

الباب الثالث

السيارات التي تعمل بوقود الهيدروجين

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

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

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

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

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

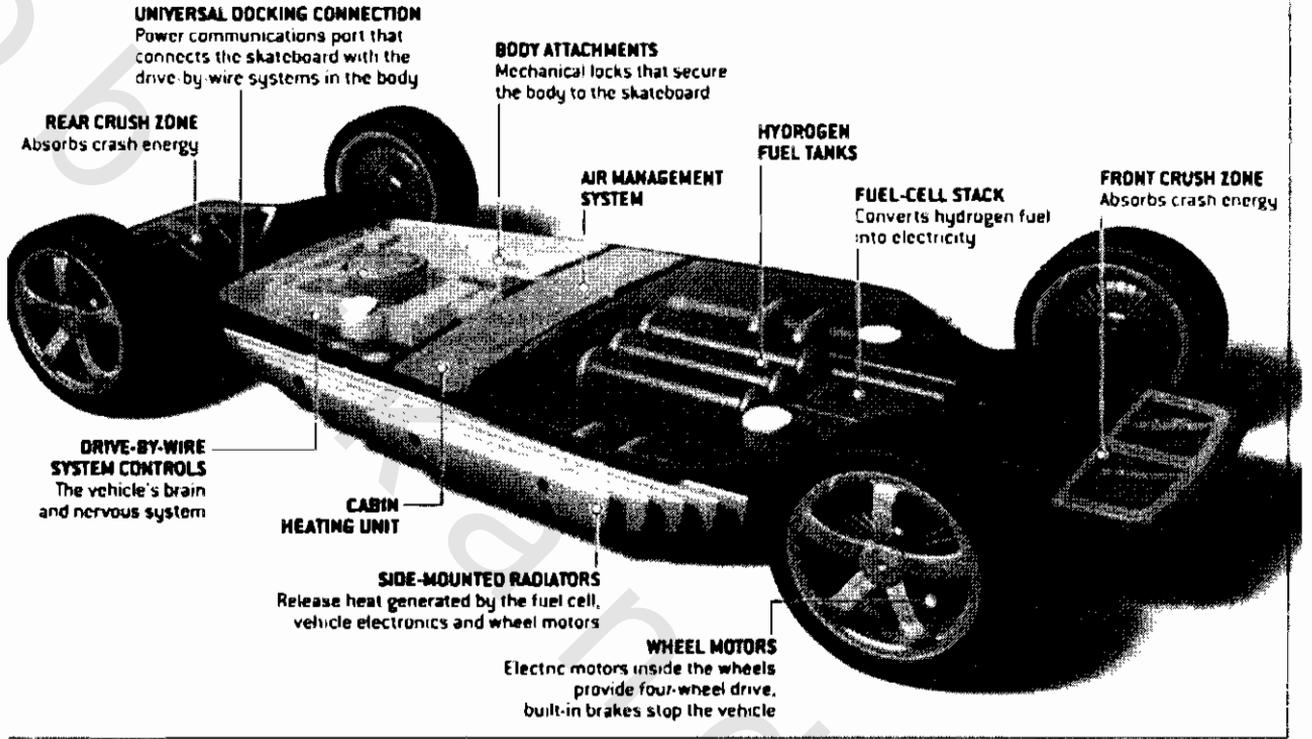
**التفكير في جيل جديد من
السيارات الصديقة للبيئة :**

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

وبإحلال خلايا الوقود وموتور كهربائي بدلاً من موتور الاحتراق الداخلي يمكن استخدام شاسيه مسطح كما في 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 .

