الباب الثالث

السيارات التي تعمل بوقود الهيدروجين

عندما أنتج كارل بنز سيارته الأولى عام ١٨٨٦ بدأت عجلة التغير تدور، فالسيارات أحدثت تغيراً دراماتيكيًّا فى حياة الناس كما أحدثت تغيراً فى الاقتصاد العالمى لم يكن أحد يتوقعه حينذاك. فسهولة التنقل قربت المسافات بين مختلف البلاد كما ساعدت على إقامة البنية التحتية الصناعية التى أعادت تشكيل المجتمعات الحديثة .

إلا أن هذه الطفرة التكنولوجية كانت سلاحاً ذا حدين، فقد نتج عن التزايد الشديد فى إعداد السيارات مشاكل بيئية تهدد الحضارة الإنسانية القائمة على كوكب الأرض. فى عام ١٩٦٠ كان أقل من ٤ ٪ من سكان العالم يمتلكون سيارات خاصة، بعد ذلك بعشرين سنة ارتفعت تلك النسبة إلى ٩ ٪ وفى الوقت الحالى بلغت ١٢ ٪، ومن المنتظر أن تصل إلى ١٥ ٪ عام ٢٠٢٠. وحيث إن تعداد العالم سيتزايد من ستة بلايين فى الوقت الحالى ليصل إلى ٧,٥ بلايين نسمة بعد عقدين من الزمان، إذن سيتزايد عدد السيارات من ٧٠٠ مليون سيارة فى الوقت الحالى ليصل إلى ١,١ بليون خلال تلك الفترة. إذا أخذنا فى الاعتبار ارتفاع دخل الفرد من الطبقة الوسطى فى مجتمعات الدول النامية سنجد أن ملاك السيارات سيزداد عددهم لأكثر من ١,١ بليون بكثير .

فى الوقت الحالى يتركز ٣/٤ عدد السيارات فى أوربا والولايات المتحدة واليابان، ومن المتوقع أن تكون ٦٠ ٪ من الزيادة فى عدد السيارات الجديدة من نصيب الأسواق بالدول الثمانية الآخذة فى النمو وهى الصين والبرازيل والهند وكوريا وروسيا وبولندا والمكسيك وتايلاند. ولذلك فسيكون التحدى فى القرن الواحد والعشرين يتمثل فى إيجاد نوع جديد من السيارات أكثر أمناً وأعلى كفاءة وأقل خطراً على البيئة ولا ينتج عنه غاز ثانى أكسيد الكربون .

التفكير في جيل جديد من السيارات الصديقة للبيئة :

سبق أن ذكرنا أن العلماء فى مصانع السيارات بذلوا جهداً مضنياً لإيجاد نوع من الوقود يستخدم فى تسيير السيارات لا ينتج عنه ثانى أكسيد الكربون وقد وجدوا ضالتهم فى غاز الهيدروجين وخلايا الوقود وتم إزالة معظم العقبات التى تمنع استخدامهما .

