الباب الرابع

وقود الديزل والطائرات والصواريخ

الباب الرابع

وقود الديزل والطائرات والصواريخ

وقود الديزل والوقود الغازي :

أن مسحوق الكربون العالق فى الهواء والذي استخدم كوقود فى آلة الديزل فى بداية الأمر يكون خليطًا قابلاً للاشتعال بمجرد زيادة الضغط أو تعريض الخليط إلى لهب أو شرارة كهربائية . ولم يكتب النجاح لهذه الآلة إذ قد تعرضت إلى إنفجار وقد اضطر مخترعها إلى استبدال مسحوق الكربون بوقود الديزل. وفى هذا النوع من الآلات الديزل يسحب الهواء إلى داخل الأسطوانة ويضغط إلى ما يقارب 3445×10^3 نيوتن / م^2 . ويكون هذا الانضغاط مصحوباً بارتفاع عال فى درجات الحرارة إلى ما يقارب 540 م° وعند اكتمال مرحلة الانضغاط يضخ وقود الديزل على شكل قطرات صغيرة حيث تلامس الهواء الحار وتبدأ فى الاحتراق وهذا بدوره يرفع كل من درجة الحرارة والضغط ويعجل فى حركة ضربة المكبس السفلي .

مراحل الاحتراق :

تنقسم عملية احتراق الوقود فى آلات الديزل إلى أربعة مراحل :

1- تضخ قطرات الوقود فى الهواء الساخن جداً حيث تمتص هذه القطرات الحرارة وتتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية .

2- تحترق هذه الأبخرة المتطايرة وتزيد من درجة الحـــرارة والضـــغط داخل الاسطوانة .

3- تحترق قطرات الوقود التى لا تزال تتدفق داخل الاسطوانة وتكـــون لهيباً يزيد من ضغط الغازات التى تدفع المكبس إلى نهاية الضـــربة السفلى .

4- ينقطع ضخ الوقود إلى داخل الاسطوانة وتســـتمر القطـــرات غيـــر المتبخرة أو الدهن الملامس إلى سطح الاســـطوانة الـــداخلي علـــى الاحتراق وتزداد شدة هذا الاحتراق عادة بوجود الترسبات الكربونية ويستغرق اكمال هذه الخطوات وقتاً صـــغيراً إذ لا يتعـــدى الجـــزء الصغير من الثانية .

كما يجب أن تكون فترة تسخين قطرات الوقود لحين حـــدوث الاحتـــراق قصيرة فى الديزل السريعة إذ أن فترة ضخ الوقود يجب أن تســـتغرق فتـــرة قصيرة جداً لأن القرقعة غالباً ما تحدث فى آلات الـــديزل بســـبب الاشـــتعال المؤخر (Retarded Ignition) أى عندما تكون فترة تسخين قطرات الوقود طويلة تؤدي إلى تجمع رذاذ من الوقود الاسطوانة وتكون نسبة المواد النفطية فى المزيج عالية مكونة خليطاً قابلاً للانفجار .

تكون عملية الاحتراق الجيدة بعد انتهاء فترة ضخ الوقود مصحوبة عـــادة بارتفاع منتظم فى الضغط إلى درجة قصوى . وهذا يتطلـــب فتـــرة تـــأخر (Delay period) قصيرة واحتراق منتظم وتعتمد فتـــرة التـــأخر (Delay period) على عدة عوامل:

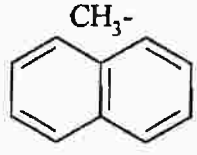
- تصميم الماكنة
- نوعية المحقنة

- حجم قطرات الوقود
- طريقة مزج قطرات الوقود مع الهواء

وهذه العوامل تؤثر على فترة التأخر ولكن العامل الرئيسي والمهم هو المواصفات الكيميائية لوقود الديزل .

العدد السيتاني (Cetane Number) :

يتم تحديد جودة وقود الديزل بطريقة مماثلة لتلك التي استعملت لتصنيف جازولين السيارات ، حيث تتألف الوقود القياسية المستعملة لتحديد العدد السيتاني من السيتان القياسي ($C_{16}H_{14}$ normal Cetane) والفامثيل نفتالين (α-methyl naphthalene) .

