الباب الرابع

هندسة النقل

الجرارات

تعتبر الجرارات (الشكل ١) من أهم وسائل العمل في الغابات والأراضي الزراعية. لا يقتصر استخدامها كوسيلة للجر فقط بل تشكل الجرارات القاعدة الأساسية في تجمع بين وظائف العديد من الآلات العاملة في الحقول من أجل معالجة التربة الزراعية.

الدفع 1 2 3

يجب أن تعمل الجرارات في المسالك الوعرة في الحقول بالإضافة لأعمال أخرى «مثل جر المحراث» لقد جهّزت الجرارات بعجلات دفع كبيرة خاصة من أجل نقل قوى الدفع اللازمة إلى الأرض والمحافظة عليها في الوقت نفسه. في الجرارات البسيطة أو القديمة استخدم زوج العجلات الخلفية فقط في عملية الدفع لذلك كانت هذه هي الكبيرة فقط، أما الجرارات الحديثة فتسير بدفع رباعي، لذا نجد أن عجلاتها الأمامية أيضاً كبيرة (أنظر الشكل ١). لقد حسّنت هذه العجلات عملية الجرّ (Traction) ولأن ضغط عجلاتها على الأرض أقل فهي أيضاً تخفف من عملية رص التربة.

تستخدم لدفع الجرارات محركات ديزل ذات حجوم كبيرة تتراوح استطاعتها ما بين ٣٧ كيلو واط (٥٠ حصان) و١٨٤ كيلو واط (٢٥٠ حصان) تقريباً، إذ أنها تتميز باستطاعة ثابتة على مجال واسع من سرعات الدوران المنخفضة حوالي (٢٠٠٠ دورة في الدقيقة) مما يساعد على توليد قوى دفع كبيرة (الشكل ٢).

إن عملية نقل القوى إلى عجلات الجرار لا تقل أهمية عن المحرك بحد ذاته وحتى تحقق الجرارات سرعات عالية نسبياً أثناء سيرها على الطريق (٣٠-٥٠ كم/سا كحد أعظمي)، وذلك إلى جانب قدرتها على السير البطيء جداً في الحقل، فقد زودت بعلبة سرعة فيها من ٢٠-٢٥ مرحلة للحركتين الأمامية والخلفية.

يتم من خلال صندوق التروس العكسي تغيير اتجاه الدوران لجميع مسننات السرعات بحيث يكون عدد مراحل السرعات متساوٍ أثناء تقدم ورجوع الجرار. لقد جهزت الجرارات الحديثة بنظام أوتوماتيكي متطور لتسهيل التعامل مع علبة السرعة المعقدة نظراً لما تحويه من سرعات كثيرة ونظام شد رباعي ونظام تحكم بمسارات الجهاز التفاضلي (الشكل ٣)، حيث يمكن للسائق تحديد الاتجاه والسرعة بواسطة ذراع تحكم واحد (Joystick)، ويتم اختيار السرعة المناسبة لكل حالة بشكل آلي. يساعد عاكس الحركة السريع على التبديل المباشر بين أية سرعة أمامية وأخرى خلفية ويمكن أيضاً أن يزود الجرار بمنظم سرعة (Tempo mat) مهمته تثبيت السرعة عند القيمة المطلوبة بغض النظر عن حمل الجرار.

نظام سوائل القدرة (Hydraulic)

تزود الجرّارات الحديثة بمضخة أو اثنتين لسوائل القدرة يتم تدويرها عن طريق المحرك. وتؤمن هذه المضخات زيتاً بضغط عالي لتشغيل الجرّار ذاته (لجهاز التوجيه الهيدروليكي مثلاً) ولتشغيل الأجهزة الأخرى العاملة بسوائل القدرة. ويمكن بواسطة محور الجمع تحصيل عزوم الدفع الهيدروليكية والميكانيكية لخدمة الأجهزة المركبة خارجياً. ومن التجهيزات النظامية المتلازمة مع الجرارات الحديثة رافعة خلفية تعمل بسوائل القدرة، حيث تؤثر عناصر العمل الموصلة بها على التربة بقوة ضغط محسوبة ولفترة محددة، كما أن هذه الرافعة يمكن أن ترفع الجرار ذاته عند تبديل أحد إطاراته على سبيل المثال. وبالإضافة إلى ذلك يُزود كثير من الجرارات برافعة أمامية ومآخذ أمامية للزيت المضغوط، يمكن عن طريقها فصل وتشغيل عناصر عمل في مقدمة الجرار.

مآخذ الحركة من الجرار Zapf Ellen

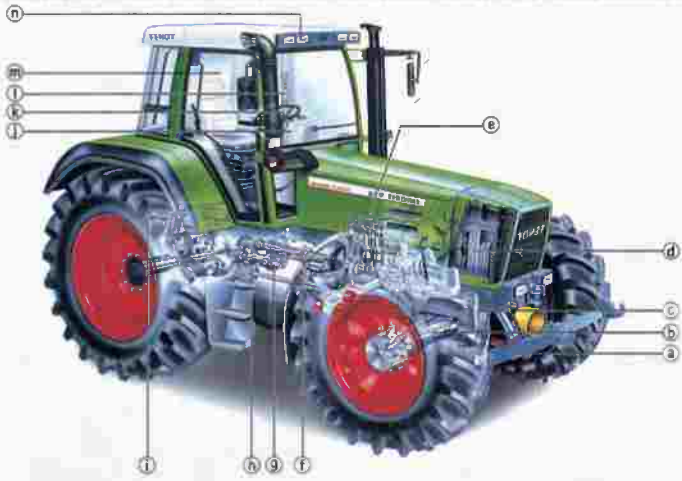
بالمقارنة مع أسطوانة التحويل الهيدروليكية الخاصة بالمحراث الدوراني التي تعمل في حركة متقطعة تحتاج عناصر عمل أخرى (مثل الحصادة ومقلبات التربة

والدّراسة وآلة جني البطاطا، وغيرها..) إلى العمل المستمر، الأمر الذي يستدعي استخدام عمود تدوير ميكانيكي بدلاً من الهيدروليكي، بحيث يبرز مؤخرة الجرار (المحور الخارجي الخلفي Heckzapfwelle) أو من المقدمة كما في بعض أنواع الجرارات إذ تزود أيضاً بمحور خارجي أمامي (Frontzapfwelle). وترتبط المحاور الخارجية مع محرك الجرار عن طريق قابض (فاصل واصل)، إذ يمكن وصلها من حجرة السائق عن طريق كبسة زر، وبذلك يمكن فصل ووصل عنصر العمل المرتبط معها.

حجرة السائق:

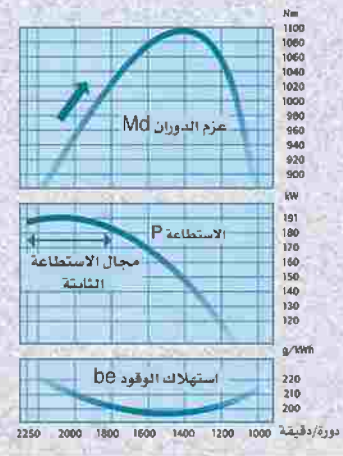
تجهز الجرارات الحديثة بحجرة مغلقة مكيفة للسائق مزودة بعزل صوتي ومخمدات اهتزاز. بالإضافة إلى العدادات ووسائل المراقبة تجد اليوم في حجرة الجرار الحديثة أيضاً حاسوباً لتسجيل مراحل العمل.

❶ الجرار



ⓐ الرافعة الأمامية
ⓑ محور الدفع الأمامي
ⓒ عمود (محور خارجي أمامي)
ⓓ مبرد هوائي
ⓔ محرك ثابت الاستطاعة
ⓕ محرك هيدروليكي
ⓖ مضخة هيدروليكية
ⓗ جهاز دفع رباعيمغلق
ⓘ رافعة هيدروليكية
ⓙ شاشة السائق
ⓚ ذراع القيادة
ⓛ حالات العمل: للدفع الرباعي والجهاز التفاضلي والأعمدة الخارجية والنظام الهيدروليكي ومرونة محور الشد الأمامي
ⓜ حجرة السائق
ⓝ مصابيح احتياطية

❷ المنحنيات المميزة لمحرك الجرار



❸ مبدل السرعات لعلبة سرعة أتوماتيكية في جرار حديث

الجرارات

الرافعات

يدخل تحت اسم الرافعات كل وسائل الرفع التي تستخدم من أجل رفع حمل وتحريكه في مختلف الاتجاهات بواسطة أداة رفع (غالباً ما تكون جبلاً).

تدرج الرافعات ضمن تقنيات آلات النقل تحت ما يسمى بالنواقل غير المستمرة؛ وهذا يعني أنه بخلاف النواقل التي تعمل باستمرار (مثل السيور الناقلة)، فإن النواقل غير المستمرة تقوم بأشواط عمل محددة زمنياً، إذ أنها تقوم بعد نقل الحمل بحركة عكسية فارغة. ومن أهم أنواع الرافعات: الرافعات البرجية والقنطرية والجسرية والسلكية والرافعات المحمولة على آليات.

الرافعات البرجية

تعد الرافعات البرجية أهم آلات النقل وبالأخص في أعمال البناء (الشكل ١). وتتميّز بذراعها الطويل، الذي يمكن أن يزيد طوله عن ارتفاع برج الرافعة. كما يمكن إيصال المواد إلى أية نقطة تقع ضمن مجال دوران الذراع، إذ أن الرافعات البرجية تتفوق على أية وسيلة رفع أخرى في سرعتين النقل والرفع. ويحدد حجم الرافعة بشكل أساسي من عزم الحمل وارتفاعه المطلوبين. ويتم تحقيق ثبات الرافعة ضد الانقلاب عن طريق كتلة موازنة تضاف إلى الوزن الذاتي للبرج، كما تقوم عناصر الحماية من التحمل الزائد بإيقاف الرافعة أوتوماتيكياً للتقليل من خطر الحوادث. ويمكن تقسيم الرافعة البرجية إلى ثابتة وأخرى متنقلة، هذا بالإضافة إلى الرافعات المزودة بأذرع خاصة. عموماً تتحرك الرافعات المتنقلة على سكة ويجود منها نوعان: ذات دوران علوي (مستوي الدوران تحت حجرة السائق مباشرة) أو ذات دوران سفلي (مستوي الدوران في العربة السفلية). أما الرافعات البرجية الثابتة فهي دوماً ذات دوران علوي ويتم تثبيتها بالأرض بواسطة قاعدة إسمنتية.

وسائط رفع أخرى ثابتة ومتنقلة ❷ ❸

توجد الرافعات القنطرية بشكل خاص في صالات الإنتاج وفي رُدهات الورشات. يتألف هذا النوع من الرافعات من قنطرة مستوية سيارة ذات دعامتين ومن جسر

الرافعة الذي يحدد مجال عمل الرافعة (على سبيل المثال عرض المستودع). تملك الرافعات القنطرية دعامة ثابتة متصلة بجسر الرافعة بشكل ثابت ودعامة متأرجحة يتم تركيبها بشكل متحرك، يمكن من خلاله تعيير المسار بين السكتين لتحقيق توازن الرافعة. وهي قادرة على تنفيذ ثلاث حركات وهي حركة الرفع أو الخفض باستخدام جهاز الرفع، وحركة العربة نحو اليمين واليسار وحركة الرافعة بكاملها إلى الأمام والخلف وذلك باستخدام آليات التحريك الموجودة عند دعامات الاستناد. بخلاف الرافعات القنطرية فإن الرافعات الجسرية لا تملك دعامات استناد بل يتحرك جسر الرافعة على سكة علوية وبالتالي فهذه الرافعات لا تعيق منطقة العمل المتوضعة أسفل الرافعة.

ويوضح الشكل (٣) بنية جهاز الرفع «رفع كهربائي» في الرافعات الجسرية والقنطرية وكيفية استخدامه. تتألف آلية الرفع من ملفاف بداخله بنيت علبة سرعة كوكبية، وعلى سطحه الخارجي يلف الحبل الفولاذي. ويقاد الملفاف عن طريق محرك كبح كهربائي موصول عن طريق قارنة بعلبة سرعة كوكبية مهمتها تخفيض السرعة العالية للمحرك بما يتوافق مع السرعة الفعلية اللازمة لعمليات الرفع والتنزيل. لقد صمم المحرك بحيث يحافظ على ثبات الحمل في وضعيته عن طريق الكبح الملازم لإيقاف جهاز الرفع. وعند الحاجة لخطوات دقيقة في حركتي الرفع والتنزيل يمكن تركيب محرك كهربائي دقيق إضافي، من شأنه تحقيق تخفيض إضافي لسرعة الرفع.

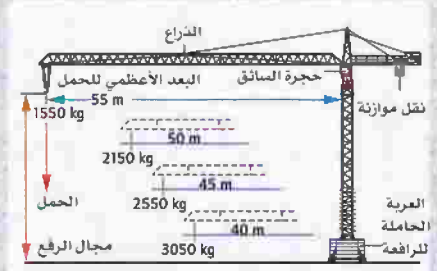
في الرافعات السلكية يستخدم سلك شد بدلاً من جسر الرافعة الجاسئ المستخدم في الرافعات القنطرية والجسرية. حيث يتم تحريك العربة على هذا السلك من خلال الحبل السيار. يتحقق التوتر في سلك الشد من خلال دعامتين (برجين)، حيث يؤدي هذين البرجين ملفافي حركة العربة وحركة الرفع والتنزيل (حبل الرفع) ضمن صندوق خاص. تستخدم الرافعات السلكية على نحو خاص في

المنشآت ذات الامتداد الطولي (السدود والجسور) ويمكن أن تصل مسافة سلك الشد حتى ١٠٠٠م.

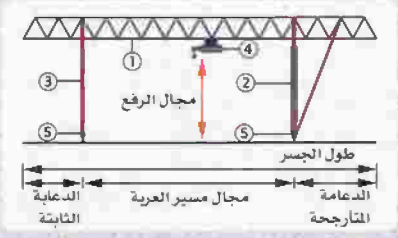
الرافعات المحمولة ❹

تتحرك الرافعات المحمولة بشكل ذاتي فوق عربات على الطرق العامة أو على سكك بواسطة دفع محركات الديزيل. ويتم نقل القدرة لتحريك ذراع الرافعة في الغالب هيدروليكياً، حيث يدير محرك الديزل مضخة هيدروليكية، تقوم بدورها بتزويد الاسطوانات الهيدروليكية بالزيت المضغوط. ويمكن لذراع الرافعة ذي البنية التلسكوبية أن يمتد لثلاثة أو أربعة أضعاف طوله (وهو محمّل أيضاً). ويظهر الشكل (٤) تغير قيمة الحمل العملية مع تغير ارتفاع الحمل وامتداد الذراع. ويمكن تحسين ثبات الرافعة عند تحرك الذراع باستعانة بركائز سفلية تلسكوبية. تتميز آلات الرفع المحمولة بزمن تنصيب قصر ويعود ذلك إلى ذراعها التلسكوبي المتغير الشوط. كما أنها مناسبة جداً للعمل المتنقل لأنها تعمل بمحرك الذاتي. إن المجالات الرئيسية لاستخدام هذه الرافعات هي في أعمال البناء والتركيب وخاصة في بناء الجسور والأبراج كما أنها تستخدم في بناء المنشآت الإنتاجية (كالمنشآت الكيميائية على سبيل المثال).