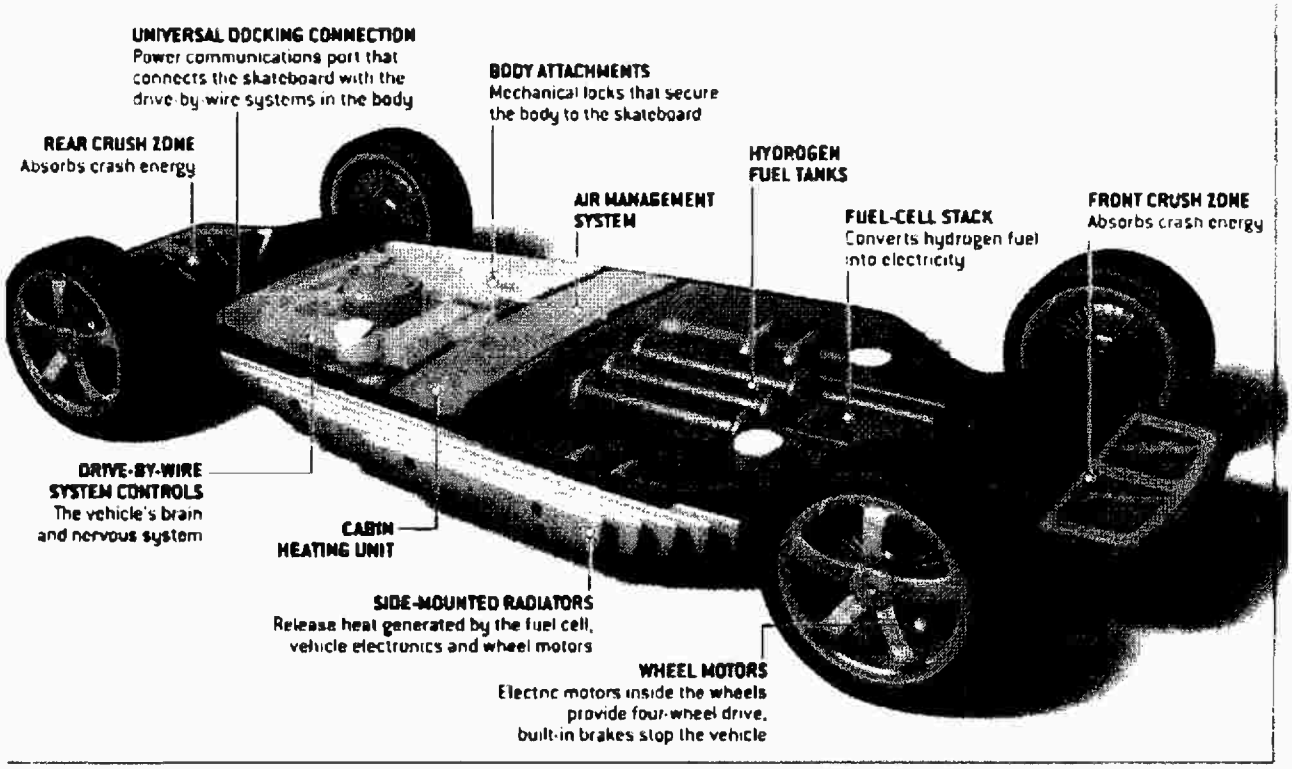
بدأت مصانع السيارات فى الولايات المتحدة وألمانيا واليابان تضع تصميمات جديدة لسيارات تعمل بالمحركات الكهربائية بدلاً من محركات الاحتراق الداخلى

كما يشمل التطوير كذلك استخدام النظم السلكية Wire Systems والدوائر الإلكترونية الذكية كبديل للنظم الميكانيكية المستخدمة حالياً فى توجيه السيارات (طارة الدركسيون) والتحكم فى سرعتها (بدال البنزين) وإيقافها (الفرامل) وغير ذلك من وصلات ميكانيكية تضيف وزناً إضافياً للسيارة وتشغل حيزاً كبيراً داخل السيارة. وفى النظام الإلكترونى تتم عملية القيادة من خلال برمجيات خاصة Soft Ware تزود بها السيارة ويمكن تحديثها أثناء استخدام السيارة .

وبإحلال خلايا الوقود وموتور كهربائى بدلاً من موتور الاحتراق الداخلى يمكن استخدام شاسيه مسطح كما فى شكل (١٩) Flat Chassy وذلك يعطى المصمم الحرية الكاملة لابتكار أنماط وأشكال عديدة لهيكل السيارة. كما أن القيادة باستخدام الدوائر الإلكترونية الذكية، أى تكنولوجيا الأسلاك Wire Technology يجعل قيادة السيارة ممكنة من أى مقعد داخل السيارة. لقد أطلقت جنرال موتورز مصطلح أوتونمى Autonomy على هذا النظام السلكى كما أطلقت على هذا النوع من السيارات اسم Hy-wire وهو اختصار hydrogen by Wire .

