون في المعدل الصحيح، ومن الممكن أن يصاحب ذلك إعادة التدوير لغاز ثاني أكسيد الكربون أو باستخدام الهيدروجين، إذا ما كانت توجد كميات فائضة منه.

ويتميز مفاعل الأكسدة الجزئية بصغر الحجم، وبذلك يكون أفضل من المفاعل التقليدي للبخار ذي الحجم الأكبر.

يمكن استبدال الأوكسجين بالهواء في مفاعل الأكسدة الجزئية، حيث يصبح تأميناً لمخاطر الأوكسجين، مع ملاحظة انبعاث نسبة مرتفعة من النتروجين مع الغاز المصنع، وبذلك يعتبر أكثر تعقيداً في العمل، مع الاحتياج إلى جمعه لفصله عن الأوكسجين، لكن مع عدم الاحتياج إلى إعادة نظم التدوير لثاني أكسيد الكربون، واللازمة كما سبق الذكر لخفض ترسب الكربون.

٢,٨,٢ قواعد السلامة في بناء الوحدات العائمة:

من أكثر احتمالات المخاطر في الوحدات الكيميائية، مثال وحدات (GTL)، تأتي أثناء عملية البناء وتركيب المفاعلات مع اللازم من المرافق والوحدات، وتزداد هذه الاحتمالات للمخاطر عند بناء الوحدات العائمة؛ خاصة إذا ما تم ذلك بالقرب من آبار الغاز الطبيعي الواقعة في الأماكن البحرية النائية؛ أي بعيداً عن البنى الفوقية والمرافق والخدمات، ومما يوجب بالتالي الحرص على إتمام عمليات البناء والتجميع قبل أن تنقل إلى أسطح الوحدات العائمة، أي بجوار آبار الغاز الطبيعي، حيث يتم ذلك في بيئة آمنة ومحكمة، ومحقة للسيطرة على المخاطر، مثال استخدام قواعد من الأسطح، يمكن دفعها للانزلاق ثم للتثبيت فوق الوحدات العائمة، وكذلك الإعداد

المسبق للوحدات العائمة بالتركيبات اللازمة لاستقبال هذه الأسطح المنزلفة الحاملة للمفاعلات، مع ملاحظة أن المفاعلات ومشتملاتها تشكل أوزاناً مرتفعة نسبياً، مما قد يجعل من الصعب تحقيق ذلك الإجراء، لذلك يفضل أحياناً بناء كامل الوحدات فوق الوحدات العائمة مع التجميع اللازم، قبل نقلها إلى آبار الغاز الطبيعي، حيث يكون بدء التشغيل في إطار محدود، لذلك تتم التفرقة بين نوعين من الوحدات العائمة:

١. الوحدات العائمة التي تجهز للعمل داخل المحيطات، أي أن تكون مجهزة لأن تقام في الأجواء العاصفة والأمواج المرتفعة.

٢. الوحدات العائمة التي تجهز للعمل فوق المياه الهادئة، بعيداً عن احتمالات النوات، حيث يمكن تبسيط الوحدات مع إمكانية البناء والتجميع الكامل في مواقع بناء السفن أو الإصلاح والصيانة لها، ثم يلي ذلك إمكانية نقلها أو شحنها إلى موقع البناء النهائي بجوار مواقع آبار الغاز، وهذا النوع من الوحدات العاملة في المياه الهادئة هو المفضل، حيث يحقق إمكانية المزيد من التبسيط في التصميم، نظراً لمحدودية الحركة المتوقعة.

٢،٨،٢ النقل والتصرف للسوائل المنتجة:

يلزم أن يكون مع ومتوافقاً بجوار الوحدات العائمة وحدات أخرى مجهزة لاستقبال السوائل المنتجة وتخزينها، ثم نقلها إلى أماكن الاستخدام والأسواق. هذه المرحلة توصف بأنها الواقعة بين مراحل البحث والتنقيب والإنتاج، ومراحل التكرير والتصنيع، أي تحقق صحة ما يطلق عليه أنها المرحلة المتوسطة.

وقد وصف التصميم الذي قدم في مؤتمر جمعية مهندسي البترول الأمريكية في عام ٢٠٠٥، بأنه تصميم جيد يؤدي إلى تحقيق اقتصاديات مناسبة، وطبقاً لحقائق علمية مؤكدة، وإن كان قد ربط التطوير للتكنولوجيات بالاعتماد على العوامل التالية:

١. التقدم المتحقق في الكيمياء العضوية والكهربائية.
٢. استخدام النظم الذكية للوحدات.
٣. الاستفادة بأنواع الروبوت ونظم الاستشعار عن بعد.
٤. الاستفادة بالمواد الجديدة.