❶ الرافعة البرجية

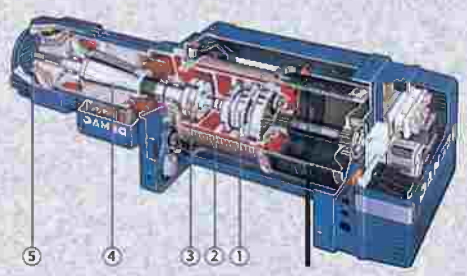


❷ رسم تخطيطي للرافعة القنطرية



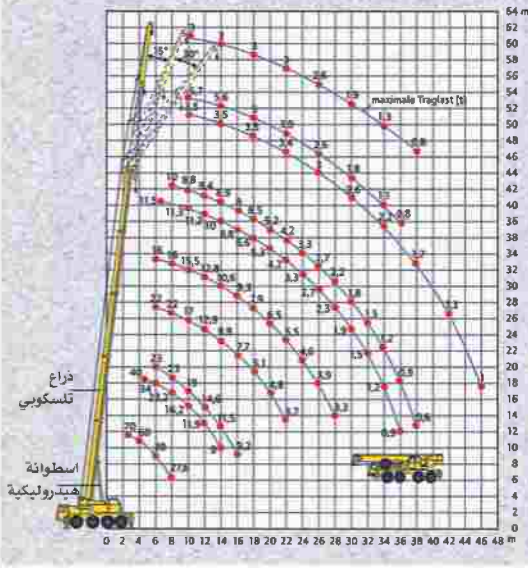
① جسر الرافعة
② الدعامة الثابتة
③ الدعامة المتارجحة
④ العربة السيارة مع جهاز الرفع
⑤ جهاز سحب الرافعة

❸ بنية جهاز الرفع



① علبة سرعة كوكبية
② ملفاف
③ قارنة
④ محرك كبح كهربائي
⑤ مكابح

❹ الرافعة المحمولة ذات الذراع التلسكوبي (حمولة 70 طن)



الغرافات: Bagger

تستخدم الغرافات لنبش وتحميل ونقل الأتربة والرمل والردم، وهي مثل الرافعات (←) غالباً ما تدعى بالنواقل غير المستمرة. مع العلم أنه يوجد فيها مجموعة من الآلات التي تعمل على نحو مستمر مثل الغرافات القرصية. تستخدم الغرافات في المنشآت السكنية والبرجية والصناعية لأعمال الرفع والنقل، وفي مجال الطرق والسكك الحديدية لإنشاء السدود والطرق، وفي مجال الأقنية والأنهار والموانئ لشق المجاري، كما تستخدم في التنقيب عن الثروة الباطنية. أهم أنواعها هي الغرافات الهيدروليكية والغرافات التداخلية (التلسكوبية) وغرافات الناعورة وغرافات المجارف المسلسلة (الكراكات) وغرافات التسوية.

الغرافات الشاملة ❶ ❷

تتمتع الغرافات الهيدروليكية بمجال استخدام واسع (الغرافات الشاملة) وهي مزودة بعربة حاملة ذات جنزير أو عجلات تتوضع عليها العربة العلوية والذراع الذي يحمل وعاء الحفر. يتم الحصول على الحركات كالدوران والمسير وتغيير وضعية المغرفة (السطل) بواسطة أجهزة دفع هيدروستاتيكية. ومن أهم معطيات الآلة مخطط مدى الذراع ووزنها العامل واستطاعة محركها (الشكل ١). يمكن استخدام أوعية حفر مختلفة من المغارف والمماسك وذلك بحسب طبيعة العمل، وطريقة الحفر وحجم الغرّافة (الشكل ٢).

تشبه الغرافة التداخلية (التلوسكوبية) مثيلتها الهيدروليكية في البنية، لكن ذراعها غير القابل للثني بإمكانه التمدد والدوران فقط. يرتكز الذراع التداخلي (التلسكوب) المثلثي المقطع على أرجوحة ويمكنه الدوران حول محوره الطولي بالاتجاهين. بذلك فإنه يتيح العمل في أربعة اتجاهات نحو الأعلى والأسفل ونحو اليمين واليسار. وفي وضعية شبه عمودية نحو الأسفل يمكن حفر بئر ضيقة يصل عمقها بحسب طول الذراع التداخلي حتى ١٢م. إن أهم استخدامات الغرافات

التداخية هو حفر الخنادق والمنحدرات ذات المقاطع الدقيقة بسبب المدى البعيد لذراعها والتوجيه المستقيم لأداة العمل، كما أنها تستخدم أيضاً في الأنفاق والمناجم.

الغرّافات المتعددة الأوعية 3

تعد غرافات المجارف المسلسلة من الغرافات المستمرة المتعددة الأوعية، تثبت فيها المجارف المكورة الشكل على سلسلة مغلقة ذات مفاصل فولاذية، توجد في مسار ثابت يحوي في نهايته على طارة لتحويل الاتجاه. تفرّغ المجارف عند مرورها فوق الطارة العلوية، حيث تتابع المادة المحمولة سيرها عبر سيور ناقلة. إن أهم استخدامات غرافات المجارف المسلسلة في نقب الحفر الحصوية وفي شق الأقنية. ويمكن لهذه الأنواع من الغرافات السير على سكك أو جنازير، لكن إمكاناتها للمناورة محدودة بسبب حجمها الكبير. وللحصول على آلية عائمة يتم تثبيت غرافة المجارف المسلسلة في جسم سفينة وذلك من أجل تجريف مجاري الأنهار أو القنالات.

كما هي الحال في غرافات المجارف المسلسلة فإن لغرافات الناعورة (الشكل ٣) ايضاً مجال استخدام محدود. يركب في مقدمة ذراع هذه الغرافة المستمرة المتعددة الأوعية مجموعة من المجارف المزودة بمخالب تساعدها على نبش التربة الصلبة. ويبلغ قطر ناعورتها أكثر من ٢٠ متراً وتسمح بمعدل تجريف عالٍ. وإلى جانب ذراع الناعورة يركب ذراع معاكس مع سير ناقل من أجل ترحيل المواد المفرغة. وتستخدم هذه الآلة بالدرجة الأولى في المناجم للحصول على الفحم البني على سبيل المثال.

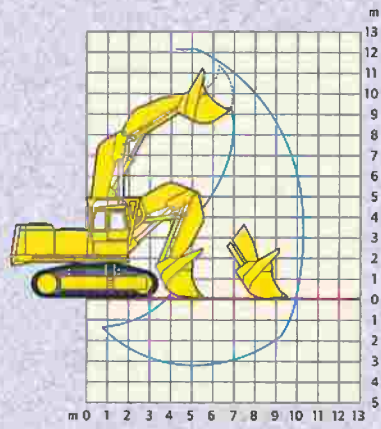
غرافات التسوية 4

تستخدم غرافات التسوية لنزع طبقة من الأرض رقيقة نسبياً ومن هذه الآلات جرافة التسوية والممهدة (Grader) وجرافة التحميل (Laderaupen) والكاشطة (Scraper). وعلى عكس أنواع الغرافات السابق ذكرها تتحرك هذه الآليات دوماً بأكملها.

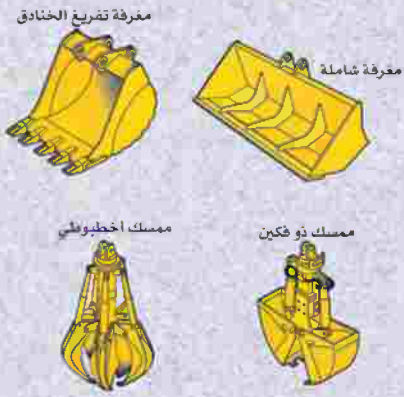
تزود جرافات التسوية بشفرة أمامية تتقدم الجنزير قادرة على الحركة نحو الأعلى والأسفل. يعد استخدامها مجدياً اقتصادياً فقط عندما لا يزيد مدى النقل

عن ٦٠ متراً. وتستخدم الجنازير لإزاحة طبقات التربة أو لعمليات تسوية أولية. وفي مقابل ذلك تؤمن المهدة عمليات التسوية الدقيقة، وهي آلة ذات محورين أو ثلاثة محاور تحتوي على سكة التسوية في وسط الآلة بين العجلات الأمامية والخلفية (الشكل ٤). تتمتع جرافة التحميل ببنية شبيهة بجرافة التسوية لكنها تحمل مجرفة تحميل (سطل) بدلاً من سكة التسوية، ويكون محركها في مؤخرة الآلة ليوازن المجرفة ومحتواها. تغرف جرافات التحميل أكوام المواد المزاحة من قبل آلة التسوية بواسطة مجرفتها من أجل نقلها. عند الحاجة لتفريغ مساحات كبيرة او لنقل كميات كبيرة تستخدم العربة الكاشطة، وقد صمم جاروفها بحيث يكشط التربة ويزيل الطبقة المكشوطة عند تقدم العربة نحو الأمام.

❶ مخطط مدى الذراع لغرافة هيدروليكية
ذات عربة حاملة مجنزرة



❷ أنواع مختلفة من المغارف
والمماسك للغرافة الهيدروليكية



❸ غرافة الناعورة

❹ المُمَهِّدة

باكـر

السيارة (لمحة عامة)

منذ صناعة أول مركبة عام ١٨٨٥ على يد المهندس الألماني كارل بنز (Carl Benz ١٨٤٤ - ١٩٢٩) أخذت صناعة المركبات تطوراً سريعاً. بخلاف وسائل النقل الأخرى (مثل القطار والسفينة) يطلق اليوم اسم المركبات على وسائط النقل البريّة المقادة بواسطة محركاتها الذاتية والتي لا ترتبط بسكة ولا تعمل في مجال الشحن أو الجر. تشكل السيارات السياحية (pkw) وسيارات النقل ذات الحمولات والباصات أهم أشكال المركبات، وهي تتألف بشكل عام من العناصر التالية: المحرك وأجهزة نقل محركة وأجهزة القيادة والمجموعة الكهربائية الإلكترونية والهيكل (الشكل ١).

المحرك وعلبة السرعة:

تتحرك السيارات السياحية غالباً بمحركات رباعية الشوط، محرك بنزين (محرك أوتو ⟵) أو محرك دزيل (⟵). حقق تصميم هذه المحركات بشكل عام نجاحاً بالمقارنة مع المحركات الثنائية الشوط ومحرك فانكل الذي تم تطويره في الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي (⟵). في التصميم النظامي يتوضع المحرك وأجهزة نقل الحركة الضرورية في المقدمة. في المركبات الصغيرة والمتوسطة يفضل الجر بواسطة المحور الأمامي أما المركبات الكبيرة فيكون الدفع فيها على المحور الخلفي. هذا بالإضافة إلى أجهزة الدفع الرباعي التي تستخدم منذ عدة سنوات أيضاً للمركبات السياحية (⟵). من أجل رفع استطاعة المحرك تم تطوير طرق مختلفة لإدخال الشحنة (⟵)؛ هذا يعني رفع ضغط الهواء قبل دخوله إلى الأسطوانة. وتراهن التوجيهات الحديثة على مبادئ دفع بديلة، مثل خلايا الوقود (⟵)؛ والغاز الطبيعي (⟵) والدفع الكهربائي والمختلط (⟵) على سبيل المثال. حيث أن محركات الاحتراق الداخلي لا تستطيع إعطاء عزم الدوران من حالة الوقوف، فهي بحاجة إلى قارنة (قابض ⟵) لنقل استطاعة المحرك إلى

عجلات التدفع ولتجاوز مرحلة سرعة الدوران المنخفضة. هذا وبما أن الضرورة تقتضي توفر قوة الدفع على كامل مجال سرعة المركبة، كان لا بد من وجود علبة سرعة (⟵) ليتم من خلالها توافق سرعة دوران المحرك مع طاقة التسارع أو التسلق ومع سرعة المركبة كذلك. لقد تم في الثلاثينيات من القرن السابق في الولايات المتحدة ابتكار علبة السرعة الأوتوماتيكية، التي استخدمت فيها محولات العزم الهيدروليكية وعلبة السرعة الفلكية، وما تزال تستخدم إلى الآن.

جهاز القيادة:

ينتمي إلى أجهزة القيادة كل الأجزاء المسؤولة عن الأمان والقيادة المريحة للمركبة، وأهمها عنصر تعليق العجلات ومخمد الصدمات وكذلك المكابح وغيرها. بالنسبة لعنصر تعليق العجلات نميز ما بين تصميمين أحدهما خاص بالمحور الأمامي والآخر للمحور الخلفي؛ إذ تحدد مواصفات مسير السيارة تبعاً لتصميم المحور الأمامي المسؤول عن حركة التوجيه والذي يتلقى الحمل الأكبر في حالة الكبح، كما أنه يتولى الشد في معظم السيارات. يوجد في السيارات بشكل عام على المحورين جهاز تعليق مستقل لكل عجلة يؤمن تماساً مثالياً بينها وبين الطريق يدعمه في ذلك مخمد الصدمات.

في مجال المكابح على وجه الخصوص (⟵) استخدمت في السنوات الأخيرة ابتكارات حديثة، تم تطبيقها في السيارات الصغيرة والمتوسطة. وما تزال المكابح القرصية هي القياسية، لكنها اكتسبت أماناً إضافياً بالدرجة الأولى عن طريق نظام منع القفل (ABS)؛ حيث لن تصل بذلك العجلات إلى حالة القفل (الانزلاق) ولاحتى عند الكبح الكلي على طريق أملس. كما يشكل تنظيم انزلاق الدفع (ASR) تطوراً أحدث، إذ أنه يمنع العجلات القائدة من الدوران في المكان على طريق أملس عند الدوس على دعسة الوقود.

الإلكترونيات:

يمكن التقدم في مجال الأمان ليتحقق لولا استخدام العناصر الإلكترونية. إن الأنظمة الحديثة للأضواء الكاشفة ذات المردود العالي (مصابيح انفراغ غاز الكزينون) - شأنها شأن الوسائل الهوائية - تتطلب تحكماً إلكترونياً معقداً، لم يكن ممكناً لولا التقدم الذي حدث في مجال الإلكترونيات الصغرية، والذي أدى كذلك إلى التقدم في مجال حماية البيئة، حيث أمكن بواسطة أجهزة الحقن الإلكترونية استخدم المخفز المتحكم به (⟵) لأول مرة.

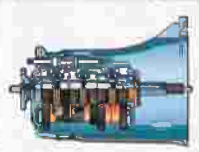
الهيكل:

يتوقف تصميم الهيكل بشكل رئيسي على الركاب والحمولة والمحرك وجهاز القيادة، بحيث يؤمن أكبر فراغ ممكن (للركاب) وكلفة تشغل اقتصادية مع كلفة تصنيع دنيا. خصوصاً منذ أزمتي النفط في عامي ١٩٧٣/١٩٧٤ وفي عامي ١٩٧٨/١٩٧٩ بدأ السيعع نحو تطوير هكيل السيارة بحيث يواجه أقل مقاومة هواء ممكنة (معامل cw)، هذا بالإضافة إلى التطوير في شكله العام.

