الوقـود

د. عبدالعزيز بن أحمد باقبص

كان الوقود (Fuel) والطاقة (Energy) ولا يزالان من أهم عوامل تطور كافة المجتمعات البشرية على مر العصور. كما أنهما جانبان متلازمان في منظومة التقدم والتمدن كتلازم الجسم وظله.

تعرف الطاقة حسب المفاهيم الفيزيائية بأنها: القدرة على إنجاز شغل (Work)، ولهذا فإن القيام بأي عمل أو نشاط يتطلب طاقة ابتداءً من الأعمال البسيطة كرفع الأثقال إلى العمليات الصناعية المعقدة. بل إن الكائنات الحية لكي تتمكن من القيام بنشاطاتها الحيوية المختلفة فإنها بحاجة إلى طاقة، فعلى سبيل المثال تقوم عملية التمثيل الضوئي(Photosynthesis) في النباتات على الطاقة الضوئية المستمدة من الشمس.

تتضح علاقة الوقود بالطاقة أيضاً من خلال تعريفه، والذي هو عبارة عن المادة (Matter) المختزن فيها الطاقة الكيميائية نتيجة لشكل و تركيب ذراتها وجزيئاتها. ووفقاً لهذا التعريف، فإن استغلال مادة الوقود لإنتاج الطاقة يتم من خلال تحرير الطاقة الكيميائية الكامنة في مادة الوقود، وتحويلها إلى طاقة حرارية يتم تحويلها إلى طاقة كهربائية أو أي شكل آخر من أشكال الطاقة بحسب النشاط المراد عمله. تتماشى عملية استغلال مادة الوقود هذه مع قانون حفظ الطاقة، الذي ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، وإنما تتحول من شكل لآخر.

بناءً على تعريف الوقود السابق، فإنه بالإمكان تقسيم مادة الوقود إلى مايلي:

الوقـود الأحفـوري

يعتمد هذا النوع من الوقود في إنتاج الطاقة على حرق المادة العضوية المتحجرة في وجود الأكسجين. و لذا يطلق عليه اسم الوقود العضوي (Organic fuel) إشارة إلى أصله العضوي، حيث تكون من الكائنات الحية الميتة قبل ملايين السنين، والمطمورة تحت الأرض في معزل عن الأكسجين(O_2) ووجود ضغط و حرارة عاليين.

يتم الحصول على الوقود الأحفوري إما طبيعياً على شكل وقود أولي (Primary fuel) و يشمل الفحم الحجري، و النفط، والغاز الطبيعي. كما يمكن الحصول عليه بالطرق الصناعية، فيما يعرف بالوقود الصناعي أو الوقود الثانوي (Secondary Fuel)، الذي يتم الحصول عليه وفق عمليات تحويل فيزيائية ميكانيكية أو فيزيائية كيميائية. ويتمثل هذا النوع من الوقود بفحم الكوك، ومشتقات النفط، والغاز المصنع، وغيرهما.

تصنف استعمالات الوقود الأحفوري إلى: وقود طاقة يستخدم للحصول على طاقة حرارية ينتفع بها في تسخين الأفران والمفاعلات الكيميائية والمراجل البخارية لتوليد بخار الماء المستخدم في إدارة التربينات لتوليد الكهرباء. كما يندرج تحته الوقود المستخدم في تسيير وسائل المواصلات البرية والبحرية والجوية، المدنية منها والعسكرية على حد سواء. كذلك يعد وقود المنازل المستخدم لأغراض الطبخ والتدفئة والتبريد من أنواع وقود الطاقة، وهناك وقود تقني تستخلص منه المواد المفيدة في الصناعات الكيميائية والمتبقي منه يستغل كوقود حراري.

يمكن أن يصنف الوقود الأحفوري بحسب حالته الفيزيائية إلى مايلي:

● وقود صلب

يندرج تحت الوقود الصلب (Solid Fuel) الفحم الحجري بمختلف أنواعه، وهو يتكون بصفة أساسية من مركبات أروماتية معقدة متعددة الحلقات ذات إذابة جزيئية كبيرة، يدخل في تركيبها ـ بصفة أساسية ـ عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين مع كميات قليلة من عنصري النيتروجين والكبريت.

● وقود سائل

يشمل الوقود السائل (Liquid Fuel) النفط الخام ومشتقاته، والسوائل الهيدروكربونية، ورمال القار (Tar Sands)، وزيت السجيل (Shale Oil)، والوقود اللازم للمحركات.

النفط عبارة عن مزيج أسود لزج لعدد كبير من الهيدروكربونات المختلفة، مع نسب قليلة من مركبات عضوية تحوي الكبريت أو النيتروجين أو الأكسجين جدول(١). وقد أضفى هذا المحتوى الكربوني العضوي للنفط طبيعة غير قطبية تمنعه من الامتزاج مع الماء، وتجعله غالباً أقل كثافة منه؛ ولذا يوجد طافياً على سطحه.