٩,٢ مقارنة تكنولوجيايات (GTL) مع تكنولوجيا (LNG):

تكنولوجيايات (GTL) مظلة لمجموعة من التكنولوجيايات التي تستخدم في إنتاج أنواع من الوقود السائل النظيف، الشموع البارفينية، زيوت التزيت عالية الجودة، العديد من الكيماويات وجميعها سوائل ذات ضغط بخاري منخفض وبها يسمح بشحنها بتكاليف منخفضة.

تعتمد تكنولوجيايات (GTL) على استخدام الغاز الطبيعي كمادة لقيم، أو تستخدم الفحم (CTL)، أو الكتلة الحيوية (BTL)، في تفاعل (F-T) وباستخدام العوامل المساعدة من معادن الحديد، الكوبالت، النيكل.

تعتبر تكنولوجيايات (GTL) الحل الأمثل لتعظيم الاستفادة باحتياطي الغاز الطبيعي الواقع في المناطق النائية، أو داخل البحار والمحيطات، وبذلك تتحقق الاستفادة الاقتصادية الجيدة بهذا الاحتياطي من الغاز الطبيعي؛ نظرا لانخفاض تكلفة نقل السوائل مقارنة بتكاليف نقل الغاز، سواء في صورة غاز مسال (LNG) أو غاز مضغوط (CNG)، ويوصف الاحتياطي من الغاز الطبيعي بأنه لا قيمة اقتصادية له أو على الأفضل أن له قيمة اقتصادية منخفضة.

يتماثل (GTL) مع (LNG) في أن كلاهما يحول الغاز الطبيعي إلى سوائل، لكن (GTL) ينتج العديد من أنواع السوائل الثابتة كيميائيا وطبيعيا، وعلى نحو يماثل السوائل المنتجة من تكرير الخامات البترولية، ولكن (LNG) هو تحويل فقط للغاز من الحالة الغازية إلى السائلة بتبريده إلى درجة حرارة -162°م تحت ضغط، أي التحول إلى سائل الميثان (CH₄)، والذي يلزم تحويله إلى غاز ثانية عند وضعه في الظروف العادية من حرارة وضغط، ولكن كلتا التكنولوجيايات تشتركان في أن كلاهما تحتاج إلى استثمارات مرتفعة لإنشاء الوحدات اللازمة.

عند المقارنة بين (GTL) مع (LNG) اقتصاديا يتضح الآتي:

لو افترض أن كمية ٥٠٠ مليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي يتم تحويلها يوميا بتكنولوجيايات (GTL) إلى سوائل، فإن الناتج من وقود الديزل لا يشكل أكثر من ٠,٢٪ من الطلب العالمي على هذا الوقود، أما إذا حولت الكمية ذاتها من الغاز الطبيعي إلى (LNG)، فإن الناتج يصل إلى ٤٪ من الطلب العالمي على الغاز الطبيعي، وبذلك فإن وحدة واحدة بتكنولوجيايات (LNG)، يصل تأثيرها الاقتصادي إلى ٢٠ ضعف تأثير وحدة واحدة تعمل بتكنولوجيايات (GTL)، دون النظر إلى ما يحققه من

فوائد الإنتاج المتميز من أنواع السوائل، أو أن تكنولوجيات (GTL) لا تتضمن تكاليف إنشاء الوحدات اللازمة لإعادة الغاز الطبيعي المسال إلى الحالة الغازية.

١٠,٢ التطورات في تكنولوجيات (GTL)

تشتمل التطورات في تكنولوجيات (GTL) على الآتي:

١. تطوير طرق الفصل بين المركبات، أي الفصل بين المدخلات والنواتج، بما في ذلك الغاز المصنع المنبعث خلال عملية التحول والمدفع إلى مفاعل (F-T)، مما يتيح استخدام مدخلات متنوعة، مثال: (إثيلين، برويلين، ... إلخ)، السوائل (كحولات: ميثانول، إيثانول)، حامض الخليك (Acetic Acid)، أسيتون (Acetone) ... إلخ، وبالتالي الحصول على نواتج متنوعة.
 ٢. استخدام غشاء مطاطي على السيراميك (Ceramic Membrane)، يطلق عليه مسمى غشاء السيراميك، لفصل الأوكسجين من الهواء، حيث يمر الأوكسجين خلال هذا الغشاء المطاطي، في صورة أيونات ذات نشاط مرتفع، مما يحقق الاتحاد المباشر مع الغاز الطبيعي في تفاعل أكسدة جزئي (PO_x - Partial Oxidation)، وبذلك لا يكون هناك احتياج إلى إقامة وحدة مستقلة لفصل الأوكسجين من الهواء، وبالتالي يصل الوفرة في تكاليف الإنشاء إلى ٣٥٪.
 ٣. التطوير في تكاليف إنشاء الوحدات الصغيرة العائمة، بما يحقق خفض التكلفة، وبالتالي التوسع في إقامة وتجهيز هذه الوحدات لتكون بالقرب من حقول الغاز الطبيعي في المواقع النائية داخل أعماق البحار والمحيطات، أو الناتجة من حقول الخام البترولي المحتوية على غاز طبيعي مصاحب (Associated)، وبالتالي يمكن خفض التكاليف على نحو جيد.
 ٤. العمل على استخدام عوامل مساعدة ذات نشاط كيميائي، وأثمان اقتصادية، بديلاً عن الأنواع التقليدية.
 ٥. استخدام مفاعلات تحتوي على طبقة ثابتة في وضع أفقي، مما يسهل إدماجها في الوحدات القائمة.
- هذه التطورات في التقنية تلقى اهتماماً كبيراً من الشركات ومراكز الأبحاث العلمية، لذا فإنها في تطور مستمر، وبما حيزاً لو بدأت المراكز العربية للأبحاث في الاهتمام بها، مع التخطيط في المستقبل إلى إقامة شركات عربية، تساهم في هذه الجهود.