تتجه الأنظار في المستقبل في صناعة السيارات قبل كل شيء إلى استخدام مواد جديدة مثل اللدائن والألمنيوم وكذلك أيضاً إلى استخدام محركات ضئيلة الاستهلاك (مثل سيارات الثلاثة ليترات) وإلى وسائط دفع جديدة.

❶ الأجزاء الرئيسية للسيارة

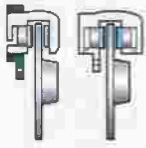
الهيكل



الالكترونيات

علبة السرعة
(نقل القدرة)

المكابح (مكابح قرصية)



مخمد الصدمات

عنصر تعليق العجلات

السيارة (لمحة عامة)

محرك أوتو (محرك البنزين)

يدعى محرك أوتو نسبة إلى العلم نيكولاوس أوغست أوتو (١٨٩١-١٨٣٢ Niko-laus August Otto) وهو محرك احتراق تتحول فيه الطاقة الحرارية المتحررة عند حرق المزيج (بنزين + هواء) إلى طاقة ميكانيكية.

يمزج الوقود السائل في المفحم (الكاربوريتر) أو في جهاز حقن الوقود مع كمية الهواء الضرورية لاحتراقه. فيما بعد يضغط المزيج (وقود + هواء) القابل للاحتراق في الأسطوانة ويشعل بواسطة شرارة شمعة الإشعال (اشتعال قسري). من خلال تمدد الغازات داخل الأسطوانة (نتيجة احتراق المزيج) يتولد الضغط الذي يحرك المكبس إلى الأسفل ويدوّر العمود المرفقي الذي ينقل بدوره عزم الدوران المفيد من خلال ذراع التوصيل الذي يربط بينه وبين المكبس، كما يطرد المكبس الصاعد غازات الاحتراق من الأسطوانة متيحاً المجال لشحنة جديدة من مزيج الوقود والهواء بالدخول (عند هبوطه).

يمكن التمييز في محرك أوتو ما بين نمطين رباعي الشوط وثنائي الشوط يعرّف الشوط بالفترة الزمنية التي يستغرقها المكبس ليقطع المسافة من النقطة الميتة إلى نظيرتها (النقطة الميتة هي التي يغير المكبس عندها اتجاه حركته).

محرك أوتو الرباعي الشوط ❶ ❷

تقسم دورة العمل الكاملة في المحرك الرباعي الشوط إلى أربعة أشواط (دورتين للعمود الفقري)، يتم إنتاج الطاقة فيها خلال شوط واحد فقط (الشكلين ١، ٢).

الشوط الأول: (السحب) نتيجة تحريك المكبس نحو الأسفل يزداد حجم الفراغ في الأسطوانة وبالتالي يتشكل ضغط ناقص (تخلخل) من جراء ذلك يتم سحب شحنة جديدة من مزيج الوقود والهواء عن طريق صمام السحب المفتوح، إذ يكون عندها صمام الطرد مغلقاً.

الشوط الثاني: (الضغط) بواسطة المكبس المتحرك نحو الأعلى وصماما السحب والطرد مغلقان يتم ضغط مزيج الوقود والهواء. حيث يرتفع الضغط حتى يصل إلى حوالي ١٠-١٥ بار، وترتفع درجة الحرارة إلى ما يقارب ٤٠٠-٥٠٠م+.

الشوط الثالث: (العمل) يتم إشعال المزيج المضغوط بواسطة الإشعال (شمعة الإشعال) حيث يرتفع الضغط ليصل إلى ٤٠-٦٠ بار عند درجات حرارة ٢٠٠٠-٢٥٠٠+م. يدفع الضغط الناتج عن التمدد الانفجاري لغازات الاحتراق المكبس نحو الأسفل وبذلك تتحول الطاقة الحرارية (طاقة احتراق الوقود) إلى طاقة ميكانيكية (تدوير عمود المرفق).

الشوط الرابع: (الطرد) يفتح صمام الطرد وتخرج غازات العادم من الأسطوانة بتأثير الضغط المتبقي ٤-٧ بار بفعل المكبس الصاعد.

محرك أوتو الثنائي الشوط ❸

خلافاً لمحرك أوتو الرباعي الشوط تنجز دورة العمل للمحرك الثنائي الشوط خلال دورة واحدة للعمود المرفقي. من حيث المبدأ لا يُزوّد ثنائي الشوط بصمامات وإنما بفتحات متحكم بها (فتحة سحب وفتحة طرد وفتحة تحويل). في هذا التصميم يعمل المكبس والأسطوانة وحجرة المرفق عمل مضخة. عند كل شوط للمكبس تنجز عمليتان في الوقت نفسه. (السحب مع الضغط والعمل مع الطرد) كما هو مبين في الشكل ٣.

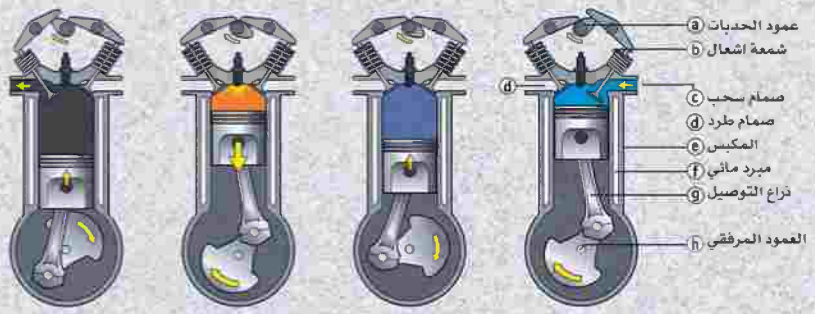
الشوط الأول: (السحب/ الضغط) المكبس يصعد وما تزال فتحتا الطرد والتحويل مفتوحتان. يؤدي ذلك إلى تدفق شحنة جديدة مسبقة الضغط من مزيج الوقود والهواء من حجرة المرفق إلى الأسطوانة عبر فتحة التحويل، وإلى طرد غازات الاحتراق السابق عبر فتحة الطرد. بعد إغلاق فتحتي الطرد والتحويل تُفتح فتحة السحب ليتم سحب شحنة جديدة من مزيج (الوقود والهواء) إلى حجرة المرفق ويضغط المزيج المتدفق إلى الأسطوانة من الشوط المسبق عبر فتحة التحويل.

الشوط الثاني: (العمل/ الطرد) قبل أن يبلغ المكبس النقطة الميتة العليا بقليل يتم إشعال المزيج ويتم دفع المكبس نحو الأسفل بفعل ضغط غازات الاحتراق (إنجاز العمل) ثم يتم ضغط شحنة المزيج الجديدة بشكل أولي في حجرة المرفق تحت المكبس وذلك بعد إغلاق فتحة الدخول. خلال هبوط المكبس تفتح فتحة الطرد التي تسمح لغازات الاحتراق بالخروج، وفي الوقت نفسه تتدفق شحنة جديدة من المزيج من حجرة المرفق إلى الأسطوانة عبر فتحة التحويل.

أشكال التصميم ❷

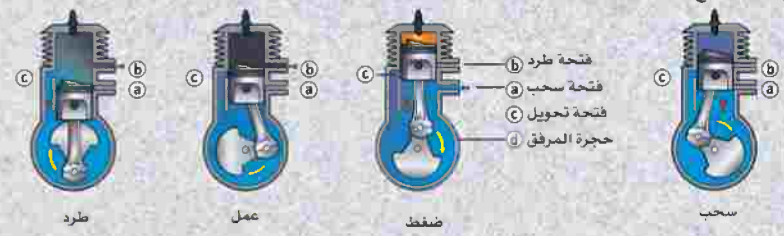
بما أن المحركات ذات الأسطوانة الواحدة لا تدور بشكل مستقر، لذلك تُصنع المحركات بعد أسطوانات إما على صف واحد أو بشكل (V) أو على شكل قفازات، تعمل فيه كل أسطوانة بانزياح زمني. بسبب درجات الحرارة والضغوط العالية يُفضل الآن بشكل خاص استخدام مواد معدنية مثل الفولاذ والحديد الصلب والألمنيوم وغيرها. فهي تتمتع بمقاومة عالية للاهتراء وبقساوة وناقلية جيدة للحرارة وتمدد حراري ضعيف كما أنها تتيح عمليات تشكيل سهلة (قابلة للسكب والتقسية واللحام إلخ..).

❶



❷ مقطع بمحرك ذو ستة
اسطوانات على شكل حرف V

❸ محرك أوتو - ثنائي الشوط
يتم فيه الكسح عن طريق حجرة المرفق



محرك أوتو

محرك ديزل

طريقة العمل:

بخلاف محرك البنزين (⟵) يتم مزج الوقود مع الهواء في محرك ديزل في الأسطوانة (سمي نسبة للعالم رودلف ديزل ١٨٥٨-١٩١٣). بحيث يسحب الهواء النقي إليها ثم يتم ضغطه حتى ٣٠-٥٠ بار وبذلك ترتفع حرارته حتى ٧٠٠+ - ٩٠٠+م في جو الهواء المضغوط الساخن يحقن الوقود الذي يختلط مع الهواء ويتبخر تكفي الحرارة السائدة في الأسطوانة لاشتعال المزيج بشكل ذاتي (لا يوجد شمعات إشعال، لكن قد يحتاج الأمر إلى شمعات تسخين). يسمى الزمن الفاصل بين بداية الحقن والإشعال الذاتي بتأخر الاشتعال ويبلغ حوالي ٠,٠٠١ ثانية.

يتناقص تأخر الاشتعال:

- كلما كان الهواء أسخن؛ هذا يعني كلما ارتفع ضغطه.
- وكلما اختلط الهواء بالوقود بشكل أفضل.
- وكلما كان رذاذ الوقود أدق.
- وكلما ارتفعت قابلية الوقود للاشتعال (عدد سيتان).

إذا تجمعت كمية كبيرة من الوقود في الأسطوانة نتيجة لتأخر الاشتعال بشكل زائد، فإن المزيج سيشتعل بسرعة ويحترق فجأة: المحرك «يطرق».

تعمل محركات ديزل مثل محرك أوتو على نوعين رباعي الشوط وثنائي الشوط. كما أن تسلسل الأطوار في الأسطوانة بعد احتراق مزيج الوقود الهواء هو ذات التسلسل. ويتعلق الاحتراق بشكل حاسم بتشكل المزيج، الذي طورت لأجله تقنيات مختلفة.

طرق الحقن غير المباشر ❶

تتميز هذه الطرق بأن حجرة الاحتراق فيها مجزأة. وتستخدم غالباً في السيارات السياحية.

طريقة حجيرة التدويم (الشكل ١-أ): تتميز هذه الطريقة بوجود حجيرة تدويم شبكة كروية مجاورة لحجرة الاحتراق الرئيسية، يتدفق إليها الجزء الأكبر من هواء الاحتراق أثناء عملية السحب. حيث تنشأ دوامة هواء قوية يحقن إليها الوقود بضغط (١٠٠-١٢٥ بار). بعد اشتعال المزيج يمتد الاحتراق إلى حجرة الاحتراق الرئيسية. تعد هذه الطريقة مناسبة عند سرعات دوران عالية، وتتميز بدوران ناعم للمحرك.

طريقة الحجيرة الأولية (الشكل ١- ب): هنا يدخل الهواء من حجرة الاحتراق إلى الحجيرة الأولية بتأثير الضغط من خلال فتحة أو عدة فتحات. ثم يحقن الوقود إلى الحجيرة الأولية في نهاية عملية الانضغاط بضغط ١٢٠-١٤٠ بار تقريباً. وبعد حدوث الاشتعال الذاتي فيها يحترق جزء من الوقود فقط بسبب انخفاض كمية الأوكسجين، لكن بسبب ارتفاع الضغط في الحجيرة يندلع اللهب إلى حجرة الاحتراق محدثاً اضطراباً عالياً، الأمر الذي يؤدي إلى احتراق سريع لكمية الوقود المتبقية.

تحتاج كلا الطريقتين إلى مساعدة ابتدائية (شمعة تسخين)، ويلاحظ فيهما استهلاك للوقود أعلى من المحركات ذات الحقن المباشر.

الحقن المباشر ❷

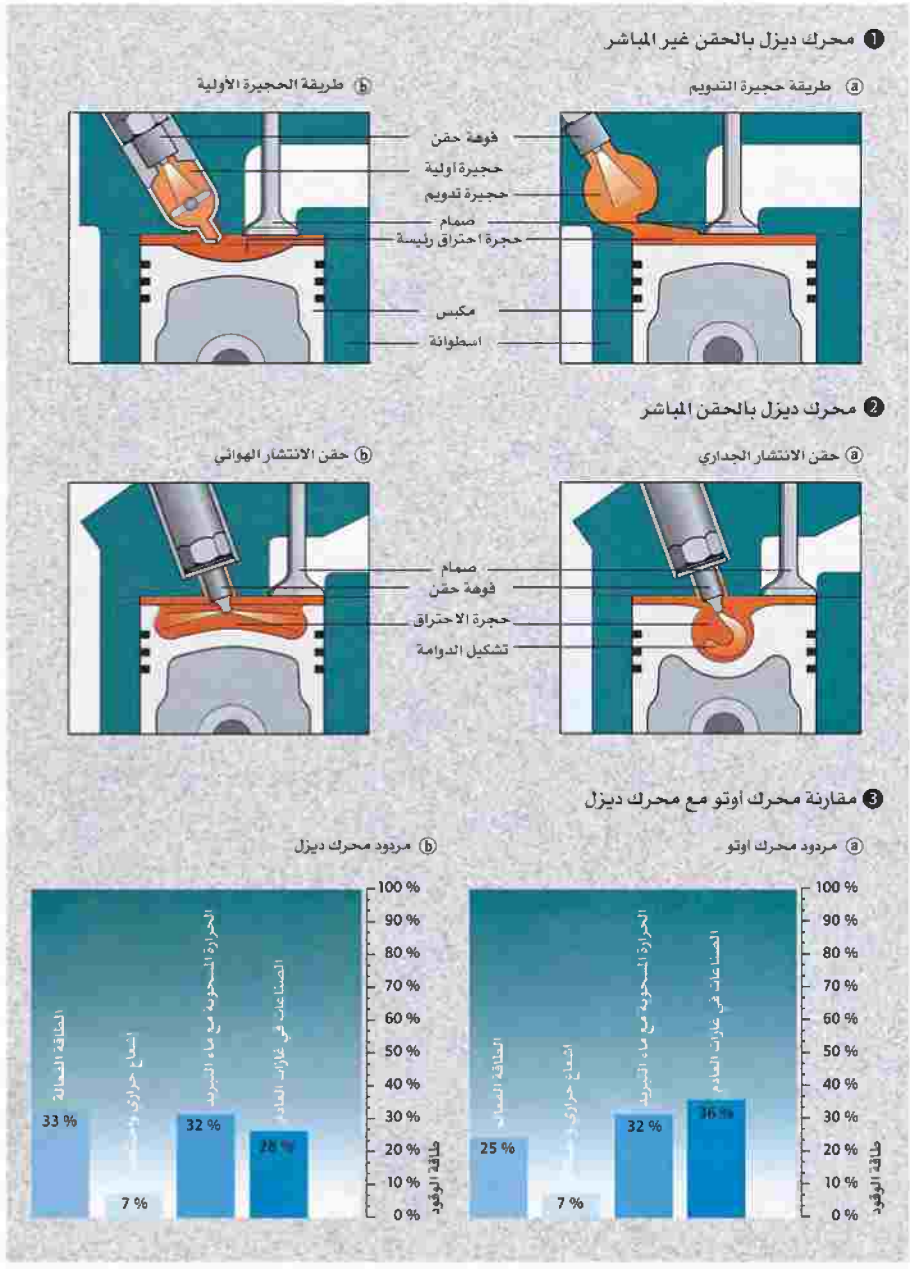
تستخدم هذه الطريقة غالباً في سيارات الشحن. بهذه الطريقة يستغنى عن تجزئة حجرات الاحتراق ويحقن الوقود مباشرة إلى حجرة الاحتراق الوحيدة الموجودة. من أجل تحقيق احتراق جيد يجب أن تكون حركة الهواء قوية. يتم الاحتراق في الأسطوانة أو ضمن المكبس. وهنا طريقتان للحقن المباشر.