لا شك في أن النفط قد سيطر بشكل كبير كمصدر أساس للطاقة. كما يعد أساس قيام الصناعات البتروكيميائية لمدة تربو على نصف قرن حتى يومنا هذا. ولعل تلك المكانة التي تبوأها النفط تعزى لتمتعه

المكون	النسبة المئوية (٪)
كربون	٨٣-٨٧
هيدروجين	١١-١٥
كبريت	٠,١-٨
أكسجين	٠,١-١,٧
أملاح عضو فلزية ذائبة	٠,٥
أملاح عضو فلزية غروية	٠,٠٣

● جدول (١) مكونات النفط الرئيسة ونسبها.

بعدد من السمات التي من أهمها:ـ

١ـ احتواؤه على منتجات شتى قابلة للفصل من خلال عملية التكرير، منها ما يستعمل كوقود، ومنها ما يستخدم لإنتاج زيوت التزييت ومذيبات نفطية، ومنها ما يدخل كمواد أولية في الصناعات البتروكيميائية.

٢ـ احتواؤه على كميات من الغاز الطبيعي التي يمكن فصلها عن النفط عند استخراجه من حقوله.

٣ـ سهولة نقله إلى مسافات بعيدة، سواء من خلال الأنابيب على اليابسة أو من خلال الناقلات العملاقة بحراً. علاوة على ذلك فهو يتميز بسهولة تخزينه.

٤ـ انخفاض تكاليف إنتاجه، ونقله، وتكريره، وعلو قيمته الحرارية مقارنة بالفحم الحجري.

٥ـ احتراقه ينتج كميات من المواد الملوثة أقل بكثير من تلك الناشئة عن حرق الفحم الحجري.

* **مكونات النفط**: وتشمل الهيدروكربونات التالية:ـ

ـ الهيدروكربونات البرافينية أو الألكانات (Paraffins or Alkanes): ولها صيغة عامة (C_nH_{2n+2}) وتعد مركبات مشبعة من حيث ارتباط ذرات الكربون فيها بذرات هيدروجين. تقع الأوزان الجزيئية لهذه المركبات في مجال يتراوح من الميثان ذي ذرة الكربون الواحدة إلى تلك الحاوية على ثمان وسبعين ذرة من الكربون. وتوجد المركبات الأربعة الأولى منها ـ الميثان (CH_4)، والايثان (C_2H_6)، والبروبان (C_3H_8)، والبيوتان (C_4H_{10}) ـ في صورة غازات، بينما توجد المركبات التي بها خمس ذرات كربون إلى ست عشرة ذرة كربون في الحالة السائلة، أما تلك التي تحوي أكثر من ست عشرة ذرة من الكربون فتوجد في الحالة الصلبة.

تتكون جزيئات البرافينات إما بشكل سلاسل مستقيمة (n-Paraffins) حيث(n) تعود لكلمة (Normal)، أو بشكل سلاسل متفرعة (Branched Chain Paraffins)، كما تعد الألكانات المتفرعة من الناحية الكيميائية متماكبات تركيبية(Isomers) للألكانات المستقيمة المقابلة التي لها العدد نفسه من ذرات الكربون وذرات الهيدروجين، أي لها الوزن الجزيئي نفسه، ولكنها مختلفة عنها في طريقة ارتباط الذرات وشكلها الفراغي. إن هذا الاختلاف الفراغي بين المتماكبات ذات الوزن الجزيئي الواحد يعمل على اختلاف خواصها الفيزيائية كدرجة الغليان ودرجة الانصهار، واختلاف خواصها الكيميائية كخواص الاحتراق. ويزداد عدد متماكبات ألكان ما، بزيادة عدد ذرات كربونه.

تسود الألكانات في المشتقات النفطية الخفيفة، بينما تقل نسبتها في المشتقات النفطية ذات درجات الغليان المرتفعة.

ـ الهيدروكربونات النفثينية أو الألكانات الحلقية (Naphthenes or Cycloalkanes): وهي عبارة عن الصورة الحلقية للبرافينات، وتجمعها الصيغة العامة (C_nH_{2n})، وبسبب تحلقها فإن محتواها الهيدروجيني يقل أو يزيد بذرتي هيدروجين عن نظيراتها من الألكانات، وتتكون الألكانات الحلقية من حلقة واحدة أو أكثر، مع وجود أو عدم وجود سلاسل ألكانية جانبية. تقع درجات غليان النفثينات بين درجة غليان الألكانات المستقيمة والألكانات المتفرعة.

تعد الهيدروكربونات النفثينية أكثر المركبات انتشاراً في النفط. ويتواجد كل من البنتان الحلقي والهكسان الحلقي في قطفات النفط ذات درجات الغليان المنخفضة، بينما توجد النفثينات ذات الحلقتين في الكيروسين. أما المشتقات الثقيلة فتحوي الألكانات الحلقية ذات الأربع والخمس حلقات.

ـ الهيدروكربونات العطرية (Aromatics): وتتميز بعدم تشبعها بذرات الهيدروجين، واحتوائها على روابط ثنائية متناوبة، وتجمعها الصيغة العامة (C_nH_{2n-6}) حيث (n) ستة أو أكثر، وعليه فإن البنزين (Benzene) يمثل أبسط مركبات هذه المجموعة.