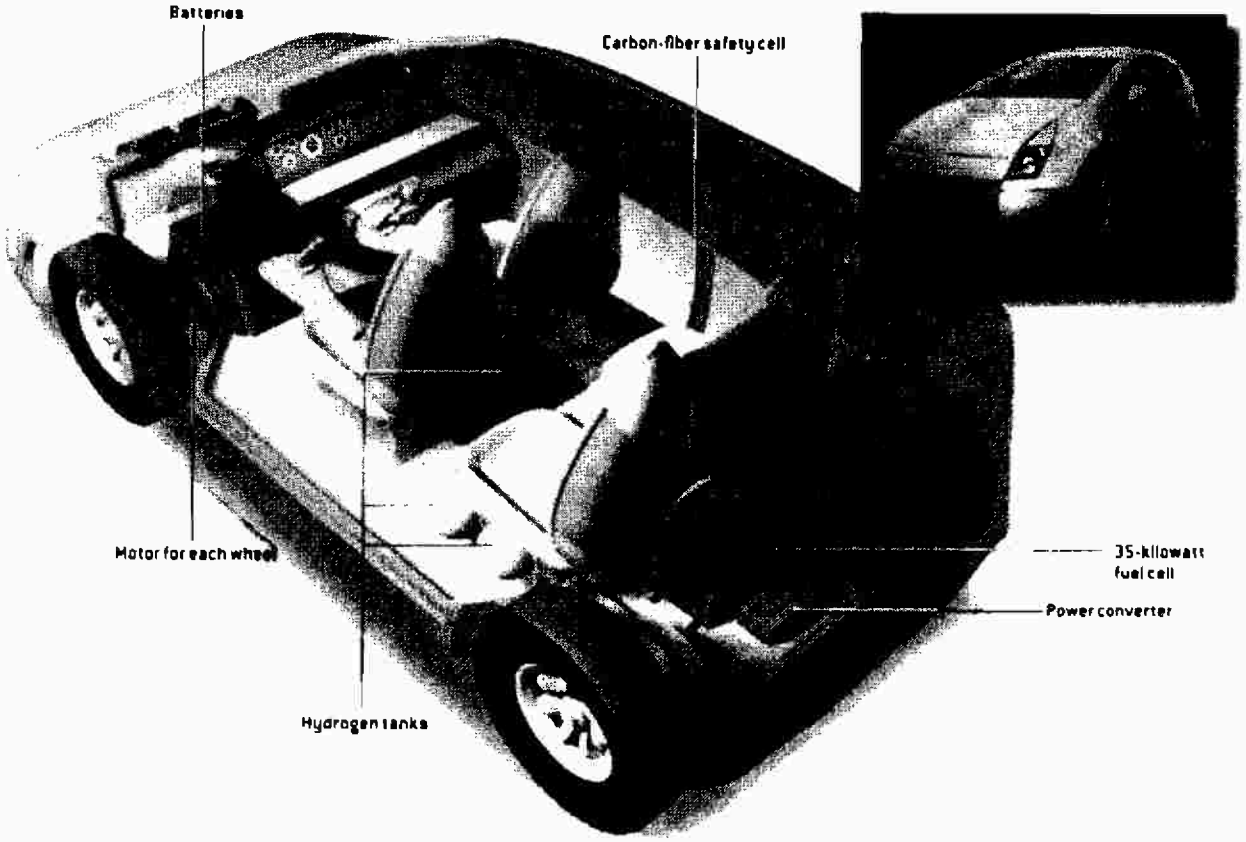
والنموذج الأول لسيارة Hy-wire يتكون من شاسيه يشبه شريحة التزلج على الجليد كما فى شكل (١٩ ، ٢٠) وفى هذا الشاسيه توجد مصفوفات خلايا الوقود والمحرك الكهربائى وأسطوانات الهيدروجين، ووسائل التحكم الإلكترونى والراديياتير (المبادل الحرارى) ولا يوجد به موتور احتراق داخلى أو محاور أو وصلات ميكانيكية. وفى هذه السيارة تكون القيادة بواسطة التكنولوجيا السلكية Autonomy وتوجد بالشاسيه بعض الوصلات التى تربط الشاسيه مع هيكل السيارة، وهذا النظام يجعل هيكل السيارة خفيف الوزن وغير معقد ومن الممكن استبداله بسهولة .