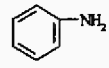


تشير الكلمة الفا إلى إن مجموعة المثيل تكون مرتبطة إلى قمة احدى الحلقات المندمجة والسيتان هو عبارة عن سلسلة اليكان مستقيمة . ويعتبر هذا النوع من الهيدروكربونات من أحسن أنواع وقود الديزل المنتجة تجارياً ولذلك أعطى عدداً سيتانياً مساوياً إلى 100 . تكون المركبات الحلقية بصورة عامة ، والمركبات العطرية بصورة خاصة ، وقود ديزل ردئ النوعية . فالفا مثيل نفثالين مثال على ذلك أعطى عدداً سيتانياً مساوياً إلى صفر . وتمثل السيتان في خليط من السيتان والفاميثيل نفثالين ذات طبيعة احتراق مشابهة للوقود المجرى عليه الفحص بالعدد السيتاني لذلك الوقود .

وتتطلب الآلات العالية السرعة وقود ذو عدد سيتاني 50 أو أكثر بينما تشتغل الآلات المعتدلة السرعة على وقود ذى عدد سيتاني 45 . وتستعمل الآلات البطيئة وقوداً ذا عدد سيتاني بحدود 25 ويلاحظ أن الخاصية المفضلة

فى وقود الديزل هى قابليته السريعة على الاشتعال عند ارتفاع الضغط . فمثلاً العدد السيتاني لمادة ايسواوكتان (iso octane) الذي يعتبر من أحسن أنواع الجازولين هو 22 . بينما الهيبتان القياسي (n-heptane) ذو العدد الأوكتاني صفر يكون ذا عدد سيتاني 64 .

دليل الديزل (Diesel Index) :

يرمز دليل الديزل إلى القيمة العددية التى توضح جودة وقود الديزل ويحسب عادة من معرفة أحد خواص الوقود الفيزيائية وهى الكثافة وخاصة كيميائية أخرى تسمي العدد الانيليني (API gravity and Aniline number) . يشير العدد الانيليني إلى درجة الحرارة التى عندها تصبح حجوم متساوية من الانيلين – مركب عضوى  ، والمشتق البترولي ، غير ذائبة فى بعضها البعض . لذلك فإن نقطة الانيلين تتناسب مع الكميات العطرية فى المشتق البترولي . ويعرف دليل الديزل بما يلي :

$$\text{دليل الديزل} = \frac{\text{نقطة الانيلين} \times \text{الكثافة}}{100}$$

محسنات وقود الديزل :

يمكن تحسين خواص وقود الديزل بإضافة بعض المركبات الكيميائية الخاصة مثل نترات الاثيل (Ethyl Nitrate) ونتريت الاثيل (Ethyl Nitrite) ونترات الامونيوم .

تستعمل أنواع عديدة أخري من المواد المضافة ولأغراض مختلفة . فمثلاً تستخدم مركبات مانعة التفاعل الكيميائي (Inhibitor) لتأخير أو منع تكوين الصمغ الراتنجي ، وجزيئات البولي هيدروكربونات الكبيرة لمنع حدوث تغييرات كبيرة فى خوص الوقود الفيزيائية مع ارتفاع درجات الحرارة. كذلك تستخدم بعض المواد المحسنة الأخرى التى تقلل من حدة الشد السطحى والتى بدورها تسهل من عملية انشطار القطرات الكبيرة وتسفر عن تكون رذاذ صغير متجانس .

وقود الطائرات النفط الأبيض (Kerosene):

النفط الأبيض أو زيت الفحم هو ناتج من التقطير للبترول الخام بين 175 إلى 200 °م . وكثافته بين 43 إلى 45 . ويعامل النفط الأبيض مع ثاني أكسيد الكبريت السائل عند درجة حرارة بين −12 م ، −10م وتحت درجة عالية من الضغط لمنع تبخير ثاني أكسيد الكبريت . وأثناء عملية المزج تذوب المركبات العطرية والمركبات المحتوية على الكبريت فى سائل ثاني أكسيد الكبريت ثم تفصل عن المذيب بعملية التقطير . وفى نهاية العملية يعامل النفط الأبيض المنقي بمحلول هيدروكسيد الصوديوم .