توجد في النفط مركبات عطرية بها حلقتا بنزين، وثلاث حلقات، وأربع حلقات. أما كمية الهيدروكربونات العطرية في النفط فتختلف باختلاف مصدره. وعادة ما تحتوي القطفات ذات درجات الغليان المنخفضة على كميات أقل من الهيدروكربونات العطرية، مقارنة بالقطفات ذات درجات الغليان المرتفعة. أما قطفات الكيروسين فتحتوي مركبات عطرية ذات حلقة واحدة بها سلاسل ألكيلية طرفية، وعلى النفثالين ومشتقاته. أما مشتقات النفط الثقيلة فإنها تحوي هيدروكربونات ذات حلقات عطرية ونفثينية في آن واحد، ومركبات البنزين ذات السلاسل الجانبية الطويلة، والعطريات متعددة الحلقات، ومشتقات النفثالين.

ـ مركبات غير هيدروكربونية: وتوجد بكميات ضئيلة وهي غير مرغوبة، لأنها تؤثر سلباً على عمليات تقطير النفط، حيث تسبب تآكل الأنابيب وانسدادها بفعل الترسبات المتخلفة على أسطحها الداخلية؛ مما يعمل على خفض عمر الأنابيب ومعدات التسخين؛ ولذا يجب فصلها. تقسم هذه المواد إلى أربع مجاميع:ـ

١ـ مركبات الكبريت (Sulfur Compounds)؛ وتوجد على هيئة مركبتانات (Mercaptanes, R-SH)، وإيثرات كبريتية (Thioethers, R-S-R)، وثنائي كبريتيد ثنائي الألكيل (Dialkyl Disulfide, RS-SR)، وعلى هيئة مركبات حلقية مثل الثيوفين (Thiophene) كذلك يتواجد غاز كبريتيد الهيدروجين مصاحباً للنفط في مكامنه، ويتم فصله في فاصلات الغاز عند رأس البئر.

يعمل وجود الكبريت في وقود السيارات على خفض قدرة المحرك، ويضر بالبيئة حيث تسبب أكاسيد الكبريت ـ الناتجة عن احتراق الوقود المحتوي على الكبريت ـ الأمطار الحمضية، لذا كان لزاماً إزالة مركبات

الكبريت من مشتقات النفط، أو العمل على تقليل تركيزها بشكل كبير.

٢ـ مركبات الأكسجين (Oxygen Compounds): وتوجد على هيئة أحماض نفثينية (حموض كربو كسيلية بها حلقة نفثينية)، وفينولات (Phenols)، وكيتونات (Ketones)، وإيثرات (Ethers)، حيث تساعد الأحماض على تشكل مستحلب مائي في الزيت فضلاً عن أنها تسبب مشاكل تآكل.

٣ـ مركبات النيتروجين (Nitrogen Compounds): وهي مركبات حلقية يكون النيتروجين فيها ضمن تصميم الحلقة. وهي إما أن تكون أحادية الحلقة كالبيرول (Pyrrole)، والبيريدين (Pyridine)، وإما أن تكون ثنائية الحلقة مثل الكينولين (Quinoline)، وإما أن تكون ثلاثية الحلقة مثل الكاربازول (Carbazole) والمركبات العضومعدنية (Organometallic Compounds)، وهي مسؤولة بشكل أساس عن تكون الرماد المتخلف نتيجة حرق الزيت الخام. وتتميز هذه المركبات بثباتها، وحاجتها إلى درجات غليان أعلى من ٥٠٠ مْ حتى تتطاير. لذا فإنها توجد في مشتقات النفط الثقيلة. يعمل تواجد هذه المركبات على تسمم المحفزات المستخدمة في تحويل مشتقات النفط الثقيلة، إلى منتجات ذات فائدة أعلى؛ و لذا لا بد من العمل على إزالتها قبل الشروع في معالجة المشتقات الثقيلة.

● الوقود الغازي

يصنف تحت الوقود الغازي (Gaseous Fuel) العديد من الغازات. منها ـ على سبيل المثال ـ الغاز الطبيعي (Natural Gas)، وغازات النفط المسيلة (Liquefied Petroleum Gases: LPG)، وغازات تكرير الزيت (Refinery Oil Gases)، وغاز الفرن العالي (Blast Furnace Gas)، وغاز الفحم الحجري (Coal Gas)، وغاز التكسير (Cracking Gas)، وغاز التصنيع (Synthesis Gas) ، وغيرها من الغازات التي يحصل عليها صناعياً من التقطير الإتلافي، أو ما يعرف بعملية الكربنة(Carbonization Process) للوقود الصلب، ومن عمليات تغويز (Gasification Process) الوقود الصلب والسائل (عمليات تحويل الوقود الصلب والسائل إلى غاز).

يعد الوقود الغازي من أهم أنواع الوقود المستخدم في محطات توليد الطاقة، ومحطات تكرير المياه، ومصانع الأسمنت والأسمدة الكيميائية، والمنازل.