ومن مزايا السيارات التى تعمل بخلايا الوقود أن كفاءتها ضعف كفاءة السيارة التى تعمل بمحرك الاحتراق الداخلى، أى أنها تحتاج إلى نصف طاقة الوقود فقط، ولعل سهولة تغيير هيكل السيارة يجعل مالكها يستطيع تغييره كما يريد فيجعلها سيارة عائلية – سيدان، أو يحولها إلى منى فان mini van بعد ذلك. كما يستطيع أن يطور أداء السيارة وتحسينه بإضافة برامج أكثر حداثة soft ware كما فى الحاسوب بحيث تصبح أكثر ملاءمة للأغراض المستخدمة فيها تبعاً لرغبة صاحبها .



شكل (١٩) يبين الأجزاء التى تؤدى مختلف الوظائف فى تحريك السيارة التى تعمل بالهيدروجين بالنظام السلكى wire technology ولتى تنتجها شركة GM تحت مسمى Autonomy وهى على شكل شريحة التزلج على الجليد. ويلاحظ أن التكنولوجيا السلكية تغنى عن استخدام طارة القيادة والفرامل وغير ذلك من الأجزاء الميكانيكية المستخدمة فى السيارات التقليدية، كما أن موتور الاحتراق الداخلى قد تم الإستغناء عنه بأربع موتورات تعمل بالكهرباء قرب الإطارات. وهذا النظام يسهل على مصممى السيارات عمل تصميمات مختلفة لهيكل السيارة. وفى هذا النظام يمكن استخدام الشاسيه ليلائم أكثر من تصميم لهيكل السيارة. كما أن مالك السيارة يستطيع تغيير الهيكل لتصبح السيارة سيدان أو مينى فان أو سيارة فخمة أو غير ذلك، كما يمكن تحديث أداء السيارة بإضافة برمجيات حديثة Software لنظام الحاسوب الذى يتحكم فى أداء السيارة .

فى القيادة باستخدام نظام التحكم السلكى Autonomy لا يحتاج السائق أن يستخدم طارة الدركسيون أو علبة التروس Gear Box أو دواسة البنزين أو دواسة الفرامل أو الدبرياج فسيارة هاى وير Hy-wire مزودة بنظام للتحكم فى توجيه السيارة يسمى نظام X للقيادة (X-Drive) وفى هذا النظام يستطيع السائق أن يستخدم يده اليمنى أو اليسرى للقيام بتوجيه السيارة وزيادة سرعتها أو إبطائها، وقائد السيارة يبدأ فى تشغيلها بالضغط على زر القدرة Power Button ثم يختار بعد ذلك أحد الأوضاع الثلاثة: المور neutral، أو الإتجاه للوراء reverse، أو الحركة للأمام neutral. وفى نظام X للقيادة لا يوجد ذراع عجلة القيادة أو لوحة البيانات المثبتة



شكل (٢٠) سيارة خفيفة الوزن، متسعة، عالية الكفاءة من نوع SUV تم تصميمها عام ٢٠٠٠ وتزن 857 كيلو جرام فقط وهو نصف وزن السيارة التقليدية، إلا أن الدعامات المصنوعة من خيوط الكربون تزيد عامل الأمان فى السيارة عند حدوث تصادم. وبالسيارة خلايا وقود قدره 35 كيلواط يمكنها تحريك السيارة لمسافة ٥٣٠ كيلو متر وبها تانك يتسع لـ ٣,٤ كيلو جرام من الهيدروجين، ويمكن للسيارة أن تصل إلى سرعة ١٠٠ كيلو متر فى الساعة بعد ٨,٣ ثانية من بدء الحركة .

أمام السائق كما فى السيارات التقليدية، كما لا يوجد موتور الإحتراق الداخلى فى مقدمة السيارة. كل هذه الأشياء تجعل السيارة موديل هاى واير أكثر اتساعاً إذا ما قورنت بالسيارة التقليدية التى لها نفس الحجم. كما أن عدم وجود كتل ثقيلة مثل موتور الاحتراق الداخلى يجعل سيارة هاى واير مثل لوح التزلج على الجليد أكثر استقراراً على الطريق من السيارة التقليدية .