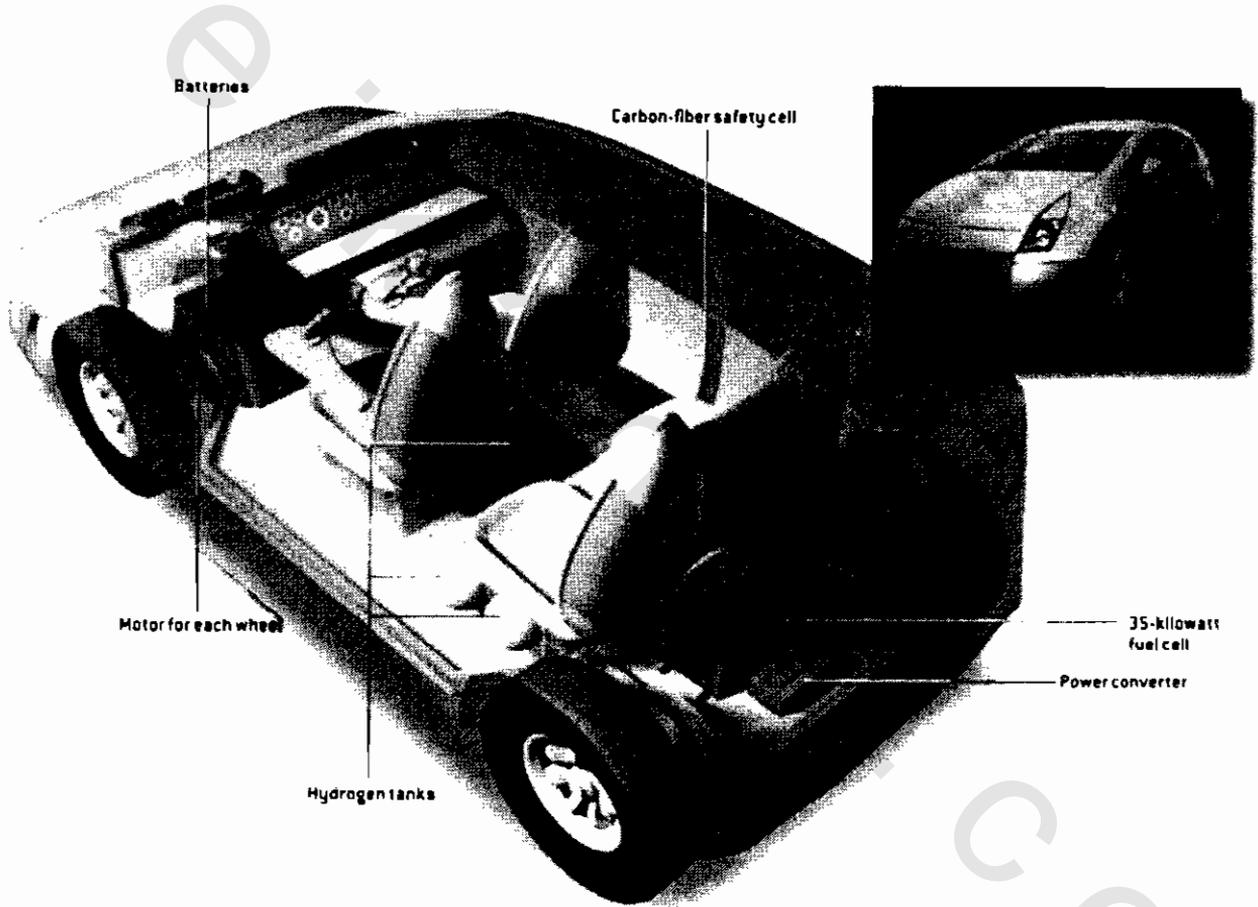
والنموذج الأول لسيارة Hy-wire يتكون من شاسيه يشبه شريحة التزلج على الجليد كما في شكل (١٩ ، ٢٠) وفي هذا الشاسيه توجد مصفوفات خلايا الوقود والمحرك الكهربائي وأسطوانات الهيدروجين، ووسائل التحكم الإلكتروني والرادياتير (المبادل الحرارى) ولا يوجد به موتور احتراق داخلي أو محاور أو وصلات ميكانيكية. وفي هذه السيارة 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 مالكيها 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 التي تؤدي مختلف الوظائف في تحريك السيارة التي تعمل بالهيدروجين بالنظام السلكي wire technology والتي تنتجها شركة GM تحت مسمى Autonomy وهي على شكل شريحة التزلج على الجليد. ويلاحظ أن التكنولوجيا الملكية تغني عن استخدام طارة القيادة والفرامل وغير ذلك من الأجزاء الميكانيكية المستخدمة في السيارات التقليدية، كما أن موتور الاحتراق الداخلي قد تم الإستغناء عنه بأربع موتورات تعمل بالكهرباء قرب الإطارات. وهذا النظام يسهل على مصممي السيارات عمل تصميمات مختلفة لهيكل السيارة. وفي هذا النظام يمكن استخدام الشاسيه ليلائم أكثر من تصميم لهيكل السيارة. كما أن مالك السيارة يستطيع تغيير الهيكل لتصبح السيارة سيدان أو ميني فان أو سيارة فخمة أو غير ذلك، كما يمكن تحديث أداء السيارة بإضافة برمجيات حديثة Software لنظام الحاسوب الذي يتحكم في أداء السيارة .