يمكن الحصول على الوقود الغازي من مصادر طبيعية، فقد يكون مصاحباً للنفط أو متواجداً في آبار مستقلة. إن تواجده المستقل يدل على أن الغاز الطبيعي قد هاجر من خلال الصخور المسامية بعيداً عن النفط. كذلك يمكن الحصول على الغاز الطبيعي من مصدر صناعي. بواسطة الحرق الإتلافي للوقود الصلب أو السائل.

*** مميزات الوقود الغازي:** ومن أهمها:ـ

١ـ سهولة ضخه للأفران دون الحاجة لأي معالجة فيزيائية.

٢ـ احتراقه بصورة كاملة في وجود زيادة بسيطة من الهواء، وبالتالي يعطي كفاءة حرارية أعلى.

٣ـ لا يخلف احتراقه رماداً، أو دخاناً، أو شوائب أخرى.

٤ـ إمكانية التحكم باللهب و درجة الحرارة.

٥ـ الأقل سعراً من بين أنواع الوقود؛ نظراً لتوفره بكميات كبيرة، وسهولة الحصول عليه، و ارتفاع قيمته الحرارية.

*** عيوب الوقود الغازي:** ومنها:ـ

١ـ صعوبة تخزينه وتسويقه لمسافات طويلة، حيث يتم ذلك تحت ضغط عال.

٢ـ خطورة تسربه من الأوعية والأنابيب الحاوية له؛ مما قد يؤدي لانفجار وحريق.

*** أنواع الوقود الغازي:** ومن أهمها ما يلي:ـ

١ـ الغاز الطبيعي (Natural Gas): ويعد الأكثر أهمية والأكثر استخداماً، وهو غاز عديم اللون والرائحة. يستخدم مصدراً لإنتاج الطاقة الحرارية حيث تتراوح قيمته الحرارية ما بين ٣٧ إلى ٤١ ألف كيلوجول/م٣، كما أنه يدخل في كثير من عمليات التحضير العضوي لإنتاج الكحول الميثيلي، والمطاط الصناعي، والمركبات ذات الجودة العالية لوقود المحركات.

يشكل الميثان المكون الرئيس في الغاز الطبيعي، ثم يليه الإيثان من حيث الوفرة. كذلك يحوي كميات قليلة من البروبان، والبيوتان، وكميات قليلة من الهيدروكربونات الأثقل تبعاً لمصدره. وبجانب هذه الهيدروكربونات، فإنه يحوي على كبريتيد الهيدروجين، وثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين، والهيليوم، وبعض الغازات النبيلة الأخرى حيث تتفاوت نسب هذه المواد في الغاز من حقل لآخر.

يصنف الغاز الطبيعي إلى نوعين هما:ـ

(أ) الغاز الجاف: ويكون في حقل مستقل غير مختلط بالنفط، ولذا يسمى أيضاً بالغاز الحر (Free Gas)، وهو يتكون من هيدروكربونات غازية ذات أوزان جزيئية منخفضة غالبيتها من الميثان.

(ب) الغاز الرطب: هو الغاز المرافق للنفط في حقل واحد حيث يكون الغاز المفصول عند رأس البئر حاوياً على هيدروكربونات سائلة في الطور الغازي كالبنتان و الهكسان. وتكون نسبة البروبان و البيوتان في الغاز الرطب أعلى منها في الغاز الجاف، بينما نسبة الميثان في الغاز الرطب أقل منها في الغاز الجاف، ولذا فإن الغاز الرطب ذو قيمة حرارية أعلى منها للغاز الجاف.

٢ـ غازات تكرير الزيت (Refinery Oil Gases): وتنتج بشكل غير متعمد عند إجراء عمليات تكرير النفط، ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع:ـ

(أ) غازات التقطير (Distillation Gases): وهي غازات هيدروكربونية ذائبة في النفط، ولذا يتحصل عليها من أعلى برج التقطير، أو مع قطفة النفثا الخفيفة أثناء القيام بعملية تقطير النفط.

تختلف كمية هذه الغازات وتركيبها وفقاً لنوع النفط الخام. كما تتواجد مع هذه الغازات كمية من الهيدروكربونات الغازية الثقيلة، وهي مركبات مشبعة يستفاد منها في إنتاج غازات النفط المسيلة، وكوقود في وحدات التكرير المختلفة.

(ب) غازات التكسير (Cracking Gases): وتنتج من عمليات تكسير القطفات النفطية بغية

إنتاج وقود المحركات ومشتقات وسطية. وتعتمد كمية هذه الغازات وتركيبها بشكل مباشر على نوع عملية التكسير المتبعة، سواء أ كانت تكسيراً حرارياً أم تكسيراً في وجود عامل محفز. كما تعتمدان على ظروف عملية التكسير من درجة حرارة، وضغط، وزمن تفاعل.

تستخدم هذه الغازات كوقود في محطات التكرير، وكمادة أولية للصناعات البتروكيميائية القائمة على الأوليفينات (الألكينات).