الانتشار الجداري (الشكل ٢-أ): يحقن الوقود مباشرة بضغط حوالي ١٧٠-٢٠٠بار إلى جدار حجرة الوقود الكروية الشكل في وسط المكبس. يشكل حوالي ٩٥٪ من الوقود المحقون طبقة على جدار حجرة الاحتراق. بينما ومن خلال طاقة تدفق الحقن ينتشر حوالي ٥٪ على شكل رذاذ ناعم في الهواء الساخن حيث يتم الاشتعال الذاتي الذي يسهل عملية الاحتراق. عندئذ تتبخر طبقة الوقود المتشكلة على الجدار وتحترق. تتميز هذه الطريقة باستهلاك أقل للوقود وتشكل سخام أقل.

الانتشار الهوائي (الشكل ٢-ب): بهذه الطريقة يحقن الوقود بضغط ١٧٥-٢٠٠ بار إلى التجويف المسطح لحجرة الاحتراق ضمن المكبس، مكتسباً حركة دوامية إما عن طريق دوران الهواء (طريقة الحقن المتعدد الفوهات) أو بواسطة طاقة انتشار الحقن (طريقة الحقن بالانتشار) أو بكليهما معاً. بذلك تتم عملية الاشتعال الذاتي واحتراق الوقود. تتأثر هذه الطريقة بشكل كبير بتغيير نوعية الوقود المستخدم.

مقارنة محرك أوتو مع محرك ديزل ❸

يحقق محرك ديزل مردوداً أعلى من محرك أوتو بسبب انخفاض الضياعات المتمثلة في غازات العادم (الشكلين ٣-أ و٣-ب). ويظهر مؤشرات جيدة لغازات العادم عند الاحتراق الجيد (سخام شبه معدوم) بسبب ارتفاع ضغط الحقن في محركات ديزل فإنها يجب أن تكون قوية البنية، كما يجب أن تحقق استطاعة وزنية عالية وعمر تشغيل أطول.


1 محرك ديزل بالحقن غير المباشر
a طريقة حجيرة التدويم
b طريقة الحجيرة الأولية
فوهة حقن
حجيرة أولية
حجيرة تدويم
صمام
حجرة احتراق رئيسة
مكبس
اسطوانة
2 محرك ديزل بالحقن المباشر
a حقن الانتشار الجداري
b حقن الانتشار الهوائي
صمام
فوهة حقن
حجرة الاحتراق
تشكيل الدوامة
3 مقارنة محرك أوتو مع محرك ديزل
a مردود محرك أوتو
b مردود محرك ديزل
الطاقة الضائعة
اشعاع حراري
الحرارة المحمولة مع ماء التبريد
الصناعات في غازات العادم
25 %
7 %
32 %
36 %
33 %
7 %
32 %
28 %
طاقة الوقود
100 %
90 %
80 %
70 %
60 %
50 %
40 %
30 %
20 %
10 %
0 %

محرك ديزل

(محرك المكبس الدائري)

إن محرك المكبس الدائري الذي ابتكره فيليكس فانكل (١٩٠٢-١٩٨٨) في شركة NSU في مدينة Neckarsulm الذي يعمل على مبدأ محرك أوتو الرباعي الشوط (محرك أوتو)، لكنه يحتوي على أقراص (مكابس) مثلثية الشكل بدلاً من المكبس الترددي (الشكل ١). وتدور أقراصه في غلاف بيضوي يضيق قليلاً في وسطه (على شكل منحني Epitrochoid) (الشكل ٢).

عند دوران المكبس تشكل حوافه الثلاث مع جدار الغلاف ثلاث حجيرات متغيرة الحجم C B, A, تحدث في كل منها دورة عمل كاملة لمحرك أوتو رباعي الشوط بما فيها السحب والضغط والتمدد (العمل) والطرد وذلك خلال دورة واحدة للمكبس (القرص). بذلك تحدث دوماً في الحجيرات الثلاث ثلاثة أشواط (من أربعة) في ذات الوقت، وبعد كل دورة كاملة للقرص يكون المحرك قد أنجز ثلاث دورات عمل كاملة لمحرك رباعي الشوط.

المكبس على شكل مثلث متساوي الأضلاع، أضلاعه محدبة نحو الخارج (الشكل ١). يوجد في الحواف الثلاث وعلى المساحة الجانبية للقرص عناصر إحكام. تستند حواف القرص دائماً إلى جدار الغلاف، بحيث يرسم مركز القرص دائرة مغلقة أثناء الدوران. يتحقق هذا المسار عن طريق محور مركب مركزياً ضمن المحرك، لكنه يتوضع مع القرص بشكل لا مركزي، يوجد كذلك في القرص مسنن أجوف ذو أسنان داخلية، يدور حول مسنن مرتكز على جانبي الغلاف. صمّم هذا النوع من التعشيق فقط للتحكم بحركة القرص الذي ستند بأسنانه الداخلية إلى المسنن ذي المركز الثابت محققاً بذلك الحركة الدورانية اللا مركزية المطلوبة. من هنا نجد أن المحور اللامركزي يشبه العمود المرفقي في محرك أوتو. نسبة عدد أسنان المسنن الأجوف إلى أسنان المسنن المركزي هي ٣:٢؛ وهذا يعني أن القرص يدور بثلثي سرعة دوران المحور اللا مركزي.

طريقة عمل حرك فانكل ❷ ❸

في محرك فانكل يدور فقط القرص والمحور اللا مركزي، يتم فتح وإغلاق فتحتي الدخول والخروج عن طريق القرص. نيتجة لتركيب الحركتين الدائرية والدورانية للقرص تغير الحجيرات الهلالية الشكل حجمها.

يظهر الشكل (٢) تتابع أشواط العمل في المحرك حسب أشواط أوتو الأربعة:

١- **الشوط الأول (السحب)**: الحجيرة A تتمدد من الوضعية (أ) حتى الوضعية (د)، بحيث تدخل إليها شحنة جديدة من مزيج الهواء والوقود.

٢- **الشوط الثاني (الانضغاط)**: عند دوران القرص (المكبس) تأخذ الحجيرة A تدريجياً مكان الحجيرة B، ويتناقص حجم الحجيرة B من الوضعية (أ) حتى الوضعية (ج)، مما يؤدي إلى انضغاط مزيج الهواء والوقود.

٣- **الشوط الثالث (التمدد)**: يتم إشعال المزيج المضغوط في الحجيرة B. عندما يتابع القرص دورانه إلى الوضع (د) يزداد حجم الحجيرة B وتتحول لتأخذ مكان C. يتمدد مزيج الوقود والهواء نتيجة للاحتراق ويدور القرص، الذي يقوم بتدوير المحور اللامركزي.

٤- **الشوط الرابع (الطرد)**: تتحول الحجيرةC أثناء دوران القرص إلى حجيرة A، التي يحتوي مجالها الأيسر على مزيج الوقود والهواء المحترق والذي يتم طرده في الوضعين (د) و (آ) عن طريق فتحه الخروج.

بذلك نجد أنه في دورة كاملة للقرص يحدث الإشعال ثلاث مرات، لذلك نجد أن شكل تغير عزم الدوران لمحرك فانكل يشابه مبدئياً شكله في محرك أوتو ذي الأسطوانة الوادة، الذي لا يحدث فيه عملياً إلا إشعال واحد فقط كل دورتين للعمود المرفقي.

وفي محرك فانكل ذي القرصين (الشكل ٣) نحصل مسار أكثر استقراراً من المحرك ذي القرص الواحد حيث يفصل بين ذراع اللا مركزية للقرص الأول زاوية ١٨٠+ عن ذراع لا مركزية القرص الثاني.

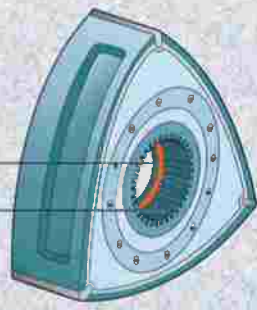
ويمكن أن نحصل من محرك فانكل ذي ثلاثة أقراص على دوران مستقر مشابه لما نحصل عليه في محرك مكبسي ذي ثماني أسطوانات. إن توضع عدة أقراص (مكابس) بجانب بعضها البعض في محرك فانكل يحقق استطاعات كبيرة من خلال كلفة منخفضة وحجوم صغيرة.

أهم المراحل في تطور هذا المحرك: إنتاج أول سيارة سياحية تسير بمحرك فانكل عام ١٩٦٣ (NSU Spider)، وعام ١٩٦٧ (NSU Ro ٨٠)، وعام ١٩٧٩ سيارة الاختبار دايملر - بنز (مرسيدس C111) وكانت أول سيارة ذات محرك ثلاثي الأقراص، وفي عام ١٩٧٠ سيارة بمحرك رباعي الأقراص (٢٥٠ كيلو واط/ ٣٥٠ حصان بخاري). ومع أن كثيراً من منتجي الدرجات النارية أجروا تجارب على محرك فانكل في السبعينات من القرن الماضي، لكن إنتاج هذا المحرك (وخاصة الإنتاج بالجملة) قد توقف على نطاق واسع في السنوات اللاحقة.

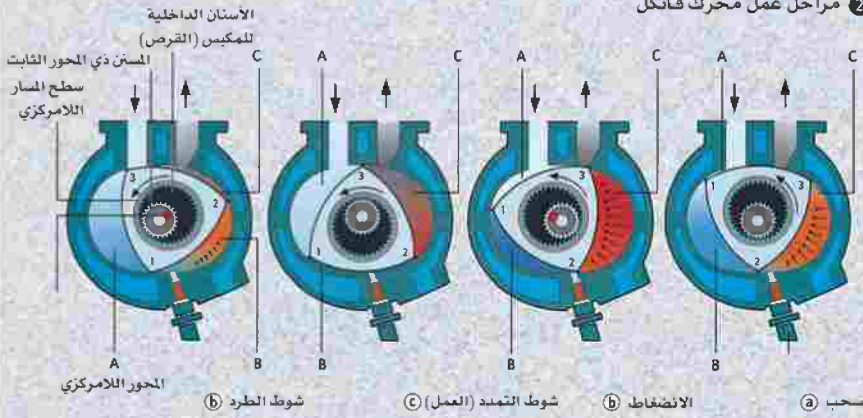
محاسن ومساوئ محرك فانكل:

بالإضافة إلى دورانه العالي الاستقرار الناتج عن ثبات مسار عزم الدوران، هناك ميزة أخرى له في انخفاض عدد أجزائه المكونة وحجمه الصغيرة. أما المساوئ فبالإضافة إلى صعوبة صنع محرك ديزل وكلفة التصنيع العالية هناك استهلاكه الكبير للوقود والزيت. كذلك فمن سيئاته إصداره للكربوهيدرات الضارة بالصحة أكثر من محرك أوتو.

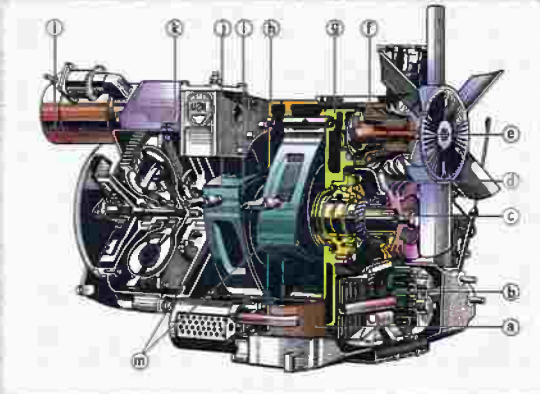
❶ مكبس محرك فانكل



❷ مراحل عمل محرك فانكل



❸ محرك فانكل ثنائي القرص



ⓐ غلاف
ⓑ مضخة زيت
ⓒ محور لامركزي
ⓓ ثقل موازن
ⓔ مضخمة ماء
ⓕ غطاء عمومي
ⓖ حاجز - جهة النهاية
ⓗ حاجز بيني
ⓘ مسمار إحكام
ⓙ شريط إحكام
ⓚ حاجز - جهة الدفع
ⓛ مقلع
ⓜ مكبس

الشحن (محرك الشحن التوربيني)

تستخدم في محركات الاحتراق الداخلي طرق مختلفة للشحن (إدخال شحنة الوقود الجديدة) من أجل رفع استطاعتها وتحسين منحني أداء عزم الدوران. المبدأ: عن طريق ضغط الهواء اللازم لاحتراق الوقود تزداد كمية الهواء المشحونة إلى الأسطوانة، الأمر الذي يساعد على رفع الاستطاعة الفعالة دون أي تغيير في سرعة الدوران أو حجم حجرة الاحتراق وذلك يعود إلى تحسين عملية الاحتراق. يمكن التمييز بين عدة أنواع مما يسمى «الشواحن». الشاحن الميكانيكي وشاحن العادم التوربيني وشاحن موجات الضغط.

الشاحن الميكانيكي 1

الشاحن التقليدي لمحرك البنزين هو الضاغط (المكبس)، الذي يدار مباشرة من المحرك، وهذا يعني أنه يستهلك جزءاً من استطاعته المنتجة. يتألف الضاغط في نموذج شاحن روتس (الشكل ١) من مكبسين دوارين متراصين بإحكام شبه تام ضد تسرب الهواء، يتداخلان مع بعضهما مثل مسننين (دون أن يمس أحدهما الآخر)، بحيث يسحبان الهواء الجديد ليحصراه مع جدران الغلاف ويضغطاه بالاتجاه المطلوب. يتحقق تزامن المكبسين الدوارين عن طريق وصلهما بمسننين خارج الشاحن يداران أيضاً عن طريق العمود المرفقي. يؤمن هذا الدفع عن طريق العمود المرفقي ضغط شحنة إلى الأسطوانة حتى عند سرعات الدوران المنخفضة. ولا تحدث هنا «الفجوة التوربينية» المعروفة في شاحن العادم التوربيني عند السرعات المنخفضة.