ومن الطرق الحديثة المتبعة لتحلية النفط الأبيض هى طريقة الهدرجة وهى معاملة النفط الأبيض بغاز الهيدروجين فى وجود عوامل مساعدة من الكوبالت – موليبدينوم وظروف معينة من الضغط والحرارة . وفى هذه الظروف تتفاعل المركبات المحتوية على عناصر الكبريت أو النيتروجين مع غاز الهيدروجين مكونة غاز كبريتيد الهيدروجين والأمونيا . كما أن معظم السلاسل غير المشبعة تتفاعل مع الهيدروجين مكونة سلاسل الألكان وبذلك يصبح الكيروسين ذو نقاوة وجودة عالية . ولقد استخدم النفط الأبيض

لأغراض التسخين فقط أولاً إلا أنه بعد اكتشاف الطائرات النفاثة فقد إزداد استهلاكه كوقود لمثل هذه الآلات .

وقود الصواريخ (Rocket Fuels) :

يشمل وقود الصواريخ مواد عادية مثل الجازولين والكيروسين ، ويكون معدل احتراق الوقود فى الصواريخ عال جداً مقارنة باستهلاك الطائرات النفاثة والتوربينات الغازية ويكون مصحوباً بارتفاع عال فى درجات الحرارة . فدرجة الحرارة فى موتور الصاروخ (Rocket Motor) تتراوح بين 2760 إلى 3310 °م ، بينما تتراوح درجة حرارة موتور الطائرات النفاثة بـ975م . يتم الحصول على هذا المعدل السريع من الاحتراق بواسطة استعمال الأكسجين السائل أو بعض المواد المؤكسدة القوية مثل 95 إلى 100 بالمائة بيروكسيد الهيدروجين وحامض النيتريك المدخن Fuming Nitric Acid .

وقود الصواريخ الصلب :

إن مصدر قوة الدفع فى الصواريخ المستعملة فى الألعاب النارية هو الغازات الساخنة والناجمة عن احتراق مسحوق البارود الصلب . وإن معظم الصواريخ القاذفة الصغيرة مثل صواريخ الطائرات بحجم 7 سم تحرق خليطاً من نايتروجلسيرين والنايتروسليلوز Nitroglycerine-nitrocellulose كما قد أثبتت التجارب إمكانية استعمال ثايكول Thiokel ، هيدرازين hydrazine بوراید معينة Certain Borides ، ومختلف البوليمرات Polymers كوقود صلب بعد اختيار العامل المؤكسد المناسب . ورغم

إمكانية تنظيم احتراق الوقود الصلب بتحديد مكونات وشكل وحجم حبيباته ، لا تزال عملية السيطرة على احتراقه معقدة مقارنة بتنظيم احتراق الوقود السائل.

الوقود الغازي

الغاز الطبيعي Natural Gas :

تطلق عبارة الغاز الطبيعي على الغاز المنتج عند سطح الأرض من التجمعات الجوفية التى يتفاوت يتفاوت تركيبها تفاوتاً بيناً والتى قد ترافق أو لا ترافق مباشرة تجمعات البترول الخام . ويحتوى الغاز – إلا فى حالات قليلة – على ما لا يقل عن 95% من الهيدروكربونات ، أما الباقى فيتكون من النيتروجين وثاني أكسيد الكربون يصحبها فى بعض الحالات نسبة ضئيلة من كبريتيد الهيدروجين . والمادة الهيدروكربونية الرئيسية هى غاز الميثان الذي هو أخف البارفينات الهيدروكربونية وأكثرها تطايراً . أما البارفينات الأثقل والتى تتميز بدرجة غليان أعلى ، وهى الايثان والبروبان والبيوتان والبنتان والهكسان والهيبتان ، فإنها توجد بنسبة متناقصة ، ومع أن ما يتراوح بين 70% إلى حوالي 100% حجماً من المواد الهيدروكربونية فى الغاز الطبيعي قد يتألف من الميثان ، فإن مركبات البنتان والمواد الهيدروكربونية الأثقل ، نادراً ما تشكل أكثر من 1–2% حجماً ، وقد تكون من الضآلة بحيث تبلغ ما يتراوح بين 0.1 إلى 0.2% حجماً . ويبين الجدول التالي الصيغ الكيميائية ودرجات الغليان للمواد الهيدروكربونية البارفينية الموجودة فى الغاز الطبيعي.