(ج) غازات المعالجة: وتنشأ عن عملية إصلاح الجازولين لرفع عدده الأوكتاني، إذ ينتج خليط من الهيدروكربونات المشبعة بغاز الهيدروجين. وتعتمد كمية هذه الغازات وتركيبها على نوع عملية الإصلاح، وعلى ظروفها من حرارة وضغط. كما أن هذه الغازات تكون مصحوبة بكمية من الغاز الرطب، وغاز الهيدروجين اللذين يفصلان حتى يستفاد منهما.

٣ـ غازات النفط المسيلة: وتعد وقوداً أولياً ناشئاً عن المعالجة الفيزيائية للنفط الخام أو الغاز الطبيعي. وتتركب هذه الغازات بشكل أساس من غازي البروبان والبيوتان في حال الحصول عليها من الغاز الطبيعي الرطب. أما عند الحصول عليها من عمليات تقطير النفط الأولية وعمليات التكسير والإصلاح فإن غازي البروبان والبيوتان يكونان مصحوبين بكميات صغيرة من البروبين (propene) والبيوتين (butene).

الوقود النووي

يعتمد هذا النوع من الوقود على استغلال الطاقة النووية من خلال إحدى العمليتين التاليتين:ـ

● الانشطار النووي

تتم عملية الانشطار النووي (Nuclear fuel) عند قذف أنوية العناصر الثقيلة غير المستقرة والنشطة إشعاعياً بالجسيمات المناسبة كالنيوترونات والبروتونات. ومثال ذلك ما يحصل في المفاعلات النووية نتيجة قذف نواة نظير اليورانيوم ـ٢٣٥ (uranium-235) بالنيوترون لتنتج أنوية وليدة ذات أوزان

● مفاعل نووي.

متوسطة. وذلك وفقاً للمعادلة التالية:ـ

$$_{235}U^{235} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{92}U^{236} \longrightarrow {}_{36}Kr^{89} + {}_{56}Ba^{144} + 3\ {}_{0}n^{1} + 177\ MeV$$

● الاندماج النووي

يمكن استغلال الطاقة النووية لأنوية الذرات الخفيفة من خلال عملية اندماج نواتين لإنتاج نواة أثقل مع إنتاج طاقة حرارية كبيرة. ويمكن التمثيل لهذا النوع من التفاعلات النووية باندماج نواتي هيدروجين (hydrogen) لتكوين نواة هيليوم (helium) كما يلي:ـ

$$_{1}H^{2} + {}_{1}H^{2} \longrightarrow {}_{2}He^{3} + {}_{0}n^{1}$$

$$_{1}H^{2} + {}_{1}H^{3} \longrightarrow {}_{2}He^{4} + {}_{0}n^{1}$$

تعد عملية اندماج نواتي الهيدروجين هي المسؤولة عن الطاقة الحرارية التي تبثها إلينا الشمس، وعن القوة التدميرية للقنبلة الهيدروجينية.

وقود الهيدروجين

تمتلك ذرة الهيدروجين بروتوناً واحداً في نواتها، وإلكتروناً واحداً يدور حول نواتها. مما يجعلها أول عنصر في الجدول الدوري للعناصر. تُعرف نواة ذرة الهيدروجين الحاوية فقط على بروتون بالبروتيوم، وهذه أكثر النظائر شيوعاً في الطبيعة (نسبة وجوده ٩٩,٩٨٥٪). أما إذا احتوت النواة على نيوترون إضافة للبروتون؛ فإنه يتكون ما يعرف بنواة نظير الديوتريوم (نسبة وجوده ٠,٠١٥٪). لكن في حال تواجد نيوترونين مع البروتون في النواة فإنه يؤدي لنشوء نواة نظير التريتيوم المشع. وعليه: فقد وجد أن متوسط كتلة ذرة الهيدروجين يبلغ ١,٦٧٣٢٩×١٠^-٢٤ جراماً.

تعد ذرة الهيدروجين نشطة جداً كيميائياً، حيث تميل لفقد إلكترونها، أو المشاركة به في عمل روابط تساهمية، أو تعمل على اكتساب إلكترون آخر ليصبح مستوى الطاقة الإلكتروني الأول بها مملوءاً، وتصبح مشابهة في توزيعها الإلكتروني لذلك التوزيع الذي تمتلكه ذرة الهيليوم. تعتمد طريقة الارتباط الكيميائي لذرة الهيدروجين على الطبيعة الكيميائية للذرة الأخرى المرتبط بها. ولذا فإن غاز الهيدروجين ينشأ عن ارتباط ذرتي هيدروجين برابطة تساهمية قوية.

يعد غاز الهيدروجين أخف غاز، وهو غاز غير سام عديم اللون، والطعم، والرائحة. ويتميز بقدرة انتشار عالية جداً نظراً لخفته، وبتوصيلية حرارية هائلة. ويمكن اسالته تحت الضغط الاعتيادي عند درجة حرارة –٢٥٢,٨٨°م. وتبلغ كثافة الهيدروجين السائل ٠,٠٧٠٩٩ جم/سم٣

يعد غاز الهيدروجين المادة الأكثر توافراً في الكون، إذ يقدر بثلاثة أرباع ما في الكون من مادة. أما على سطح الكرة الأرضية، فإن الماء يعد أكثر الصور الكيميائية التي يتواجد فيها الهيدروجين.