شاحن العادم التوربيني (العنفي):

لم تجد الشواحن الميكانيكية حتى الآن إلا تطبيقات محدودة. إذ يفضل اليوم ضغط شحنة الهواء باستخدام شاحن العادم التوربيني (الشكل ٢) الذي أخذ اسمه من التوربين المضاعف (دولاب الشحن وتوربين العادم) يقوم دولاب الشحن (عنفة

ضاغطة) بضغط شحنة الهواء. أما الحركة الدورانية فيأخذها من توربين العادم المتصل معه على محور واحد والذي يتم تدويره عن طريق الغازات الناتجة عن احتراق الوقود. بذلك يستخدم الشاحن التوربيني طاقة غازات العادم في ضغط الهواء. يصل عدد دورات توربين العادم لأكثر من /١٠٠٠٠٠/ مئة ألف دورة بالدقيقة وذلك عند درجة حرارة عالية جداً، الأمر الذي يفرض متطلبات عالية على المادة التي يصنع منها التوربين والمواد المزلقة.

يحتاج الشاحن التوربيني في السيارات السياحية إلى دارة تنظيم عند مجال السرعات العالية في أغلب الأحيان، إذ أنه لولا ذلك لا يحدث «امتلاء» الأسطوانة بتأثير ضغط الشحن الكلي، إلا عند التدفق الكتلي الأعظمي ودرجة الحرارة الأعظمية لغازات العادم. فلإنتاج ضغط شحن ثابت قدر الإمكان يتم تمرير جزء من غازات العادم بعيداً عن التوربين عبر صمام تنظيم (للضغط) مباشرة إلى أنبوب العادم.

الفجوة التوربينية:

لا يرتبط شاحن العادم التوربيني مع العمود المرفقي للمحرك مباشرة مثل الشاحن الميكانيكي (حيث سرعة دوران الشاحن تساوي سرعة دوران المحرك)، بل يحدث الارتباط هنا فقط عن طريق التدفق الكتلي للهواء ولغازات العادم. بذلك لا تتعلق سرعة دوران الشاحن مباشرة بسرعة دوران المحرك، وإنما بتوازن الاستطاعة بين الضاغط وتوربين العادم. وبخلاف الشحن الميكانيكي (الضاغط) فإن لأداء الشاحن التوربيني أهمية جوهرية. عند سرعات دوران منخفضة للمحرك وتزويد قليل «بالوقود» من قبل السائق، تنتج كمية غير كافية من غازات العادم، مما يؤدي لدوران التوربين بسرعة منخفضة. فإذا داس السائق على دعسة الوقود، فإذا المحرك يستجيب لكن بتأخير زمني لأنه يلزم أولاً إصدار غازات العادم التي ستدفع الشاحن التوربيني لتوليد الضغط اللازم لضخ الهواء. ولتجنب هذه «الفجوة

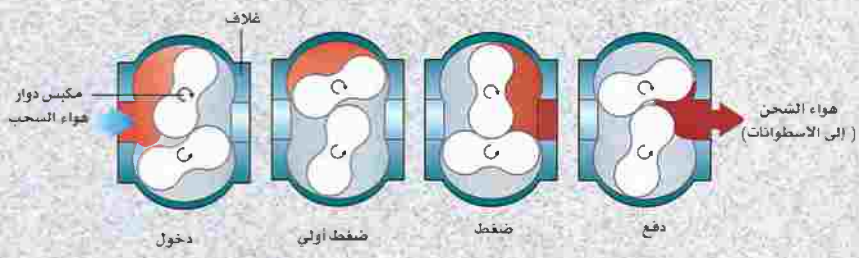
التوربينية» يتم اليوم تصنيع التوربينات بمقطع تدفق أصغري وقطر أصغري لدولاب العنفة. الأمر الذي يساعد على تخفيض عزوم العطالة مما يجعل الشاحن يصل إلى سرعته المطلوبة بشكل أسرع.

شاحن موجات الضغط ❸

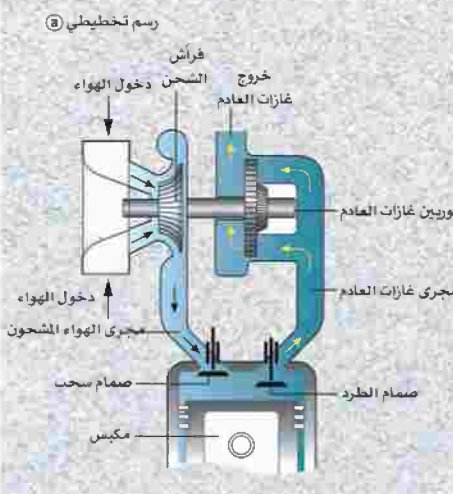
يمثل شاحن الضغط (الشكل ٣) اقتراناً للشاحن الميكانيكي بمبدأ الشحن التوربيني المعتمد على غازات العادم، ففيه تتدفق غازات العادم عبر أنبوب العادم إلى دوّار الشاحن معطية قدرتها إلى الشحنة المسحوبة من الهواء الجديد. ويحدث تبادل القدرة بسرعة الصوت، حيث يستمد الدوار حركته من العمود المرفقي في المحرك عبر سير «V» مما يوافق سرعتي الشاحن والمحرك. وفي الدوار يتم ضغط الهواء وتسريعه ومن ثم إيصاله إلى الأسطوانة عبر أنبوب هواء الشحن. إما غازات العادم فيتم طردها عبر فوهة العادم.

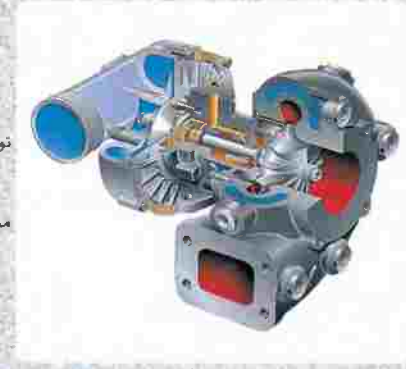
يحقق هذا المبدأ فوائد بالمقارنة مع نوعي الشاحن الآخرين، لأنه يتيح استخدام مواد تصنيع زهيدة الثمن ويحتاج إلى طاقة تشغيل أقل ولا تصل فيه درجة الحرارة إلى قيم عالية كما في شاحن العادم التوربيني. ومن مساوئه صعوبة تحقيق التوافق الأمثل بين فتحات غلاف الدوار وغلاف هواء السحب وغلاف غاز العادم.

❶ ضغط الهواء الجديد شاحن روتس

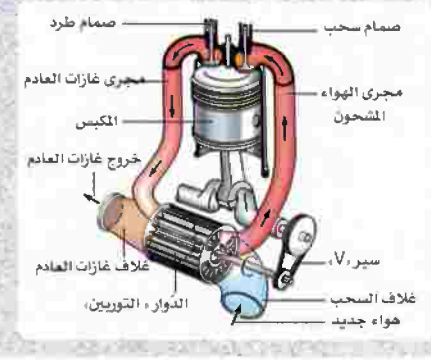


❷ الشاحن التوربيني العامل بغازات العادم





❸ رسم تخطيط لشاحن موجات الضغط (كومبركس)



الشحن (محرك الشحن التوربيني)

أجهزة الحقن (البخاخات)

إن مزيج الوقود والهواء المستخدم في تدوير محركات الاحتراق يشتعل (ومن ثم يحترق) فقط ضمن نسب مزج محددة تعرف من خلال لا مدا (: وهي نسبة كمية الهواء المزودة فعلياً إلى كمية الهواء اللازمة للاحتراق نظرياً). أما تحديد التركيب المناسب لشحنة المزيج في حالات عمل المحرك المختلفة فهو من المفحم (الكاربوراتور) أو جهاز الحقن (البخاخ). حتى أواسط الستينيات من القرن الماضي اقتصرت صناعة السيارات على المفحم بأشكاله المختلفة، وفي عام ١٩٦٦ حدث تحول متمثل باستخدام بخاخ البنزين الإلكتروني (Jetronic-D من بوش) لأول مرة في خط إنتاج سيارة فولكسفاغن (Li 1600 vw). بواسطة هذا النوع من الأجهزة يمكن تحديد كمية الوقود بدقة بالغة وبذلك يمكن التحكم بدقة في نسبة مزيج الهواء والوقود. وتظهر أهمية ذلك بشكل خاص عند تشديد الشروط المطلوبة في مواصفات غاز العادم.

أجهزة الحقن المركزي والحقن الإفرادي ❶ ❷

تستخدم أجهزة الحقن المركزي (Injection, SPI – Point – Single) بشكل رئيسي في المركبات التي يتراوح حجم حرجة الاحتراق فيها بين ليتر واحد و(١,٨ ليتر) أي حتى استطاعة ٨٠ كيلو واط (١٠٩ حصان بخاري)، إذ يعد إنتاجها اقتصادياً لاحتوائها على صمام حقن واحد (الشكل ١). وأكثرها انتشاراً هو (Mono-Jetronic) الذي يعمل بنظام حقن بالضغط الناقص ذي تحكم إلكتروني في المحركات الرباعية الأسطوانات. ويحدث الحقن عبر صمام كهرومغناطيسي مثبت في القناة المركزية لهواء الدخول قبل صمام الفراشة، حيث يبخ الوقود في فترات زمنية متكررة (بشكل متقطع) إلى هواء السحب الذي يتحكم به صمام الفراشة، ثم يتوزع مزيج الهواء والوقود عبر أنبوب السحب إلى كل أسطوانة بدورها. ومن أجل الحصول على تحضير أمثل للمزيج متناسب مع حالات عمل المحرك المختلفة تُركب

مجموعة من الحساسات لتسجيل قيم جميع المؤشرات الهامة في المحرك والتي تحسب على أساسها إشارات التحكم لصمام الحقن ومعيّر صمام الفراشة والمنظمات الأخرى.

تحوي أجهزة الحقن الإفرادي (Multi-Point-Injection, MPI) على صمام حقل لكل أسطوانة (الشكل ٢) مما يتيح ضبط كمية الوقود الداخلة لكل أسطوانة بشكل دقيق ويمنع حدوث اختلاف في نسب امتلاء الأسطوانات كما في أجهزة الحقن المركزي. يتم حقن الوقود عبر صمامات مباشرة إلى أنبوب السحب لكل أسطوانة على حده. وبحسب مبدأ العمل يمكن أن نميز بين أجهزة ميكانيكية وأخرى إلكترونية أو نصف إلكترونية. لكن تطور علم الإلكترونيات أدى في أواسط الثمانينيات في القرن الماضي إلى تراجع شديد في استخدام أجهزة الحقن الإفرادي الميكانيكية.

الحقن الإلكتروني ❸

من أجهزة الحقن الإلكتروني التي تتحكم بكمية الهواء هناك جهاز jetronic-L الذي يلتقط كل التغيرات في المحرك (الاهتراء وأوضاع الصمامات وغيرها)، ومن خلال ذلك يمكنه الحفاظ على مواصفات جيدة لغاز العادم. لقد تم تطوير أجهزة من هذا النوع لتؤدي مهمة إدارة المحرك بشكل شامل، وهي تتألف من نظام للإشعال ونظام للحقن (Motronic، الشكل ٣) يتم ضبط عملها معاً بواسطة جهاز التحكم (f)، وبذلك يمكن تحقيق تحكم أمثل بالإشعال وبتحضير الشحنة.

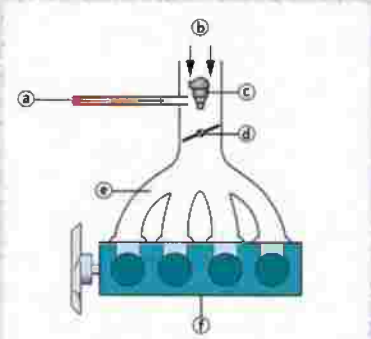
يتألف نظام الحقن Motronic ضمناً من نظامين، نظام سحب الهواء ونظام التزويد بالوقود. في jetronic-L كجزء من Motronic تدخل كمية الهواء اللازمة عبر مقياس كمية الهواء (n) إلى صمّام الفراشة ومن ثم إلى مجمع هواء السحب (z). وتتولى تزويد الوقود مضخة الوقود الوقود الإلكترونية (b)، التي تؤمن ضغط الحقن عبر منظم الضغط (e) إلى الصمامات (i) وإلى صمام الإقلاع البارد (j)،

حيث تزوّد كل أسطوانة بصمام حقن يعمل مرة واحدة كل دورتين للعمود المرفقي. تصل صمامات الحقن هذه كلها على التفرع من أجل خفض جهد التبديل.

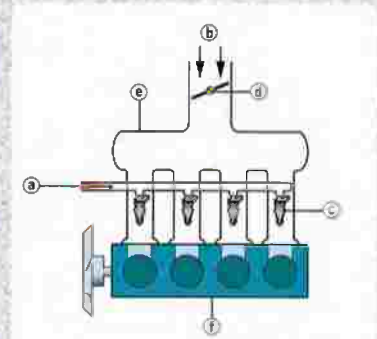
يتم الحفاظ على فرق ثابت بين الضغط في أنبوب السحب وضغط الوقود في حدود (٢,٥-٣ بار) بحيث يتم التحكم بكمية الوقود المحقونة إلى الأسطوانة عن طريق مدة فتح الصمام حصراً. تعطى نبضات التحكم اللازمة لذلك من قبل جهازالتحكم (f)، وهي تتعلق بشكل رئيسي بكمية الهواء المسحوب وسرعة دوران المحرك. كما أن هناك قيم أخرى مؤثرة تظهر بحسب حالة عمل المحرك (مثل الإقلاع البارد) نتيجة درجة حرارة المحرك القاسية (r)، أو بسبب وضعية صمّام الفراشة (l) التي تتغير بما يتناسب مع حالة الحمل الواقع مع المحرك.

عن طريق الربط بين مختلف القيم المقاسة يتم في جهاز التحكم حساب الزمن الأمثل للصمامات، وذلك بالاستعانة بالمنحني المميز لسرعة الدوران مع الحمل، الذي يوضع بناءً على تجارب مخبرية ملحقة بتجارب ميدانية، ثم يخزن مضمونه من المعطيات المميزة للمحرك في رقاقة صغيرة (Microship) يجري تركيبها ضمن دارة الموترونك (Motronic).