مستقبل صناعة السيارات التى تعمل بخلايا الوقود :

لعل التصميم البسيط للسيارات من طراز هاى واير Hy-wire سوف يؤدى إلى إنتعاش ملحوظ فى صناعة السيارات. فى الوقت الحالى رأس المال المستغل فى صناعة السيارات ضخم للغاية وحدود ربحيته متواضعة، فتزايد إنتاج السيارات فى اضطراد مستمر مما أدى إلى هبوط أسعارها فى الوقت الذى تتزايد فيه متطلبات الإنتاج بحيث تتمشى صناعة السيارات مع المتطلبات المتزايدة لضمان الأمان وعدم تلوث البيئة والرفاهية التى يتوق إليها أصحاب السيارات .

إن المفهوم الجديد لسيارات هاى واير Hy-wire سوف يطور من أنماط صناعة السيارات الموجودة حالياً ويقلل من تكلفة الإنتاج، فمع صناعة شاسيه منفصل عن صناعة الهيكل سيجعل من الممكن إنتاج تصميم واحد للشاسيه ويستخدم مع العديد من تصميمات هياكل السيارات. فى هذه الحالة سيكتفى بصنع ثلاثة أحجام فقط للشاسيه صغير ومتوسط وكبير. وهذا النمط سيسمح بزيادة الإنتاج وتقليل التكلفة، ونظراً لأن هذا الطراز يتميز بعدد من الأجزاء أقل بكثير مما في السيارات الحالية ستكون تكلفة الإنتاج أقل كثيراً. فمصفوفات خلايا الوقود تتكون من وحدات متشابهة وتبعاً للقدرة الكهربائية المطلوبة يمكن مضاعفة عدد الخلايا أو إنقاصها فى تلك المصفوفات .

فى الوقت الحالى يصل سعر مصفوفة الخلايا التى تعطى كيلواط واحد ألف دولار، إلا أن السعر سوف ينخفض عندما يزداد الإنتاج بحيث تصبح تكلفة المصفوفة عشر ثمنها الحالى، كما أن استخدام عناصر محفزة منخفضة التكلفة وكذلك الأغشية البوليمرية كما سبق أن ذكرنا سيخفض من سعر تلك الخلايا.

ونظراً لأن طراز هاي واير يتكون من شاسيه منفصل عن هيكل السيارة فشركات السيارات الكبرى يمكنها أن تصنع الشاسيه فقط وهو الجزء الأكثر تعقيداً فى السيارة ثم تصدره إلى مختلف الدول حيث يتم فيها تصنيع الهيكل وتجميعه مع الشاسيه. ومن ثم يكون سعر إنتاج الشاسيه اقتصاديًا للغاية لأن المصانع الكبرى يمكنها أن تنتجه بأعداد وفيرة دون أن تضيع الوقت فى صنع الهيكل الذى يمكن إنتاجه فى المصانع الصغيرة بمختلف الدول .

أما عن تطوير السيارة وتحسين أدائها فلا يحتاج لأكثر من تجديد البرمجيات وشراء أنواع متطور منها Soft ware تضاف للسيارة كما يمكن استبدال بعض المكونات Hard ware الخاصة بالتحكم .

ويستطيع صاحب السيارة أن يستبدل الشاسيه بآخر أحدث منه، أما الهيكل فيمكن استخدامه دون تغيير. ومن ثم تكون تكلفة تجديد السيارة وتحسين أدائها أقل من تكلفة شراء سيارة تقليدية جديدة .