في القيادة باستخدام نظام التحكم السلبي 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 الإحتراق الداخلى يجعل سيارة هاى واير مثل لوح التزلج على الجليد أكثر استقراراً على الطريق من السيارة التقليدية .

لعل التصميم البسيط للسيارات من طراز هاى واير Hy-wire سوف يودى 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 تزايد 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 منفضل 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 فى السيارات الحالية ستكون تكلفة الإنتاج أقل كثيراً. فمصنوعات خلايا الوقود تتكون من وحدات متشابهة وتبعاً للقدرة الكهربائية المطلوبة يمكن مضاعفة عدد الخلايا أو إنقاصها فى تلك المصنوعات .

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 هاى 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 اقتصادياً للغاية لأن المصانع الكبرى يمكنها أن تنتجه بأعداد وفيرة دون أن تضع الوقت فى صنع الهيكل الذى يمكن إنتاجه فى المصانع الصغيرة بمختلف الدول .

مستقبل صناعة السيارات التى تعمل بخلايا الوقود :

أما عن تطوير السيارة وتحسين أداؤها 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 بأخر أحدث منه، أما الهيكل فيمكن استخدامه دون تغيير. ومن ثم تكون تكلفة تجديد السيارة وتحسين أداؤها أقل من تكلفة شراء سيارة تقليدية جديدة .

لعل مشكلة تخزين الهيدروجين داخل سيارة هاي واير Hy-wire من الموضوعات الهامة الواجب التغلب عليها، وتلخص هذه المشكلة في إيجاد طريقة آمنة لحمل كمية من الهيدروجين داخل السيارة تكفي لتسييرها لمسافة ٣٠٠ كم على الأقل، وأى طريقة لعملية التخزين داخل السيارة يجب أن تظل في حالة جيدة وصالحة للاستخدام حتى تقطع السيارة مسافة ١٥٠٠٠٠ ميل، كما يجب أن تكون صالحة للاستخدام في 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 هي ١٠٠٠٠٠ PSI أى ٧٠٠ بار لكي 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 .