الصيغ الكيميائية ودرجات الغليان للمواد الهيدروكربونية البارافينية في الغاز الطبيعي

الاسم	الصيغة الكيميائية	درجة الغليان °م عند ضغط جوي واحد 013	ملاحظات
الميثان	CH_4	- 161.5	تكون غازية في الحالات الاعتيادية من الضغط الجوي والحرارة .
الايثان	C_2H_6	- 88.5	
البروبان	C_3H_8	- 42.2	
ايسوبيوتان	C_4H_{10}	- 12.1	
البيوتان الاعتيادي	C_4H_{10}	- 0.5	
ايسوبنتان	C_5H_{12}	27.9	تكون سائلة في الحالات الاعتيادية من الضغط الجوي والحرارة .
البنتان الاعتيادي	C_5H_{12}	36.1	
الهكسان	C_6H_{14}	69.0	
الهبتان	C_7H_{16}	98.4	
الاوكتان	C_8H_{18}	125.6	

ويتبين من هذا الجدول أن الميثان والايثان والبروبان ومركبات البيوتان هى مواد غازية فى الظروف العادية من الضغط ودرجات الحرارة ، بينما البنتان والهكسان والهبتان والاوكتان هى مواد سائلة فى هذه الظروف . غير أنه كما يمكن للهواء عندما يكون الضغط الجوي عادياً ، أن يحتوى على كميات مختلفة من بخار الماء حسب درجات الحرارة ، كذلك فإن الغاز الطبيعي قد يحتوى على كميات مختلفة من أبخرة هذه المواد الهيدروكربونية السائلة . ويعرف الغاز عندئذ بالغاز الرطب أو الغاز المبلل تمييزاً عن الغاز الطبيعي الجاف الذي لا يحتوى على أبخرة المواد الهيدروكربونية السائلة أو

يحتوى على كميات ضئيلة جداً منها . ويمكن فصل المواد الهيدروكربونية السائلة من الغاز الطبيعي الرطب على شكل جازولين (بنزين) طبيعي .

ولقد وجد إن الغاز الطبيعي يصحب تجمعات البترول الخام كلها تقريباً اينما وجدت ، إذ يكون الغاز ذائباً فى البترول تحت ضغط المكمن وحرارته (الغاز المذاب) ، كما أنه غالباً ما يشكل غطاء من الغاز الطليق يعلو البترول الخام غير أن تجمعات الغاز كثيراً ما توجد مستقلة عن تجمعات البترول وتسمى عندئذ (الغاز الغير مرافق) .

ويلاحظ إن احتياطي الغاز الطبيعي يعرف دائماً بأنه إما غاز مرافق وإما غاز غير مرافق . وهذا التمييز أمر مهم للغاية . فإنتاج الغاز المرافق (Associated Gas) يعتمد على إنتاج البترول الخام الذي يوجد بصحبته ، ويقتصر الإنتاج إذ ذاك على الغاز المذاب . أما الغاز غير المرافق (Non-Associated Gas) فأن بالإمكان إنتاجه وفقاً لمتطلبات الأسواق ونموها .

إن إعداد منتجات الغاز الطبيعي القابلة للتسويق لا تتطلب عمليات تكرير معقدة كتلك التى يتطلبها إعداد منتجات البترول الخام. فالغاز الطبيعي الجاف يتطلب إزالة المواد الغير مرغوب فيها مثل كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون . ويتطلب الغاز الطبيعي المبلل إضافة لذلك استخلاص الجازولين الطبيعي .