حقن مركزي ❶

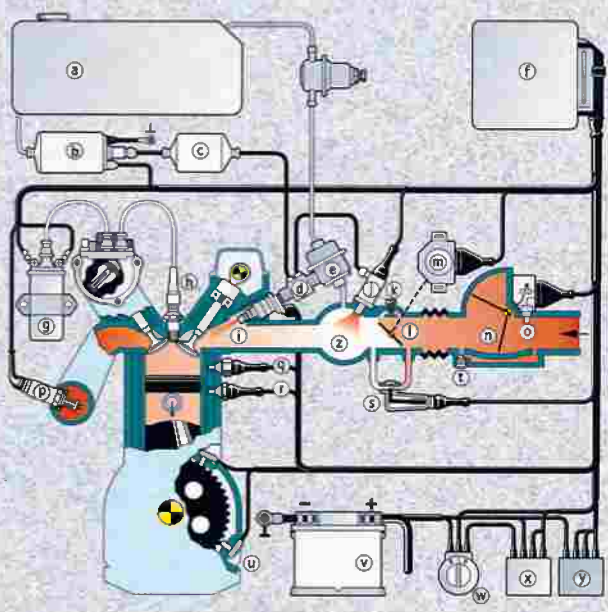


حقن إفرادي ❷



وقود ⓐ صمام حقن ⓒ هواء ⓑ صمام الفراشة ⓓ انبوب السحب ⓔ محرك ⓕ

موترونيك - مخطط عمل الدارة ❸



ⓐ خزان الوقود
ⓑ مضخة الوقود
ⓒ مصفاة الوقود
ⓓ موزع الوقود
ⓔ منظم ضغط
ⓕ جهاز تحكم
ⓖ ملف إشعال
ⓗ شمعة إشعال
ⓘ صمام حقن
ⓙ صمام الإقلاع البارد
ⓚ بزال تعيير الدوران بدون حمل
ⓛ صمام فراشة
ⓜ مفتاح صمام الفراشة
ⓝ مقياس كمية الهواء
ⓞ حساس درجة حرارة الهواء
ⓟ مسبار لامبدا
ⓠ مفتاح توقيت جراري
ⓡ حساس درجة حرارة المحرك
ⓢ بوابة هواء إضافي
ⓣ بزال تعيير مزيج الدوران بدون حمل
ⓤ مقياس سرعة الدوران
ⓥ مدخرة
ⓦ مفتاح الإقلاع
ⓧ حاكمة رئيسة
ⓨ حاكمة المضخة
ⓩ مجمع هواء السحب

العجلات

إن الوظيفة الأساسية للعجلات هي قيادة المركبة على مسارها كما أن الشكل التصميمي لأنظمة القيادة أمامية أم خلفية هو الأساس في حركة العجلات. بالمقارنة مع المحور الخلفي يجب ألا يتضمن تصميم المحور الأمامي فقط وظائف عمل المحور الاعتيادية كقيادة العجلات ونقل القدرة إل الطريق في المركبات ذات الدفع الأمامي بل يجب إضافة إلى ذلك أن يقوم بتوجيه المركبة. بذلك فإن للعجلات الأمامية أثراً حاسماً على سلوك المركبة. ومن الأجزاء الهامة للمحور خلفياً كان أم أمامياً جهاز التعليق الذي يربط العجلات بهيكل المركبة الحامل. ترتبط كل عجلة منفردة مع المركبة بواسطة عنصر نابضي، وذلك يمنحها حرية في الحركة العمودية غالباً لتوازن بذلك وعورة الطريق. يجب التميز في البنية الهندسية للمحاور بين محاور جاسئة أو نصف جاسئة وأخرى ذات تعليق مفرد للعجلات.

تعليق العجلات 1 2

في الربط الجاسئ يتم ربط العجليتن مع بعضهما عن طريق محور جاسئ (الشكل ١ -آ)، ويتم التوجيه في الاتجاه الطولي للمركبة ذات الدفع الخلفي عن طريق دعامات الدفع أو ما يسمى بالموجهات الطولية. أما الاهتزازات العمودية فيتم تخميدها عن طريق نوابض لولبية، هي غير قادرة على نقل القوى الجانبية، المهمة التي يتولاها قضيب بانهارد، الذي يركب بين المحور وهيكل المركبة. تستخدم المحاور نصف الجاسئة في ربط العجلتين الخلفيتين في حالة الشد الأمامي (الشكل ١-ب)، ويتم تعليق المحور عن طريق موجهين طوليين يرتبطان به مرتكزين على وسائط مطاطية.

في مقابل المحاور الجاسئة ونصف الجاسئة يتمتع التعليق المفرد للعجلات (الشكل ٢) بميزة انعدام التأثير المتبادل بين العجلتين، بذلك يتحقق تماس جيد مع المسار في كل الأوقات. بالإضافة إلى ذلك تصغر كتلة الأجزاء غير المعلقة نابضياً. على خلاف الحال في المحور الجاسئ ينتمي حامل المحور والجزء التفاضلي (جهاز

الشد الرباعي ⟵) إلى الكتلة المعلقة نابضياً، اي أنها لاتتعرض للاهتزازات التي تتعرض لها العجلة بسبب وعورة الطريق. وكلما كبرت نسبة كتلة الأجزاء غير المعلقة نابضياً إلى الوزن الكلي للسيارة كلما تراجعت الراحة الناتجة عن الفعل النابضي، لأن ذلك يساعد على انتقال وعورة الطريق إلى هيكل السيارة بشكل أكبر. لذا نجد في التعليق الفرد عجلتا المحور الواحد ترتبطان مع هيكل السيارة عن طريق موجّه وساعد نابضي لكل منهما مستقلة عن الأخرى. ومن أكثر أنواع التعليق المفرد استخداماً نجد محور الموجه العرضي المضاعف ومحور الساعد النابضي ومحور الساعد المخمد ومحور الموجّه المائل.

المخمدات ❸

بسبب التخميد الذاتي الضئيل لنوابض تعليق العجلات فإن الاهتزازات المتولدة فيها نتيجة لمرور العجلات فوق منطقة وعرة من الطريق سوف تتخامد ببطء شديد، كما أن التماس بين العجلات والطريق سيكون متقطعاً بشكل دوري تبعاً لتردد الاهتزازات، مما يؤدي إلى تأرجح السيارة ويؤدي بالنتيجة إلى تراجع مستوى الأمان أثناء المسير. يتم تخميد هذه الاهتزازات بسرعة عن طريق المخمد المركب بين هيكل المركبة ونظام تعليق العجلة، حيث يستخدم اليوم لهذا الغرض خصيصاً مخمدات ثنائية الأنبوب أو أحادية الأنبوب (الشكل ٣).

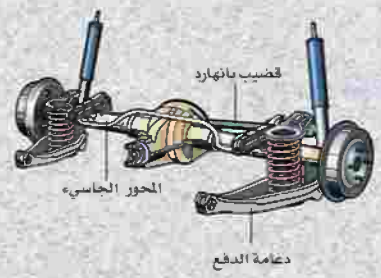
يستخدم المخمد ذو الأنبوبين المتداخلين على نطاق واسع. يكون جوف أسطوانة العمل الذي يقسمه المكبس إلى حجرة عمل عليا وأخرى سفلى ممتلئاً بالزيت عن آخره، أما الفراغ الحلقي المحيط به فيمتلئ بالزيت جزئياً. عندما تنضغط عجلة السيارة (بسبب وعورة الطريق) ينضغط المكبس في جوف أسطوانة العمل نحو الأسفل ويتدفق الزيت عبر صمامات المكبس المفتوحة من حجرة العمل السفلي إلى حجرة العمل العليا. وفي الوقت ذاته يتسرب الزيت (المنزاح بسبب ذراع المكبس) عبر صمام القاع إلى الفراغ الحلقي. يواجه الزيت عند عبوره صمام القاع مقاومة عالية

بالمقارنة مع صمامات المكبس. وهذا ما يحدد قوة التخميد. وعند تراجع العجلة (تمدد نابض التعليق) يتحرك المكبس ضمن جوف الأسطوانة نحو الأعلى دافعاً الزيت من حجرة العمل العليا إلى الحجرة السفلى عبر صمامات المكبس المفتوحة، ويتدفق الزيت في الوقت ذاته عبر صمام القاع من الفراغ الحلقي إلى حجرة العمل السفلى. وتتمتع المخمدات ذات الأنبوبين بكلفة إنتاج اقتصادية لكنها تظهر تبدداً سيئاً للحرارة لأنه يحدث بشكل غير مباشر وذلك راجع للعزل الذي يسببه الفراغ الحلقي.

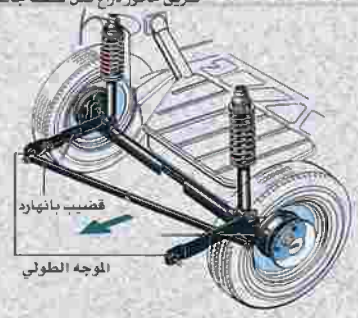
وفي مخمد الأنبوب الواحد أو مخمد الضغط الغازي تنتقل الحرارة مباشرة إلى الهواء الخارجي. ويعمل المخمد هنا بشكل مشابه لمخمد الأنبوبين لكنه يحوي أنبوباً واحداً فقط، ففي مخمد «المكبس الفاصل» لا يتم ملء الأنبوب كاملاً بالزيت، وإنما يعبأ الفراغ المحكم الموجود تحت المكبس الفاصل المتحرك بغاز مضغوط. ويعرف هنا النوع بأنه باهظ الثمن بالقياس إلى المخمد الثنائي، وذلك بسبب الدقة العالية في عملية إنتاجه ولكنه يمتاز بأنه لا يحدث رغوة في الزيت وبذلك فهو قادر على الحفاظ على الأثر التخميدي كاملاً حتى في ظروف التشغيل القاسية.

❶ تعليق العملات الجاسيء

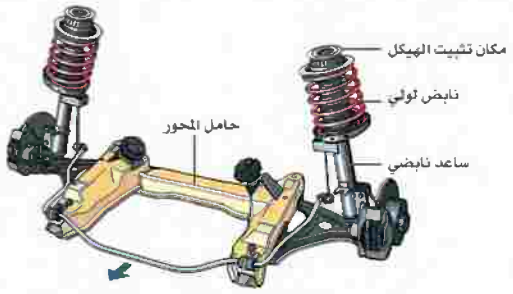
محور جاسيء ⓐ



تعليق العمليتين الخلفيتين عن ⓑ
طريق محور ذراع قتل نصف جاسيء



❷ التعليق المفرد بسواعد نابضية



❸ مخمد الصدمات

مخمد ثنائي الأنبوب ⓐ

مخمد وحيد الأنبوب ⓑ

الدفع الرباعي

تزداد أهمية السيارات ذات الدفع الرباعي منذ بداية الثمانينيات من القرن الماضي باستمرار وعلى الأخص في العربات العسكرية وعربات المسالك الوعرة. إن ميزة الدفع الرباعي هي النقل الأفضل لقدرة المحرك إلى العجلات، مما يؤدي إلى تحسين أداء السيارة على المسالك الوعرة وفوق الثلوج وإلى فوائد أخرى تتعلق بحالة الطريق والأمان. بالإضافة إلى ذلك فإنه يحسّن حركة الأحمال المقطورة. يظهر في الشكل (١) مخطط انتقال الحركة في جهاز الدفع الرباعي، الذي يمكن أن نميّز فيه بين نوعين أساسيّين:

دفع رباعي قابل للفصل والوصل: في هذا الحل البسيط يكون الدفع الدائم إما عن طريق المحور الخلفي أو الأمامي، ويتم وصل الدفع الإضافي عن طريق المحور الآخر فقط عند الضرورة.

دفع رباعي دائم: حيث يتم الدفع عن طريق العجلات الأربع دائماً. ويوصل المحوران الأمامي والخلفي مع بعضهما عن طريق مجموعة تفاضلية قابلة للفصل، يوزّع عزم المحرك على المحورين بنسب مختلفة تتوقف على طبيعة التصميم.

في الشكل (٢) نجد مثالاً نموذجياً لموزّع حركة مع جهاز دفع رباعي، وفيه نجد موزع الحركة منفصلاً عن آلية تغيير السرع (علبة السرعة ←)، حيث يمكن وصل جهاز الدفع الأمامي المركب على المحور الأمامي (في أعلى الرسم) فقط عند وقوف السيارة أو تحركها حركة حرة. لكن الانتقال من السرعة العادية إلى سرعة المسالك الوعر يمكن أن يتم أثناء المسير.

تجهّز سيارات الدفع الرباعي عادةً بجهاز دفع رباعي دائم. وللحيلولة دون تآكل العجلات الناتج عن اختلاف المسافة المقطوعة بين العجلات الأمامية والخلفية (عند المنعطفات) وما ينتج عنه من صعوبة في توجيه السيارات بسبب «إجهاد عناصر نقل الحركة». كان من الضروري إضافة علبة موازنة للسرعات (جهاز تفاضلي)، تكون

مهمتها المساواة بن فروق سرعات العجلات وتوزيع عزم الدفع بشكل منتظم. في بعض الحالات الخاصة (مثل المسير على الجليد) يجب أن يقفل الجهاز التفاضلي ذاتياً؛ وإلا فستنخفض قوة الجر (التسارع أو القدرة على التسلق) بسبب ضعف أو انعدام تماسك العجلات مع المسار على أحد المحورين، مما يؤدي إلى انخفاض قوة الدفع أو انعدامها.

القابض اللزج ❸

تعد مجموعة نقل الحركة التي تتألف من علبة سرعة فلكية (علبة السرعة←) وقابض لزج من أنظمة الدفع العيارية (الشكل ٣). يتولى القابض مهمة جهاز تفاضلي قابل للقفل، ويتألف من عدد من الأقراص الصفائحية الملساء، حيث تتعشق الأقراص المثقبة خارجياً مع أسنان غلاف القابض وتتعشق الأقراص المشقوقة داخلياً مع عمود نقل الحركة (جهاز شد أمامي). في جوف القابض يوجد زيت السيليكون ذو اللزوجة العالية، الذي يسمح بفارق ضئيل في سرعة الدوران بين المحرك وعمود نقل الحركة؛ مثلاً عند عبور المنعطفات. وعند حدوث فروقات كبيرة في سرعة الدوران فإن الزيت سيطرد من الفراغ بين الأقراص الداخلية والخارجية، مما يؤدي إلى تسخينه. ويسبب ارتفاع الحرارة ارتفاع الضغط في جوف القابض؛ بحيث يبدي الزيت مقاومة أكبر كلما ازداد فارق السرعة. وينتج عن ذلك ان المبالغة في ازدياد العزم المنقول تؤدي إلى حدوث الوصل الجاسئ؛ أي قفل الجهاز التفاضلي أو إلغاء عمله. يساعد هذا المبدأ على تزايد عزم الدفع بشكل أوتوماتيكي (تلقائي) على المحور الذي يحقق تماسكاً أفضل مع الطريق ولا داعي لتشغيل الجهاز التفاضلي يدوياً من قبل السائق.

جهاز تورزن التفاضلي ❹

من الأجهزة التفاضلية ذات القفل الذاتي جهاز Torsen (الشكل ٤)، فيه ينتقل عزم الدوران من الترس العمومي وعلبة الجهاز التفاضلي المرتبطة معه أولاً إلى

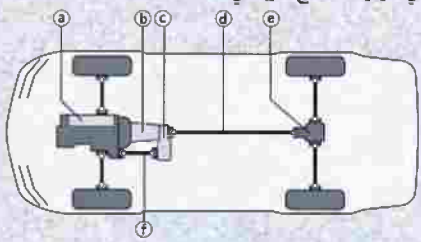
محاور المسننات الدودية، ومنها إلى مسننات الدودية ثم إلى الدودة. أما فروقات سرعة الدوران فتعدلها تروس التعديل (المسننات الجبهية)، وعن طريق أثر القفل الذاتي لمجموعة النقل الدودية يأخذ تلقائياً المحور الذي يتمتع بتماسك أكبر مع الطريق عزماً أكبر.

جهاز الدفع الرباعي الذي يعمل ذاتياً:

بالإضافة إلى جهاز الدفع الرباعي الدائم والآخر القابل للفصل والوصل تم تطوير جهاز دفع رباعي متحكم به إلكترونياً، يمكن أن يعمل تلقائياً حسب ظروف الطريق (Matic – ٤). تعطي حساسات سرعة الدوران المركبة على المحور الخلفي وعلى العجلتين الأماميتين (وهي موجودة أصلاً في نظام الـ ABS) إشارة عجلةٍ أو محور على الفارغ، بناء على ذلك يعطي جهاز التحكم إلى مجموعة القيادة الهيدروليكية أمر إيقاف أو تشغيل جهاز الدفع الأمامي الإضافي.