● مصادر غاز الهيدروجين

لا يتواجد غاز الهيدروجين على سطح الكرة الأرضية بكميات وفيرة. ولذا لابد من تحضيره كيميائياً. فعلى سبيل المثال ـ لا الحصر ـ يمكن تحضيره بإحدى الطرق التالية:ـ

١ـ التحليل الكهربائي للماء في وجود عامل محفز من مادة موصلة (إلكتروليت) حمضية (مثل حمض الكبريت)، أو قاعدية (مثل هيدروكسيد الصوديوم) لرفع التوصيلية الكهربية المنخفضة للماء، فتسهل عملية تفككه كهربائياً. وبذلك يتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط (القطب السالب لخلية التحليل الكهربائي)، بينما يتصاعد غاز الأكسجين عند المصعد (القطب الموجب للخلية).

٢ـ تحلل الماء بواسطة الطاقة النووية أو الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح، حيث يعتمد على مصادر الطاقة المتجددة هذه لتقليص تكاليف توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لعملية تحليل الماء.

٣ـ العمليات الحرارية الكيميائية: وهي

عبارة عن سلسلة تفاعلات كيميائية ماصة للحرارة تكون محصلتها إنتاج الهيدروجين بحيث يتم توليد المواد المستهلكة مرة أخرى في جميع الخطوات لتكون العملية دائرية واقتصادية.

٤ـ عملية الإصلاح البخاري للميثان لينتج بذلك مزيج من غازي الهيدروجين وأول أكسيد الكربون (يعرف هذا الخليط بغاز التصنيع) كما توضحه المعادلة الكيميائية التالية:ـ

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow 3H_2 + CO$$

ويمكن زيادة كمية الهيدروجين الناتجة من خلال أكسدة أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون بفعل الماء في وجود عامل حافز (تعرف هذه العملية بانزياح ماء ـ غاز) كما يلي:ـ

$$CO + H_2O \longrightarrow H_2 + CO_2$$

وتعد عملية الإصلاح البخاري للماء أهم عملية في الوقت الحاضر لإنتاج معظم الهيدروجين المحضر في العالم.

٥ـ تفاعل الأحماض مع المعادن: تستخدم للحصول على الهيدروجين في المختبرات. فمثلاً يمكن في المختبراللجوء لعملية ذوبان معدن الخارصين في حمض الهيدروكلوريك كما في المعادلة الكيميائية التالية:ـ

$$Zn_{(s)} + 2HCL_{(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

● مزايا وقود الهيدروجين

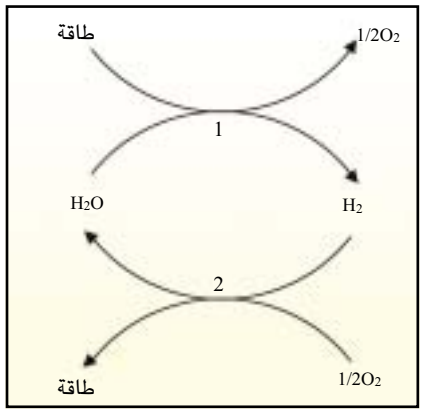
هناك عدداً من السمات التي يتمتع بها الهيدروجين جعلته محط أنظار العلماء لاستخدامه كمصدر للطاقة اللازمة للعمليات الصناعية و حركة المواصلات اليومية. من هذه المزايا ما يلي:ـ

١ـ إمكانية توليده من تحلل الماء الذي يعد مادة ابتداء رخيصة، ومتوفر بكميات هائلة.

٢ـ وقود نظيف لايعمل على تلويث البيئة، ولا إلحاق الضرر بها؛ لأن الماء هو الناتج الرئيس نتيجة احتراق الهيدروجين في الهواء.

٣ـ إن عمليتي تفكك الماء واحتراق الهيدروجين متكاملتان؛ لأن المواد التي تستهلك في إحداهما يتم توليدها في الأخرى، وعليه تنشأ دورة تستهلك فيها الطاقة دون المواد الأولية، كما هو موضح في شكل(١).

٤ـ يمتلك غاز الهيدروجين أعلى كمية طاقة يمكن أن تنتج عن وحدة الكتلة. فاحتراق



● شكل (١) .

كيلوجرام واحد من الهيدروجين يولد قدراً مكافئاً من الطاقة الناتجة عن احتراق ٢١٠٠ جرام من الغاز الطبيعي، ونفس القدر من الطاقة الناشئة عن احتراق ٢٨٠٠ جرام من الجازولين.