تنقية الغاز الطبيعي وإنتاج الكبريت :

يحوى الغاز الطبيعي على شوائب غير مرغوب فيها مثل كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون ، ويمكن إزالتها بعدة طرق منها طريقة الامتصاص بمحلول ايثانول أمين الأحادي $NH_2C_2H_2OH$

(Monoethanol Amine) أو غيره من مركبات الأمونيا ، ثم فصل السائل الناتج وتعريته منهما وإعادة استعماله . حيث يتحد ايثانول أمين الاحادي مع كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون ويزيلهما من الغاز الطبيعي . ويتحرر هذان الغازان بسهولة بالتسخين .

$$2HOC_2H_4NH_2 + H_2S \longrightarrow (HOC_2H_4NH_3)_2S$$

or

$$(HOC_2H_4NH_2)_2H_2S \text{ and } HOC_2H_4NH_2H\begin{matrix}\diagdown\\ S\\ \diagup\\ H\end{matrix}$$

يعتبر كبريتيد الهيدروجين أحد المصادر الطبيعية لعنصر الكبريت، حيث يحول إلى عنصر الكبريت بواسطة أكسدته مع الهواء بوجود البوكسيت (Bauxite) كعامل مساعد .

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2S$$

ثم يكثف بخار الكبريت ويدفع بمنصهر الكبريت إلى خزانات يتجمد فيها ثم يكسر إلى كتل لشحنه . وينقل الكبريت السائل أيضاً في عربات صهريج مدفأة أو حتى فى الناقلات . وهذا الكبريت نقي جداً ويستعمل فى صناعة حامض الكبريتيك وثاني كبريتيد الكربون المستعمل فى صناعة الحرير الصناعي وفى فلكنة المطاط (Rubber-Vulcanization) وفى بعض أغراض زراعية وغيرها .

استعمال الغاز الطبيعي :

الغاز الطبيعي وقود له من المميزات ما يغرى باستعماله . فهو يعطى عند الاشتعال لهيباً نظيفاً لا رائحة له . كما يمكن التحكم فى معدل الحـــرارة الناتجة عن الاحتراق ، فضلاً عن أنه يعطى كمية حرارية عالية إذا تطلـــب الأمر .

ويتم نقل الغاز الطبيعي إلى مواقع استعماله بواسطة أنابيـــب خاصـــة وهذا يعنى الاستغناء عن توفير خزانات باهظة التكاليف . وللغـــاز الطبيعـــي استعمالات عديدة ، ففضلاً عن استخدامه للأغراض المنزليـــة مثـــل التدفئـــة والطبخ فله استعمالات صناعية هائلة كمصدر للطاقة الحرارية والكهربائيـــة وكمادة أساسية لمجموعة الصـــناعات البتروكيميائيـــة . كمـــا أنـــه مصـــدر للهيدروجين الذي يشكل إحدى المواد الخام الرئيسية التى تعتمد عليها الصناعة الكيميائية .

الغاز الطبيعي المسيل (Lignified Natural Gas LNG) :

يتألف الغاز الطبيعي المسيل من الميثان والايثان . والميثان هو المادة الرئيسية التى يتألف منها الغاز الطبيعي ولا يمكن تسييله تحت الضغط فـــى الأحوال العادية من درجات الحرارة . ولكن يمكن تسييل الغاز الطبيعي تحت ضغط جوي واحد وذلك بتبريده إلى 160 °م تحت الصفر ويعـــرف عندئـــذ بالغاز الطبيعي المسيل . وينقل بناقلات خاصة مبردة إلى مسافات طويلة عبر البحار أو المحيطات وهو فى هذه الدرجة الحرارية المتدنية . وفى المـــوانئ المستوردة يعاد الغاز الطبيعي المسيل إلى حالته الغازية ويوزع فى شـــبكات التوزيع . وهكذا يمكن نقل الغاز الطبيعي إلى أى بلد مهما كان بعيداً . ونظراً للتكاليف الباهظة لعمليتي التسييل والنقل لا ينشأ مصنع الغاز الطبيعي المسيل

عادة فى الوقت الراهن إلا إذا توفر الغاز الطبيعي بكميات كبيرة جداً للتصدير ، ولا يكون المصنع اقتصادياً وإنتاجه منافساً فى الأسواق العالمية إلا إذا كان ذا سعة واسعة جداً .

غاز البترول المسيل (Lignified Petroleum Gas LPG) :

يتكون غاز البترول المسيل من البروبان والبيوتان اللذين يمكن ، بالرغم من طبيعتهما الغازية فى درجات الحرارة وضغط الجو العاديين ، اسالتهما بضغط مساو لعدة ضغوط جوية وبالتالي خزنهما بسهولة كسوائل فى أوعية خفيفة الضغط وبدرجات الحرارة الاعتيادية .