مراجعة المنشور حول البحث والتطوير تجده يركز على العوامل المساعدة، مع الفصل بين المقترح للتنفيذ خلال البرامج الزمنية القصيرة، أي في المدى القريب أو التي يجري تنفيذها خلال البرامج الزمنية الطويلة، على النحو التالي:

مقترحات للتنفيذ في المدى القريب:

١. تحضير شموع ذات توزيع محدود للوزن الجزئي، وبالتالي تكون أكثر تجانساً أي مكونة من خليط من مركبات متماثلة في الخواص، وقد حققت بعض التكنولوجيات، إلى حد كبير، ذلك الهدف.
٢. دراسة أسباب فقدان العامل المساعد للثبات، وبما يحقق رفع الكفاءة وتحسين طرق وظروف التشغيل، وصولاً إلى مدى واسع من الثبات.
٣. اختيار عوامل مساعدة ذات كفاءة عالية، من حيث المركبات الجاري تحضيرها، وبما يسمح في العمليات المباشرة، خاصة الجارية إلى إنتاج الإيثانول (الكحول الإيثيلي) باستخدام الغاز المصنع.
٤. التحسين في كفاءة العامل المساعد، وبما يحقق الزيادة في فاعلية الطاقة المتولدة، وخاصة لإنتاج الميثانول.

مقترحات للتنفيذ في المدى البعيد:

١. استخدام العامل المساعدة البيولوجية (Bio-Catalysis) في عمليات تحويل الغاز المصنع إلى أنواع السوائل المختلفة، وبما يحقق العديد من المميزات الداعمة لذلك الاتجاه.
٢. التوصل إلى طرق تحد من تسمم العامل المساعد، خاصة بالكبريت أو العوامل والمركبات الأخرى، وبما يحقق بالتالي الحد من التفاعلات غير المرغوب فيها، مع التوصل إلى المركبات المستهدف تحضيرها.
٣. دراسة تأثير حجم الجزئيات بما يحقق الرقابة على هذه الجزئيات، مع حساب إمكانية التطبيق العملي لكل من أنواع العوامل المساعدة.
٤. استخدام المركبات العضوية المعدنية وكذلك المخاليط منها، مع التحكم في العوامل التركيبية والإلكترونية لجزئيات العامل المساعد.
٥. دراسة استخدام المعادن من العناصر الانتقالية وبيان الفوائد المتحققة.

٦. تبين العوامل الحاكمة لطول السلسلة من المركبات المحضرة، مع منع حدوث تفاعل البلمرة، أي إيقاف سلسلة التفاعل عند حد معين، وذلك مرتبط بميكانيزم العامل المساعد وصولاً إلى الحد المطلوب.
 ٧. التوصل إلى أنواع من المعادن الداعمة والمساعدة على تعديل وتطوير التركيب، وقد يكون من الوارد استخدام عدة معادن معا في تركيب واحد.
 ٨. النجاح في اختيار العوامل المساعدة الثنائية، أي التي تعمل على تحفيز كل من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون، مما يسمح بإيجاد وسيلة لإحكام الأداء والرقابة على العامل المساعد المستخدم.
 ٩. التوصل إلى أنواع من العوامل المساعدة الممكن استخدامها عند انصهارها، وبما يسمح بتحضير جزئيات محددة ولازمة لأنواع الوقود، خاصة لتحسين الخواص، وربما إن ذلك الهدف لا يزال بعد حديثاً.
 ١٠. استخدام عوامل مساعدة تحقق خواص كيميائية غير متوقعة أو معتادة، وبالتالي يلزم التعديل في خواص هذه العوامل المساعدة.
 ١١. إيجاد تركيبات غير عضوية، مثال أنواع من السيراميك، الزيوليت، ... إلخ، وبما يحقق التحسن في خواص العامل المساعد المستخدم.
- إضافة إلى جميع ما سبق من مقترحات للبحث والتطوير، فمن الأساسي والمهم توفير التمويل اللازم، خاصة المراحل الأولى للتجهيز والإعداد، ثم ما يلي ذلك من خطوات، كذلك من المهم إيجاد سبل التعاون البناء والفعال بين: الجامعات، المراكز البحثية، الوحدات الصناعية، المعامل المتخصصة... إلخ، مع وضع الأهداف وتحديد مراحل وفترات التنفيذ، وفي إطار خطة متكاملة تغطي مختلف الجوانب: الهندسية، الكيميائية، التكنولوجية، التنفيذية، الاقتصادية... إلخ، مع الأخذ في الاعتبار إمكانيات التطبيق وإعداد الدراسات الفنية والاقتصادية وتحديد مؤشرات الجدوى.