● مخاطر غاز الهيدروجين

تكمن أكبر عوائق استخدام غاز الهيدروجين كوقود في إمكانية إحداثه لحرائق وانفجارات. إذ إنه قابل للانفجار في الهواء في مدى أوسع من النسب الحجمية مقارنة بالجازولين والغاز الطبيعي. كما أنه يشتعل بفعل الشرارة الكهربائية بسهولة أكثر من الجازولين والغاز الطبيعي. ونظراً لكونه عديم اللون والرائحة والطعم، فإن هذا يجعل عملية اكتشاف تسربه صعبة. علاوة على ذلك فإن احتمالية تسربه من اسطواناته والأنابيب الناقلة له أعلى بكثير من أي غاز آخر، وهذا يعزى لصغر حجمه الجزيئي.

يشكل الهيدروجين السائل أيضاً مصدر خطر لبرودته العالية، فعند التقائه بالهواء، فإنه يعمل على تجمد الأكسجين والنيتروجين مما ينتج عنه خليط متفجر لحظياً يزول خطره بالتبخر السريع لهذا الخليط وتشتته وانتشاره عند الظروف الاعتيادية.

الغاز الحيوي

يطلق اسم الغاز الحيوي (Biogas) على خليط من عدة غازات أهمها غاز الميثان (CH_4) والذي تصل نسبته إلى حوالي ٧٠٪، وينتج هذا الغاز بفعل التحلل غير الهوائي للمواد العضوية الموجودة في المخلفات الحيوية للحيوانات والنباتات والمنتجات الثانوية من أصل حيواني ونباتي وبقايا المواد العضوية في الأطعمة أو مياه الصرف الصحي أو مياه المعالجة الصناعية أو غيرها إلى مكوناتها الأساسية، وتسمى هذه العملية بعملية التخمير، ويعد الغاز الحيوي منافساً للغاز الطبيعي من حيث الخصائص الطبيعية وطاقة الاحتراق.

ينتج من عملية التخمر إلى جانب غاز الميثان (٦٠–٨٠٪) غازات أخرى، مثل: غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة(٢٠–٣٥٪) ونسب قليلة من غازات النشادر، والهيدروجين، والأكسجين، والنيتروجين، وكبريتيد الهيدروجين.

تتكون وحدة إنتاج الغاز الحيوي من أجزاء كثيرة أهمها حجرة التخمير، وحجرة التغذية، وحجرة المخلفات، وبعض الأجزاء الإضافية، مثل: جهاز تكسير المواد العضوية وطحنها، وجهاز فرز المواد غير الملائمة للتخمير ، إضافة إلى مضخات تغذية وتفريغ حوض التخمير وأحواض لتخزين المواد سواء لتجهيزها لحوض التخمير أو للتخلص من المواد المتعفنة.

تصنف منشآت توليد الغاز الحيوي إلى نوعين رئيسيين بحسب شكل حجرة التخمير، وهما: المخمر الهندي: ويوجد منه في الهند أكثر من ٢٠٠ ألف منشأة، والمخمر الصيني: والذي يوجد منه في الصين لوحدها أكثر ٢٠ مليون منشأة.

يكثر وجود منشآت الغاز الحيوي في المناطق الريفية البعيدة عن المناطق الحضرية والتي لاتصل إليها خدمات الطاقة الكهربائية، وبذلك يستخدم كمصدر للطاقة للإنارة والتدفئة والطهي ووقود لوسائل النقل. ومن فوائده تخليص البيئة من النفايات، كما أن مخلفات تصنيع الغاز تستخدم كمخصبات جيدة للتربة، وحماية المياه الجوفية من التلوث، وتقوية الاقتصاد عن طريق إيجاد فرص عمل في المناطق النائية مما يقلل من الهجرة إلى المدن الكبيرة، وبالتالي التخفيف من الإزدحام فيها. ومع قلة التكاليف وسهولة إنتاجه إلا أن هناك بعض المعوقات التي تحد من الاستفادة منه على نطاق واسع، مثل:

صعوبة نقله من خلال شبكة الغاز الطبيعي، وعـدم توفـره في كل مكان، والحـاجـة إلى وجود محطات خاصة لتزويد وسائل النقل بما تحتاجه وفي جميع الأوقات، إضافة إلى كونه يحتوي على بعض الشوائب الضارة مثل كبريتيد الهيدروجين.

وأسـوة ببـعض البلدان التي قطعت شوطاً كبيراً في هذا المجال كالصين والهند فـإن بعض الدول العـربيـة مـثل سـوريا والأردن بدأت التخطيط واعتماد المشاريع والبرامج للاستفادة من هذه الوسيلة التي تعد من مصادر الطاقة المتجددة وغير المكلفة، والمفيدة في نفس الوقت في حماية البيئة من التلوث.

طـاقـــة الكتـــل الحيـويـــة

تعد الكتل الحيوية مصدراً للطاقة الحيوية يتوفر محلياً بحيث يمكن من خلالها توفير الكهرباء والحرارة سواءً بحرقها مباشرة للحصول على الطاقة أو من خلال إنتاج أنواع الوقود المشتقة منها سواء السائلة أو الغازية أو الصلبة. ويمكن لوقود الكتل الحيوية أن يحل محل أنواع الوقود الأحفوري المستورد، وبذلك يدعم الأمن الوطني في مجال الطاقة وينوع مصادرها، كما يساعد استخدام الوقود الحيوي إذا ما أدير بشكل مناسب في توفير طاقة نظيفة تساهم في التنمية المستدامة وتخفف من الشواغل البيئية.