تخزين وقود الهيدروجين داخل السيارة :

لعل مشكلة تخزين الهيدروجين داخل سيارة هاى واير Hy-wire من الموضوعات الهامة الواجب التغلب عليها، وتتلخص هذه المشكلة فى إيجاد طريقة آمنة لحمل كمية من الهيدروجين داخل السيارة تكفى لتسييرها لمسافة ٣٠٠ كم على الأقل، وأى طريقة لعملية التخزين داخل السيارة يجب أن تظل فى حالة جيدة وصالحة للاستخدام حتى تقطع السيارة مسافة ١٥٠٠٠٠ ميل، كما يجب أن تكون صالحة للاستخدام فى درجات حرارة من ٤٠°س إلى – ٤٠°س كما أن عملية تزويد السيارة بالوقود يجب أن لا تستغرق أكثر من خمس دقائق، وهناك العديد من الطرق لحفظ الهيدروجين إما على شكل غاز، أو على شكل هيدروجين سائل ولكل طريقة تحدياتها .

فاستخدام الهيدروجين على شكل غاز مضغوط داخل أسطوانات تتحمل ضغطاً يصل إلى ٥٠٠٠ باوند على البوصة المربعة (PSI) أى ما يعادل ٣٥٠ بار، لكن كمية الهيدروجين المطلوبة هى ١٠٠٠٠ PSI أى ٧٠٠ بار لكى تستطيع السيارة قطع مسافة ٣٠٠ ميل. ولدواعى الأمن يجب أن تتحمل الأسطوانة ضغطاً يصل إلى ضعف الضغط المستخدم فى الوقود. وتصنع تلك الأسطوانات من مواد مرتفعة الثمن مثل الخيوط الكربونية Carbon Fiber أو من الحديد، إلا أنها تكون ثقيلة الوزن وكبيرة الحجم وقد يصعب وضعها داخل السيارة .

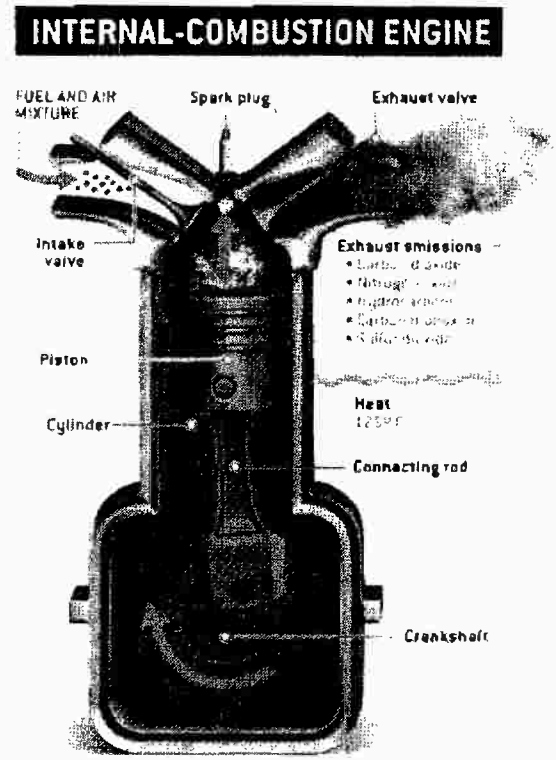
ويمكن حفظ الهيدروجين كذلك على شكل سائل، إلا أن ذلك يحتاج إلى قدر كبير من الطاقة لتبريد الغاز إلى درجة – ٢٥٣°س وحفظه فى أوعية معزولة عزلاً حرارياً، إلا أن من ٣ إلى ٤ ٪ من الهيدروجين المسال يتبخر فى اليوم الواحد ويتحول إلى غاز يمكن استخدامه فى اليوم التالى. أما إذا كانت السيارة تقف فى الجراج ولا تستخدم إلا على فترات متباعدة فسيكون تكلفة الهيدروجين المتبخر كبيرة .

لعل الحل الأمثل هو حفظ الهيدروجين فى الفراغات البينية لبعض هيدريدات الفلزات metal hydride. فى هذه الطريقة يجرش الهيدريد على شكل مسحوق ثم يعاد كبسه فيصبح مثل الإسفنج Sponge قادراً على امتصاص كمية كبيرة من

الهيدروجين. ولكى نستعيد الغاز منه يتم تسخين الهيدريد إلى درجة حرارة ١٥٠°س. ولاتزال البحوث فى هذا الصدد تسير فى بدايتها، إلا أن الأمل كبير فى أن تؤدى إلى عمل سبيكة صالحة لحفظ الهيدروجين وعلى درجة كبيرة من الأمان .