ويمكن الحصول على مقادير كبيرة من هذين الغازين من الغاز الطبيعي أو من عمليات التكرير . ويعالج هذان الغازان بالضغط لإنتاج أصناف مختلفة من غاز البترول المسيل وهى البروبان التجاري والبيوتان التجاري والمزيج التجاري للصنفين المتقدمي الذكر اللذين تتم موالفتهما فى الغالب وفقاً للنسب المطلوبة والتى تتغير حسب فصول السنة . فتزداد نسبة البيوتان صيفاً وتقل شتاء . وتباع هذه الغازات معبأة فى اسطوانات فولاذية (قناتي) أو بدون تعبئة .

ويستعمل غاز البترول المسيل على نطاق واسع فى أعمال الطهي وتسخين المياه والتدفئة وتكييف الهواء والتبريد والإنارة فى المساكن والفنادق والمطاعم والمخازن والمستشفيات والمدارس ، ويستعمل فى الصناعة حيثما تلزم الحرارة . كما يمكن استعماله كوقود ذا درجة عالية من الاوكتين للحافلات والشاحنات والجرارات .

غازات الوقود المصنعة :

إن غازات الوقود المصنعة الشائعة هى :

(أ) غاز الفحم

(ب) غاز فحم الكوك

(جـ) غازات المولدات

(د) غاز الماء

(هـ) غاز الماء المكربن

(و) غاز فرن الصهر

(ز) غاز المجاري .

(أ) غاز الفحم (Coal Gas) :

ينتج هذا الغاز من كربنة (Carbonizyation) الفحم ، أى بتسخين الفحم بمعزل عن الهواء . ويتكون من مزيج من المواد المتطايرة من الفحم والمواد الناتجة من تكسير (Cracking) هذه المواد فى درجات الحرارة العالية . وتعتمد كمية الغاز وتركيبه على درجة حرارة الكربنة . ويستعمل هذا الغاز لأغراض الإنارة والتسخين .

(ب) غاز فرن الكوك (Coke Oven Gas) :

إن إنتاج فحم الكوك يصاحبه عادة إنتاج كميات كبيرة من غاز فرن الكوك الذي هو غاز وقودي ممتاز .

(جـ) غاز المولدات (Producer Gas) :

وهو مزيج من أول أكسيد الكربون والهيدروجين مع كمية قليلة من ثاني أكسيد الكربون . وينتج من الاحتراق الجزئي لأى مادة كربونية مع الهواء الرطب ، حيث يمرر الهواء الرطب خلال طبقة سميكة من الفحم أو الكوك الساخن .

$$C + {}^{1}/_{2}\, O_2 \longrightarrow CO$$

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$$

وتضبط درجة حرارة التفاعل عند حوالي 1050°م لتحويل ثاني أكسيد الكربون الذي قد يتكون إلى أول أكسيد الكربون بالاختزال .

$$CO_2 + C \longrightarrow 2\,CO$$

ويستعمل هذا الغاز بصورة رئيسية كوقود للأفران وكذلك يمكن استعماله كوقود لمحركات الاحتراق الذاتي كمحركات الحافلات والشاحنات .

(د) غاز الماء (Water Gas) :

ينتج هذا الغاز بتفاعل الكوك أو الفحم الساخن مع البخار فى درجة حرارة حوالي 900°م .

ويسمى هذا الغاز أيضاً الغاز الأزرق وذلك للون لهبه عند الاحتراق .

(هـ) غاز الماء المكربن (Carburreted Gas) :

يمزج غاز الماء لغرض زيادة قيمته الحرارية مع زيت الغاز فى حجرة تفاعل ذات درجة حرارة عالية ومبنية من الآجر المقاوم للحرارة ومحتويه على آجر مضلع . فيتفاعل غاز الماء مع المنتجات المتطايرة والمركبات ذات الوزن الجزيئي القليل الناتجة من التكسير الحراري لزيت

الغاز منتجاً غاز الماء المكربن . إن القيمة الحرارية لغاز الماء المكربن معادلة تقريباً القيمة الحرارية لغاز الفحم . ويستعمل غاز الماء المكربن للأغراض المنزلية عوضاً عن غاز الفحم .