تشمل أنواع الوقود الحيوي الحطب والفحم النباتي والسائل الأسود والغاز الذي ينتج من التقطير الإتلافي للخشب، والروث الحيواني. يمثل الوقود الحيوي المصدر الرئيسي لإنتاج الطاقة في أغلب البلدان الأفريقية والجزء القاري من جنوب شرق آسيا.

تتمثل أهم المحاذير من استخدام الكتل الحيوية كمصدر للطاقة أن لا ينافس الإنتاج الغذائي، إذ يجب أن تكون الأولوية لإنتاج الغذاء.

الأستيـلـــــين

يعد الأستيلين (كما يطلق عليه اسم الإيثين) من المركبات الهيدروكربونية حيث يتكون من ذرتي كـــــربون وذرتي هيدروجين، ترتبط ذرتي الكربون برابطة ثلاثية، وهو مادة كيميائية قابلة للاحتراق، ينتج عن احتراقه ـ عند خلطه مع الأكسجين ـ كـمـيـة حـرارة تصل إلى أكـثـر من ١١٨٠٠ جول/جرام. أما درجة حرارة لهبه فتصل إلى أكثر من ٣٣٠٠ م.

يتم الحصول على الأستيلين بعدة طرق من أهمها تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء. كما يتم الحصول عليه للاغراض الصناعية من تكسير النفط الخام.

يستخدم الأستيلين في الصناعة، ففي الولايات المتحدة على سبيل المثال يشكل مايستخدم في تصنيع المواد الكيميائية مثل الإيثانول وكلوريد الفينيل (المستخدم في صناعة البلاستيك) حوالي ٨٠٪ من الإنتاج السنوي، بينما تستخدم النسبة الباقية في الوقود اللازم لتوليد شعلة الأكسجين الأستيلينية التي تستخدم في عملية قطع ولحم المعادن.

وقـــود الصـواريـــخ

يولد وقود الصواريخ قوة دفع تتجه إلى الخلف في النفاثات ذات السرعة العالية نتيجة لتحول الوقود الدافع إلى غاز شديد الحرارة فيتمدد ويندفع بشدة من خلال فتحة في مؤخرة الصاروخ تؤدي إلى دفع الصاروخ بالاتجاه المعاكس (قانون نيوتن الثالث). يصنف وقود الصواريخ إلى ما يلي:

● وقود الدفع الصلب

يعد وقود الدفع الصلب من أقدم أنواع وقود الصواريخ، فقد استخدم منذ مئات السنين في الصين في الألعاب النارية. يتكون الوقـود الصلب في الغـالب من الوقـود والمؤكسد (Oxidizer)، يتكون وقود القذائف من مسحوق الفحم والمحفز من (الكبريت) والمؤكسد (نترات البوتاسيوم).

يتميز وقود الدفع الصلب بسهولة نقله وتخزينه والتعامل معه أكثر من غيره من الأنواع الأخرى، وهذا يجعله أكثر ملاءمة للاستخدام في الأغراض العسكرية، كما أن السهولة في الاستخدام تجعل وقود الدفع الصلب الخيار الأمثل عندما تكون الحاجة إلى قوة دفع كبيرة، ومع ذلك فإن قوة الدفع (Specific Impulse) بالنسبة لوحدة الوقود تعد ضعيفة. ومن عيوبه عدم إمكانية إيقاف الاحتراق قبل أن ينتهي الوقود.

● وقود الدفع السائل

يتميز هذا الوقود بقوة دفع بالنسبة لوحدة الوقود أفضل من الوقود السائل، كما أنه قابل للضغط أو الخنق (Throttled)، والإيقاف، وإعادة التشغيل مرة أخرى. من أهم أنواع وقود الدفع السائل الشائعة الاستخدام ما يلي:

ـ الأكسجين السائل مع الكيروسين، وتعد هذه التوليفة الأكثر ملاءمة لإطلاق الصواريخ إلى المدارات القريبة للأغراض المدنية.

ـ الأكسجين السائل والهيدروجين، ويستخدم في الصواريخ التي تحمل المركبات الفضائية.

ـ رباعي أكسيد النيتروجين والهيدرازين، ويستخدم في صواريخ الأغراض العسكرية والمدارات والفضاء البعيد، لأن كلا منها سائلاً قابلاً للتخزين لفترة طويلة تحت ضغط ودرجة حرارة مناسبة.

● وقود الدفع الهجين

تستخدم صواريخ وقود الدفع الهجين (Hybrid Propellants) وقوداً صلباً مع مؤكسد سائل أو غاز. يعمل السائل المؤكسد على جعل الوقود قابلاً للضغط وإعادة تشغيل المحرك، حاله كحال الوقود السائل المستخدم في الصواريخ. كما أن هذا الوقود أنظف من وقود صواريخ الدفع بالوقود الصلب نتيجة كفاءته العالية.