المداخلة ١,٢

مجالات أساسية للبحث والتطوير

- ❖ تحسين مواصفات الإنتاج.
- ❖ زيادة الناتج من تفاعل (F-T).
- ❖ خفض تكاليف التصنيع.
- ❖ تحسين كفاءة العوامل المساعدة، مع الإقلال من سرعة التدهور.
- ❖ التوصل إلى عوامل مساعدة جديدة أو بيولوجية.
- ❖ تطوير المفاعلات إلى الأصغر حجماً والأقل وزناً والأكثر إنتاجاً.
- ❖ الإسهام في نجاح عمليات التسويق والعائد المادي المتحقق.
- ❖ تكامل وحدات الإنتاج مع كفاءة الاستفادة من الطاقة.
- ❖ تحسين جودة الغاز الطبيعي.
- ❖ كفاءة استخدام المصادر البديلة للغاز الطبيعي، مثال: الفحم، الصخر الزيتي، الكوك البترولي، الكتلة الحيوية من نباتات أو قمامة أو خلافة.

المداخلة ٢,٢

أسئلة مطروحة حول البحث والتطوير في الدول العربية

- ❖ متابعة الذي تقوم به الوحدات القائمة حالياً في مجالات (GTL).
- ❖ كيفية تنشيط ودعم هذه الوحدات.
- ❖ تحديد الموضوعات اللازم التركيز عليها وإعطاؤها الأولويات.
- ❖ حجم الدعم الحكومي، ودرجة ارتباطه بالوحدات الصناعية، ومدى التفاعل مع مشروعات (GTL).
- ❖ درجة الاستفادة من الصناعات البترولية القائمة، خاصة من حيث الاستفادة بالبنى الفوقية.

يشمل الجدول رقم (٢,٢) على بيان التطور في إعداد براءات الاختراع في مراحل صناعة (GTL)، اعتباراً من عام ١٩٧٥ وصولاً إلى عام ٢٠٠٨، في كل من مرحلة تحضير الغاز المصنع، ومرحلة تفاعل (F-T)، مع ملاحظة أن عدداً من براءات الاختراع يتضمنن كلتا المرحلتين.

الجدول رقم (٢,٢): التطور في إعداد براءات الاختراع في مراحل صناعة (GTL).

الفترة	مرحلة تحضير الغاز المصنع	مرحلة تفاعل (F-T)
ما قبل عام ١٩٧٥	صفر	صفر
١٩٧٦ - ١٩٨٠	٥١	٣٣٤
١٩٨١ - ١٩٨٥	١٩٠	٣٩٤
١٩٨٦ - ١٩٩٠	٢٦٥	٤٤٣
١٩٩١ - ١٩٩٥	٢٥٠	٥١٤
١٩٩٦ - ٢٠٠٨	٤٣٣	١٠٠٨
الإجمالي	١١٨٩	٢٦٩٢

أي إن براءات الاختراع قد شهدت تزايداً اعتباراً من بداية عقد الثمانينيات، وصولاً إلى منتصف التسعينيات، حيث حدثت قفزة كبيرة، مما أدى إلى أن تتضاعف عددياً، نتيجة لما بذل من مجهودات في البحوث والدراسات، ساعد على ذلك الترايد أن التكنولوجيات في حيز الاستخدام، كذلك دخلت المنتجات في المراحل التسويقية والتجارية، مما حفز الشركات الرائدة والمستخدمة على بذل الجهود في هذه المجالات، وعملياً فإن الشركات البترولية العملاقة لها برامجها للبحث والتطوير، والبعض منها، داخل في تحالفات مشتركة، ساعد على ذلك أيضاً الشركات العاملة في مجالات النفط والغاز، لكن مع ملاحظة محدودية المشاركة من الشركات العربية أو المراكز البحثية العربية في هذه الأنشطة.