(و) غاز فرن الصهر (Blast Furnace Gas) :

ينتج أول أكسيد الكربون فى فرن الصهر من الاحتراق الغير تام لفحم الكوك ويستخدم لاختزال أكسيد الحديد إلى حديد . غير أن CO الناتج لا يستخدم جميعه ، فالغاز الخارج من الفرن والذي يسمى غاز فرن الصهر يحتوى على 25% CO . والقيمة الحرارية لهذا الغاز منخفضة .

(ز) غاز المجاري (Sewage Gas) :

ينتج غاز المجاري خلال عملية الهضم اللاهوائية (Anaerobic Digestion) لنفايات المجاري ويحتوى على 65% إلى 80% من غاز الميثان ولذلك فهو وقود جيد . ويستعمل هذا الغاز فى مدن عديدة لتوليد الطاقة الكهربائية . وفى هذا الجدول نجد القيم الحرارية لغازات الوقود الشائعة .

جدول تحاليل نموذجية لمختلف غازات الوقود

بالنسبة المئوية الحجمية

المركب	الغاز الطبيعي	غاز الفحم	غاز الكوك	غاز المولدات	غاز الماء	غاز الماء المكربن	غاز فرن الصهر	غاز المجاري
CO	–	7.4	5.1	33.5	43.6	35.4	26.2	–
CO_2	1.0	1.2	1.4	1.0	4.0	5.3	13.0	24.6
H_2	–	52.1	57.4	10.5	47.8	40.0	3.2	–
CH_4	85.0	29.2	28.5	2.5	0.3	10.7	–	73.3
C_nH_m	(1) 14.0	(2)7.9	(3)2.9	–	–	5.4	–	(3)0.6
N_2+O_2	–	2.2	4.7	52.5	4.3	3.2	57.6	1.5

C_2H_2 (1) C_2H_4 (2) H_2S (3)

الأسئلة

1- عرف العدد الستاني .

2- كيف يمكن تقصير فترة التأخر .

3- ما هو دليل الديزل وما هو فحواه ؟

4- من بين المركبات التالية حدد المركب الذي يسفر حرقه عن تولد أكبر كمية من الدخان C_6H_6, C_6H_{14}, C_6H_{12} .

5- أذكر ثلاث سمات إلى وقود الديزل .

6- ما هو الفرق بين نقطة الوميض ، نقطة الاحتراق ، ونقطة الاشتعال .

7- وقود الهيدروجين مع الفلورين يكون ذو دفع نوعي 350 .

8- بين مساوئ ومحاسن هذا الوقود مقارنة مع وقود خليط الفلورين – هيدروكربون .

9- أذكر طريقتين لحساب القيمة الحرارية للغازات الهيدروكربونية .

10- استعمل كلا الطريقتين لحساب القيمة الحرارية للاوكتان .

11- قدر القيمة الحرارية ككيلو جول/م^3 لغاز البروبان فى درجة حرارة 288.5 ك .

12- ما حجم الهواء اللازم لاحتراق متر مكعب من الهكسان (الكثافة النوعية تساوي 0.6630) ؟

13- الكثافة النوعية للايثانول تساوي 0.7893 وللهكسان تساوي 0.6630. من يعطي طاقة أكثر متر مكعب من الايثانول أم متر مكعب من الهكسان؟

14- إذا كانت حرارة الاحتراق لأول أكسيد الكربون 12.019 كيلو جول/م^3، وللهيدروجين 12.090.4 كيلو جول/م^3 , وللميثان 37.705.6

كيلو جول /م^3 ، أحسب القيمة الحرارية لغاز الماء كما مبين تركيبه فـــى الجدول السابق ؟

15- أحسب القيمة الحرارية للايثانول من النسب المئوية للتركيب كما مبين فى الصيغة الكيميائية .

16- أكتب المعادلات الكيميائية لاستخلاص الكبريت من الغاز الطبيعي .

17- ما هو تركيب LNG ؟ وLPG ؟ والجازولين الطبيعي ؟