مقارنة بين خلية كهركيميائية وآلة احتراق داخلى

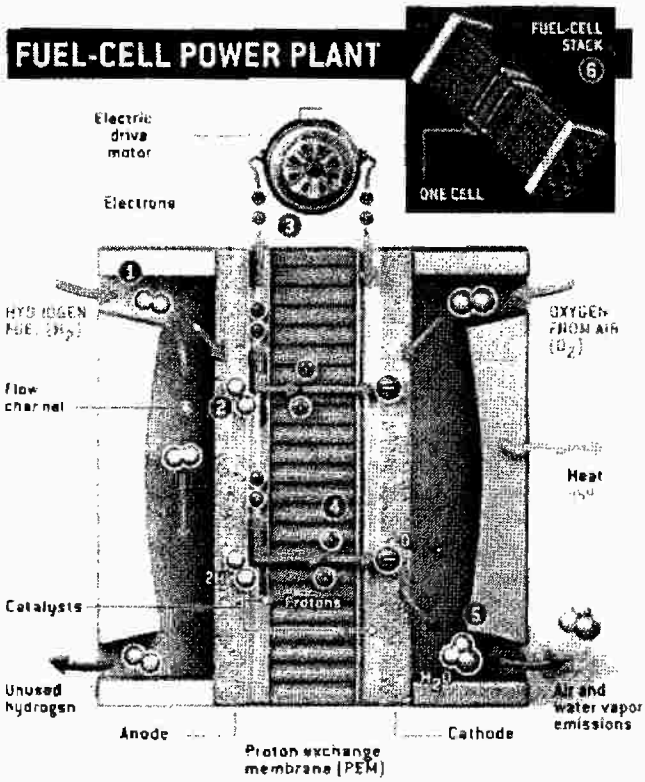
شكل (٢١-أ) آلة الإحتراق الداخلى



تصل كفاءة تلك الآلة إلي ٣٠ ٪

تستخدم معظم السيارات محركات احتراق داخلى رباعى الأشواط. يتحرك البستون Piston إلى أعلى وإلى أسفل مع حركة دوران الكرانك مبتدأ من أعلى الأسطوانة Cylinder. ينفتح الصمام الخاص بدخول الوقود مختلطاً بالأوكسجين إلى داخل الأسطوانة بينما يكون البستن إلى أسفل، يعود البستن إلى أعلى فيضغط على خليط الجازولين والهواء وتقوم شمعة الإشعال بحرق هذا الخليط فيزداد الضغط داخل الأسطوانة ويندفع البستن إلى أسفل، فيفتح صمام خروج الغازات. فتخرج غازات العادم خارج المحرك. وتبدأ الدورة من جديد.

شكل (٢١-ب) خلايا الوقود التى تولد الطاقة الكهربائية المحركة للسيارات



كفاءة تصل إلى ٥٥ ٪

تتكون خلايا الوقود من غشاء لتبادل البروتونات PEM وإلكترودين مساميين، أنود وكاثود مفصولين بواسطة غشاء بوليميري إلكتروليتي يسمح فقط بإمرار البروتونات. أحد سطحى كل من الآنود والكاثود مغطي بمادة محفزة. بعد دخول الهيدروجين (١)، يقوم المحفز المغطى لأحد سطحى الآنود بفصل الإلكترون عن البروتون (٢)و ينتقل الإلكترون عن طريق الآنود ليدير المحرك الكهربائى (٣)، ينتقل البروتون خلال الغشاء (٤) إلى الكاثود. يقوم المحفز المغطى لأحد سطحى الكاثود باتحاد الإلكترون العائد عن طريقه مع البروتون، ومع الأوكسجين الآتى من الخارج (من الهواء الجوى) ليكون الماء (٥)، تجمع الخلايا فى مجموعات لإعطاء الفلط المطلوب (٦) .