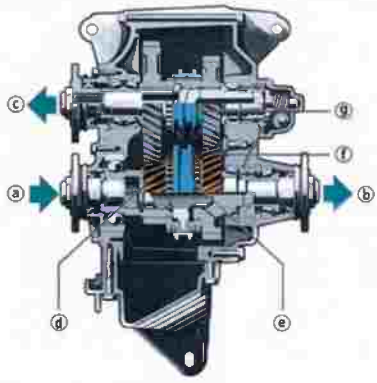
يمثل (Matic – ٤) أذكى جهاز دفع رباعي، حيث تسير السيارة على الطريق العادية بواسطة جهاز الدفع الخلفي التقليدي، فإن استدعت الضرورة (وعورة الطريق) يتم تشغيل جهاز الدفع الأمامي الإضافي إلكترونياً.

❶ مخطط انتقال الحركة في سيارات الدفع الرباعي



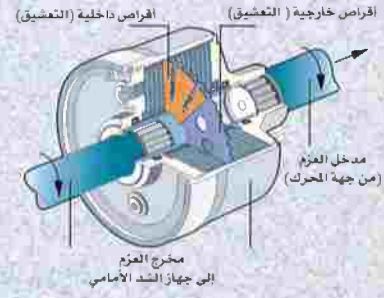
ⓐ المحرك
ⓑ علبة السرعة
ⓒ موزع الحركة
ⓓ إلى جهاز الدفع الخلفي
ⓔ الجهاز التفاضلي
ⓕ إلى جهاز الدفع الأمامي

❷ موزع الحركة في جهاز شد رباعي قابل للفصل والوصل

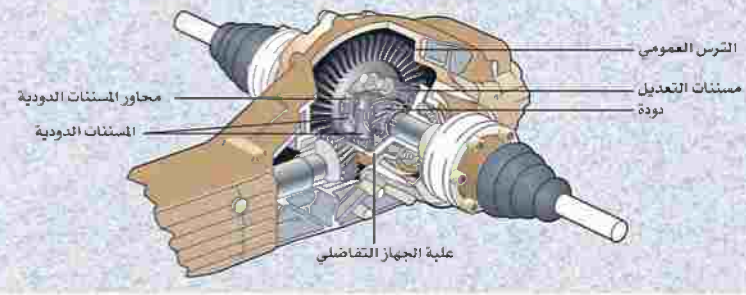


ⓐ العزم من علبة السرعة
ⓑ العزم إلى المحور الخلفي
ⓒ العزم إلى المحور الأمامي
ⓓ مسنن الدفع للمسالك الوعرة
ⓔ أكرة منزلقة للتبديل بين مسير عادي/ مسالك وعرة
ⓕ مسنن الدفع للمسير العادي
ⓖ أكرة منزلقة للتبديل بين الشد الأمامي واتجاه المسير

❸ بنية القابض اللزج



❹ جهاز توزن التفاضلي مركب على المحور الخلفي



الدفع الرباعي

علبة السرعة I

تعطي محركات الاحتراق استطاعتها ضمن مجال محدد من سرعة الدوران. وبما أن قوة الدفع المؤثرة على العجلات يجب أن تتناسب مع وضعيات السير المختلفة، فلا بد من وجود نسب تخفيض مختلفة بين المحرك وعجلات الدفع. تتولى هذه الوظيفة علبة السرعة.

علبة السرعة اليدوية 1 2

في وقتنا الحاضر ينحصر الاستخدام بعلب السرعة المتزامنة كلياً، التي تكون فيها جميع المسننات في حالة تعشيق دائم (الشكل ١). يصمم كل زوج من المسننات بحيث يكون أحد مسنّنيه متصلاً مع المحور الوسيط بشكل جاسئ، بينما يدور الآخر حراً حول المحور الرئيس. عندما وصل السرعة الناتجة عن هذا الزوج يجب تحقيق اتصال جاسئ بين المسنن الحر والمحور الرئيسي. هذه الوظيفة تؤمنها عناصر الوصل. في الشكل (٢) تظهر عملية التزامن:

- **الدوران الحر:** الأكرة المنزلقة في الوسط وليس لديها أي اتصال مع الجسم القارن المرتبط مع المسنن الحرّ. المسنن الحرّ يدور حراً.

- **عملية تعشيق السرعة:** عند زلق الأكرة تضغط حلقة التزامن على الجسم القارن بمساعدة الحلقة الضاغطة. إن عزم الاحتكاك الناشئ على سطح التماس المخروطي بسبب تباين سرعتي الدوران لكل من حلقة التزامن والجسم القارن يكون أكبر من عزم الإرجاع المتولّد عند جوانب الأسنان. ثم يتوقف الأكرة عن الانزلاق بسبب اصطدامها بأسنان حلقة التزامن التي تعيق عملية التعشيق. لكن وجود الاحتكاك يؤدي إلى تسريع أو إبطاء الجسم القارن حتى يحدث التساوي في السرعتين.

- **حالة التعشيق:** عندما يصبح للجسم القارن وحلقة التزامن سرعة دوران واحدة، تدير الأكرة المنزلقة حلقة التزامن قليلاً إلى الوراء، بذلك يمكن للأكرة المنزلقة الولوج أكثر للتعشيق مع أسنان الجسم القارن عبر أسنان حلقة التزامن.

علبة السرعة الأوتوماتيكية:

في علب السرعة اليدوية يجب على السائق تبديل السرعة يدوياً وكذلك القيام بفصل ووصل القابض أثناء التبديل. في مقابل ذلك تقوم علب السرعة الأوتوماتيكية باختيار نسبة التحويل المناسبة بين سرعة المحرك وسرعة العجلات القائدة ذاتياً، بناءً على سرعة السيارة والحمل والجودة، كما تتولى عمليتي فصل ووصل القابض في الوقت نفسه. تتألف علبة السرعة الأوتوماتيكية من جزأين رئيسيين هما محور عزم دوران وعلبة سرعة فلكية.

محور عزم الدوران 3

لتحويل عزم الدوران في علب السرعة الأوتوماتيكية تستخدم محولات التدفق (المحولات الهيدروديناميكية/ الشكل ٣)، التي تتولى وصل القابض عند الإقلاع ومرحلة بدء المسير.

يدفع الزيت في حركة دائرية في فرّاش المضخة - كما هي الحال في القابض الهيدروليكي (القابض ⟵) بحيث تدفع القوة الطاردة المركزية الزيت إلى الخارج نحو فرّاش العنفة ومن ثم نحو فرّاش التوجيه.

لكن بما أن انحناء ريش فراش التوجيه بعكس انحناء ريش الفرّاشين الآخرين فإن تيار الزيت المتدفق من فراش العنفة على هذه الريش سيتعرض لانحراف شديد، الأمر الذي يسبب تأثيراً عكسياً على فراش العنفة. يحاول تيار الزيت تدوير فراش التوجيه بعكس اتجاه فراشي المضخة والعنفة، ولكن فراش التوجيه مقيد بهذا الاتجاه عن طريق آلية الحركة الوحيدة الاتجاه. إن «اصطدام» تيار الزيت بفراش التوجيه المقيد يؤدي إلى زيادة عزم الدوران الناتج عن فراش العنفة بمقدار ضعفي إلى ضعفين ونصف ضعف عزم الدوران المقدم من المضخة، مما يؤدي في الوقت ذاته إلى انخفاض في سرعة دوران فراش العنفة عن سرعة فراش المضخة. وعندما تتساوى سرعتا الدوران تقريباً في كل من فراشي المضخة والعنفة، تسمح آلية

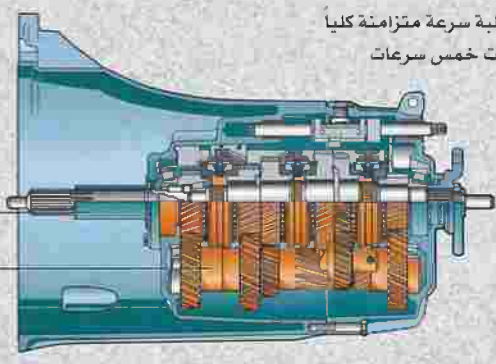
الحركة لفراش التوجيه بالدوران في اتجاه الفراشيين الآخرين، مما يؤدي إلى دورانه معها بالاتجاه ذاته. بذلك يعمل محول العزم عند تساوي سرعتي الدوران لكل من المحور القائد والمحور المقاد عمل قابض هيدروليكي (مبدأ تريلوك Trilok - Prinxip).

علبة السرعة الفلكية 4

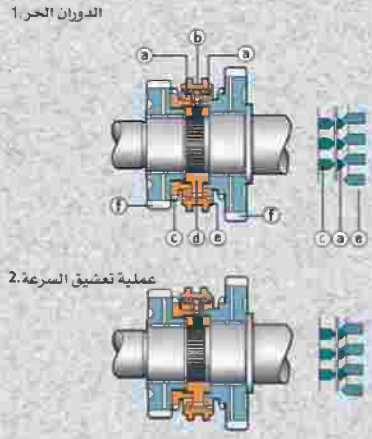
تنقل الاستطاعة إلى علبة السرعة الفلكية عن طريق محوّل عزم الدوران، في مركزها يوجد المسنن الشمسي، الذي تدور حوله المسننات القمرية التي يحيط بها من الخارج مسنن أجوف (الشكل ٤).

تبقى هذه المسننات جميعاً في حالة عمل دائماً، وتؤخذ السرعة المختارة عن طريق أحدهما. إذ يمكن لأي واحد من المحاور الثلاثة أن يؤدي دور القائد، وبتثبيت أحد المحورين الباقيين يصبح المحور الثالث هو المحور المقاد، بذلك تحقق هذه المجموعة ست احتمالات تحويل للسرعة (ست سرعات). بالإضافة إلى ذلك هناك إمكانية تحييد عمل علبة السرعة؛ بحيث تكون سرعة العمود المقاد هي سرعة العمود القائد ذاتها (السرعة المباشرة). وستناقش احتمالات السرعة في البحث القادم (علبة السرعة II).

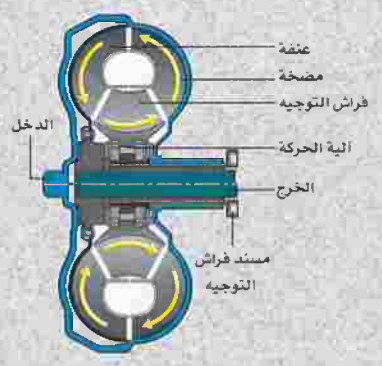
❶ علبة سرعة متزامنة كلياً ذات خمس سرعات



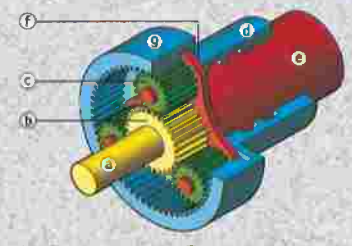
❷ آلية عمل عناصر التزامن



❸ طريقة عمل محول العزم الهيدروديناميكي



❹ علبة السرعة الفلكية



a محور المسنن الشمسي
b المسنن الشمسي
c مسنن قمري
d محور أجوف للمسنن الأجوف
e المحور الحامل للمسننات القمرية
f حامل المسننات القمرية
g المسنن الأجوف

علبة السرعة I

علبة السرعة II

في الغالب في المركبات السياحية غالباً ما يستخدم للسرعات الأمامية محور واحد فقط هو محور خرج علبة السرعة، مما يؤدي إلى التقليل من احتمالات نسب تحويل السرعة. فيما يلي تم اختيار أربع سرعات مختلفة (في توظيفها للمحاور قائد أو مقاد أو ثابت) من أصل السرعات السبع الممكنة في علبة السرعة الفلكية:

● **الاحتمال الأول** (الشكل ١- آ): يوصل عزم الدوران إلى المسنن الشمسي ويثبت المسنن الأجوف (المسنن الداخلي)، مما يؤدي إلى دوران حامل المسننات القمرية والمحور المرتبط به (كمحور مقاد) باتجاه الدوران ذاته. بذلك تتدحرج المسننات القمرية على المسنن الأجوف (من الداخل) وتدور مع المحور المقاد بسرعة أبطأ من تلك التي تدور بها المسنن الشمسي القائد.

● **الاحتمال الثاني** (الشكل ١-ب): يوصل العزم إلى المسنن الشمسي ويثبت حامل المسننات القمرية. وبما أن محاور هذه المسننات تبقى ثابتة لذا فإنها تدور باتجاه معاكس لدوران المسنن الأجوف والمحور المرتبط معه (المحور المقاد) باتجاه معاكس لدوران المسنن الشمسي. بذلك تتحقق إحدى السرعات الخلفية متضمنة تخفيضاً في السرعة.

● **الاحتمال الثالث** (الشكل ١-ج): يوصل العزم إلى المسنن الأجوف ويتم تثبيت المسنن الشمسي. هذا يؤدي إلى تدحرج المسننات القمرية على المسنن الشمسي ويدور معها حامل المسننات الفلكية والمحور المرتبط معه (المحور المقاد) في اتجاه دوران المحور الأجوف، حيث تكون سرعة دوران حامل المسننات القمرية أو المحور المقاد أصغر من سرعة دوران المسنن القائد (المسنن الأجوف).

● **الاحتمال الرابع** (الشكل ١-د): يوصل عزم الدوران في الوقت نفسه إلى المسنن الأجوف والمسنن الشمسي فيدورا بسرعة واحدة وبذلك تدور معهم كل المجموعة الفلكية بالسرعة ذاتها ككتلة واحدة؛ أي أن سرعة المحور القائد تساوي سرعة المحور المقاد (السرعة المباشرة / الوصل المباشر).

علبة السرعة الأوتوماتيكية الموصولة بقصر المحول ❷

تشكل علبة السرعة الفلكية ومحول العزم الهيدروليكية معاً علبة سرعة أوتوماتيكية (علبة السرعة I ⟵). يتم في علب السرعة الأوتوماتيكية الحديثة ذات الخمس السرعات (الشكل ٢) تجاوز المحول الهيدروليكي في السرعات العليا بواسطة قابض ميكانيكي. إن الوصل بقصر المحور (WK) يفيد في تجنب ضياعات القدرة في المحول الهيدروليكي عند السرعات العليا. يؤدي ذلك إلى رفع مردود عملية نقل العزم وبذلك إلى رفع الاستطاعة الفعالة مما يؤدي أيضاً إلى تخفيض استهلاك الوقود.

تعمل علبة السرعة المبينة في الشكل (٢) في السيارات السياحية بمساعدة محول عزم هيدروليكي مجهز بآلية حركة، بحيث يحدث انتقال العزم بشكل تدريجي سلس حسب مبدأ تريكو (علبة السرعة I ⟵). عند السرعات العالية يعمل المحول عمل قابض هيدروليكي، حيث يتم قصر المحول الهيدروليكي (WK). تؤمن المجموعة الفلكية الموصولة مع علبة السرعة تحويل للسرعة بالنسبة المطلوبة للسرعات الخمس من خلال تغيير المحور الثابت، حيث تمييز السرعة الخامسة بأنها رفع للسرعة فوق سرعة دوران المحرك.