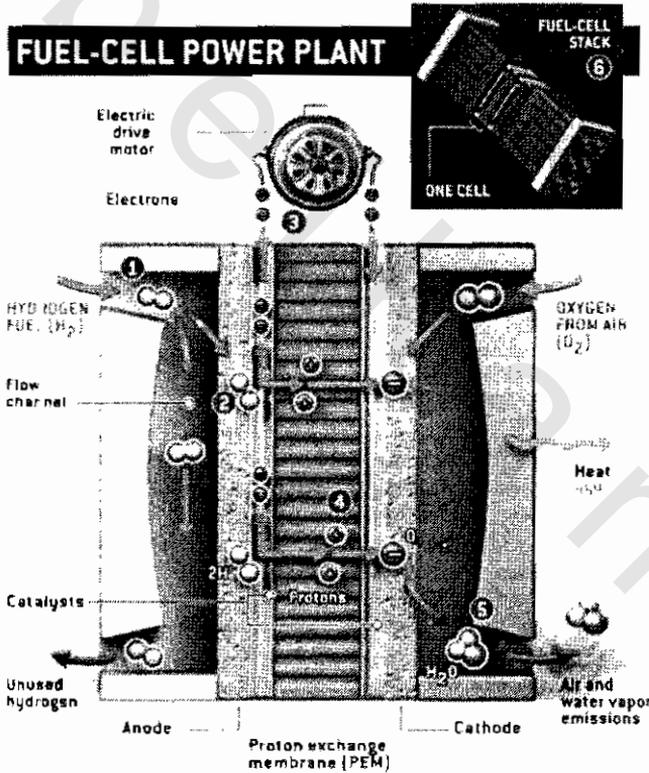
لعل الحل الأمثل هو حفظ الهيدروجين فى الفراغات البينية لبعض هيدريدات الفلزات metal hydride. فى هذه الطريقة يجرش الهيدريد على شكل مسحوق ثم يعاد كبسه فيصبح مثل الإسفنج Sponge قادراً على امتصاص كمية كبيرة من

تخزين وقود الهيدروجين داخل السيارة:

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

مقارنة بين خلية كهركيميائية وآلة احتراق داخلي

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

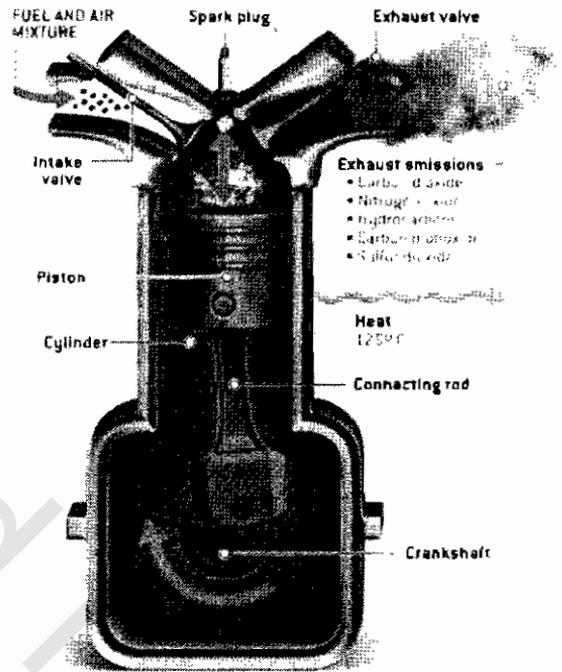


كفاءة تصل إلى ٧٥٥٪

تتكون خلايا الوقود من غشاء لتبادل البروتونات PEM والكثودين مساميين، أنود وكاثود مفصولين بواسطة غشاء بوليميري إلكتروني يسمح فقط بإمرار البروتونات. أحد سطحى كل من الأنود والكاثود مغطى بمادة محفزة. بعد دخول الهيدروجين (١)، يقوم المحفز المغطى لأحد سطحى الأنود بفصل الإلكترون عن البروتون (٢) وينتقل الإلكترون عن طريق الأنود ليدير المحرك الكهربائي (٣)، ينتقل البروتون خلال الغشاء (٤) إلى الكاثود. يقوم المحفز المغطى لأحد سطحى الكاثود بإتحاد الإلكترون العائد عن طريقه مع البروتون، ومع الأوكسجين الآتى من الخارج (من الهواء الجوى) ليكون الماء (٥)، تجمع الخلايا في مجموعات لإعطاء الفلظ المطلوب (٦).

شكل (٢١-أ) آلة الإحتراق الداخلى

INTERNAL-COMBUSTION ENGINE



تصل كفاءة تلك الآلة إلى ٣٠٪

تستخدم معظم السيارات محركات احتراق داخلي رباعى الأشواط. يتحرك البستون Piston إلى أعلى وإلى أسفل مع حركة دوران الكراتك مبتدأ من أعلى الأسطوانة Cylinder. يفتح 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.