يتم التحكم بالقابض ذي الأقراص الصفائحية المسؤول عن مسك المحاور بواسطة جهاز تحكم، بحيث تكون عملية تبديل السرعة تابعة لسرعة السيارة ولحالة الطريق ولحالة التحميل على المحرك. هنا يؤخذ بالحسبان أيضاً نقاط التبديل المختارة (للاستطاعة الأمثل أو الاستهلاك الأمثل) وما يسمى بـ Kick-down (الدوس على دعسة الوقود، حيث يفيد التبديل إلى المسنن ذي السرعة الأدنى في زيادة عزم التسارع).

حالة علبة السرعة عند كل سرعة على حدة ❸

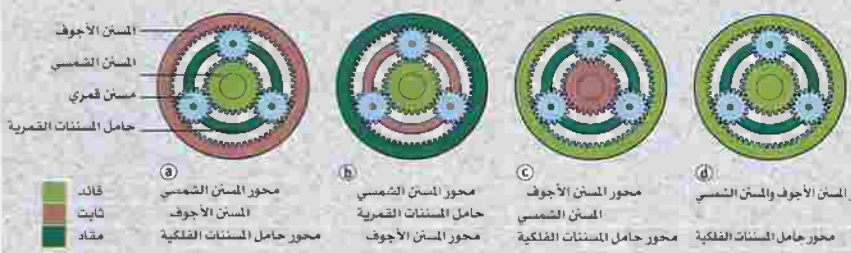
يظهر الشكل (٣) رسماً توضيحياً لسرعتين من سرعات المجموعة:

في السرعة الرابعة (الشكل ٣-آ) يدور المسنن الشمسي الكبير (الأخضر) مع

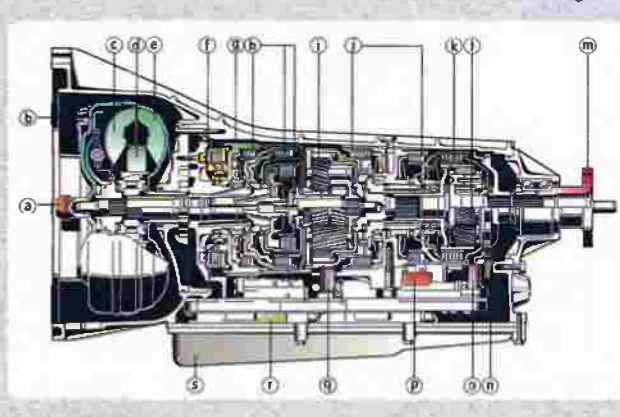
حامل المجموع اليسرى من المسننات القمرية (أخضر اللون) باتجاه واحد بسرعة المحرك ذاتها، بذلك أصبحت محاور المسننات القمرية مع المسنن الشمسي الكبير تدور ككتلة واحدة بسبب الارتباط بينها (السرعة المباشرة ١:١). وعندما يغلق القابض يتم وصل المسنن الأجوف والمسنن الشمسي للمجموعة الفلكية اليمنى (ليدور ككتلة واحدة). ويتم قصر المحول الهيدروليكي في السرعتين الرابعة والخامسة عن طريق صمام مغناطيسي.

في السرعة الخلفية (الشكل ٣-ب) يتم نقل عزم المحرك هيروليكياً حصراً عبر المحور القائد (الأخضر) إلى المسنن الشمسي الصغير للمجموعة الفلكية اليسرى. وبتثبيت حامل المسننات القمرية (بني) يتم عكس اتجاه الحركة عبر المسننات القمرية بين المسنن الشمسي الصغير والمسنن الأجوف. ثم ينقل العزم من هذا المسنن الأجوف عبر حامل المسننات القمرية إلى المسنن الأجوف التابع للمجموعة الفلكية اليمنى التي ثبت مسننها الشمسي (بني). بهذا يكون مخرج العزم على حامل المسننات القمرية اليمنى، الذي يربط بدوره بمحور نقل الحركة دون تخفيض في السرعة.

❶ احتمالات تحويل السرعة في علبة السرعة الفلكية

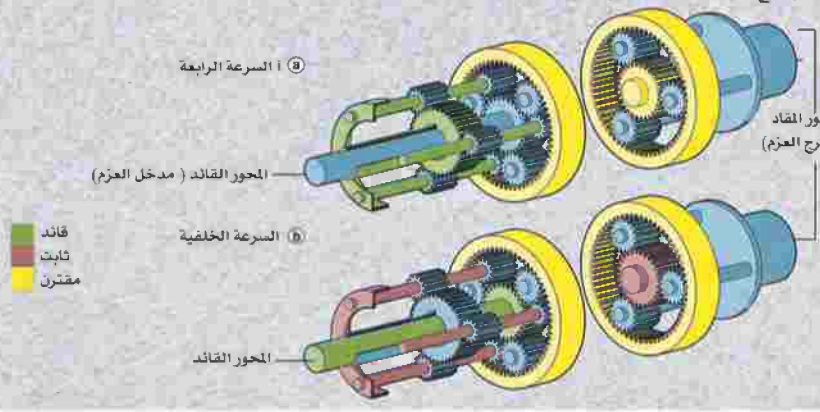


❷ علبة سرعة اتوماتيكية بخمس ساعات



ⓐ مدخل العزم
ⓑ وصلة قصر المحول الهيدروليكي
ⓒ العنفة
ⓓ مسنن التوجيه
ⓔ المضخة
ⓕ مكبح صفائحي
ⓖ شريط المكبح
ⓗ قابض صفائحي
ⓘ مجموعة مسننات فلكية
ⓙ مكبح صفائحي
ⓚ قابض صفائحي
ⓛ مجموعة مسننات فلكية بسيطة
ⓜ شفة وصل محور مخرج العزم
ⓝ قفل حالة الوقوف
ⓞ لاقط سرعة دوران الخرج
ⓟ ماسك الصمامات المغناطيسية
ⓠ لاقط سرعة دوران العنفة
ⓡ جهاز تشغيل هيدروليكي
ⓢ حوض الزيت

❸ أوضاع علبة السرعة عند بعض السرعات



القابض

تحتاج محركات الاحتراق إلى حد أدنى من سرعة الدوران (اثناء الدوران الفارغ) قبل أن تبدأ بالدوران الذاتي اللازم لتأمين استطاعة كبيرة كافية لتشغيل المركبة. وحتى الوصول إلى سرعة الدوران تلك، يجب فصل المحرك عن علبة السرعة بواسطة القابض (الشكل١). للقوابض وظيفتان: عند الانطلاق فع سرعة دوران محور مدخل علبة السرعة الساكن بشكل تدريجي إلى أن يصل إلى سرعة دوران محور المحرك، وهي ضرورية كذلك في علب السرعة ذات المسننات من أجل عملية تبديل السرعات، لأن هذا النوع من علب السرعة لا يسمح بتبديل مسننات السرعة إلا بعد فصلها عن المحرك. في المحركات الحديثة يكاد يقتصر الاستخدام على القوابض الاحتكاكية والقوابض الهيدروديناميكية.

القابض الاحتكاكي:

في أكثر القوابض استخداماً يتم الربط بين محور المحرك ومحور مدخل علبة السرعة عن طريق الاحتكاك الناتج عن قرص واحد أو عدة أقراص مجتمعة. حيث يتألف القابض من قرص القابض الذي يقع بين حدافة المحرك وصفيحة تماسك القابض ويغطي من الجهتين ببطانة احتكاكية تثبت بالبرشمة أو باللصق، ومن صفيحة نابضة (صحن نابضي)، ومن جهاز الفصل. عند الدوس على دعسة القابض يضغط الفاصل بعكس اتجاه قوة الصفيحة النابضية، مما يؤدي إلى ابتعاد صفيحة التماسك عن قرص القابض نتيجة لتحررها من ضغط الصفيحة النابضية، مسبّبة تحرر قرص القابض، وبذلك يتحقق فصل علبة السرعة عن المحرك. يتعلق عزم الدوران المنقول بمساحة وقطر قرص القاض وكذلك بمقدار ضغط الصفيحة النابضية. لذلك تستخدم لنقل عزوم الدوران الكبيرة قوابض متعددة الأقراص.

يتعرض قرص القابض للاهتراء بسبب السحج خاصة عند الإقلاع كما أن حرارته ترتفع بسبب عملية الاحتكاك. لذلك يتم تصنيعها من مواد ثابتة حرارياً ويضاف إليها طبقة معدنية تسهم في تحسين التبدد الحراري.

القابض الهيدروديناميكي ❸

إن رفع المرء قدمه عن دعسة القابض الاحتكاكي محرراً إياها بسرعة، فإن المركبة ستتحرك بارتجاج. في مقابل ذلك يؤمن القاض الهيدروديناميكي أو ما يدعى بقابض «فوتنغر» أو قابض التدفق الزيتي إقلاعاً خالياً من الارتجاج تماماً وانتقالاً للعزم خالياً من السحج في الوقت نفسه. وفيها يحدث جريان في الزيت بفعل المحور المعطى للحركة. هذا الجريان يعمل على تدوير المحور الآخذ للحركة بسرعة مساوية لسرعة دوران المحور المعطى (الشكل ٣-آ).

يحرك المحرك فرّاش المضخة الذي يدفع الزيت باتجاه فرّاش العنفة في جريان مغلق، تتحول في طاقة الجريان إلى حركة دورانية عبر ريش العنفة. بذلك يمكن الحصول على حركة دورانية على المحور الآخذ.

يوضع فرّاشا المضخة والعنفة معاً متقابلين في غلاف مشترك (الشكل ٣-ب)، بحيث يشكل كل منهما فراغاً نصف حلقي بريش ممتدة قطرياً متناظرة بالنسبة للمستوى الفاصل بين الفراشين، اللذين لا يفصل بينهما سوى فراغ ضيّق. ويملأ الفراغ بين الريش بسائل (يكون زيتاً في الأغلب)، من صفاته الضرورية أنه لا يشكل رغوة ويحاظف على لزوجة (Viscosity) ثابتة مع تغير درجة الحرارة، وذلك من أجل الحفاظ على أداء٤ القابض.

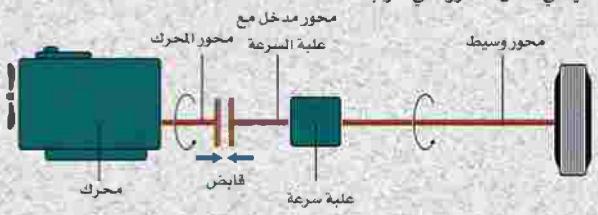
ويظهر الشكل (٣- ج) طريقة عمل الفرّاشين عند الإقلاع: يدور فراش المضخة بفعل المحرك فيكتسب الزيت الذي يملأ فراغاته حركة دورانية فيندفع قطرياً إلى الحافة الخارجية للفراش بفعل القوة الطاردة المركزية، ومن ثمّ يحاول دخول فراغات فرّاش العنفة الذي ما زال ساكناً حتى اللحظة. في الوقت نفسه يبدأ شفط الزيت بجوار المحور من فراش العنفة إلى فراش المضخة (دارة الجريان الزيتي).

بالإضافة إلى القوة الطاردة يكتسب الزيت الموجودة في فراش المضخة الدائرة حركة دورانية بسرعة واتجاه المحور القائد، هذا يعني أن الزيت عند دخوله إلى

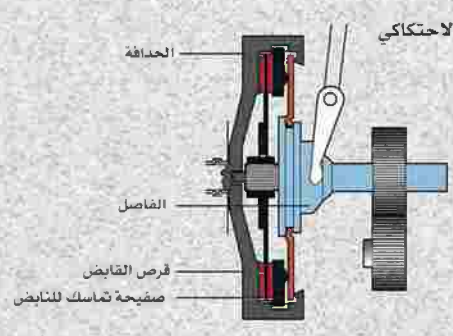
فرّاش العنفة يحمل معه عزم دوران مكتسب من فرّاش المضخة ويمنحه إلى فرّاش العنفة بالتدريج (الإقلاع دون ارتجاج).

طالما أن سرعة دوران فراش المضخة أكبر من سرعة فراش العنفة وعليه فالقوة الطاردة في الأولى أكبر منها في الثانية، يبقى اتجاه الزيت المبين بالشكل (٣-ج) صحيحاً. وكلما اشتد تدفق السائل بين الفرّاشين كلما كبر مردود عملية العزم بينهما: وعندما تتساوى سرعتا الدوران للفراشين يتوقف جريان السائل ويصبحان مقترنين هيدروليكياً. وعند سير المركة على منحن و/أو عند رفع القدم عن دعسة الوقود تنعكس العلاقة بين الفرّاشين فيصبح فرّاش العنفة فراشاً لمضخة والعكس بالعكس. يسمح ذلك بكبح المحرك عن طريق القابض، دون أن يتسبب الأمر في إطفاء المحرك.

❶ مخطط توضيحي لنقل الصورة في المركبات

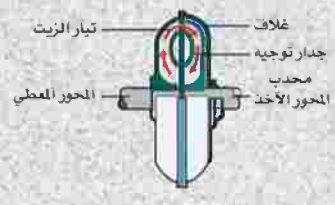


❷ بنية القابض الاحتكاكي

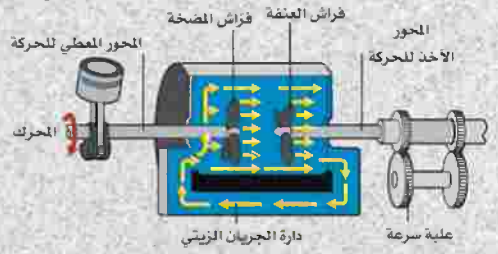


❸ قابض الجريان الزيتي

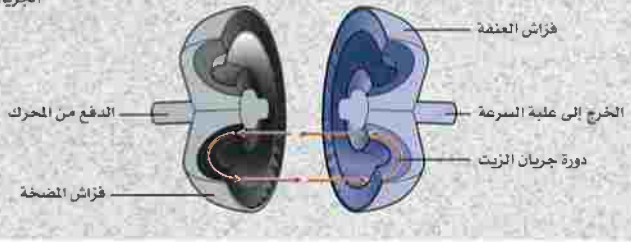
رسم توضيحي لأحد القوابض الهيدروليكية ⓑ



مبدأ عمل قابض الجريان الزيتي ⓐ



فراشا المضخة والعنفة في قابض ⓒ الجريان الزيتي



المكابح I

تستخدم تجهيزات الكبح في السيارة للتحكم بتخفيض سرعتها أو لإيقافها تماماً، وتشمل كلا من المكابح المسير (footbrake) المسؤولة عن تخفيض السرعة على كل العجلات ومكابح الوقوف (Handbrake) المستقلة عن مكابح المسير والتي تؤثر عادةً على عجلتين فقط. تعمل مكابح المسير في السيارات الصغيرة هيدروليكياً أما مكابح الوقوف فتعمل بقوة شد الأسلاك.

قانون باسكال 1

تعتمد المكابح الهيدروليكية على قانون باسكال (الموضوع من قبل Blais Pascal ١٦٢٣-١٦٦٢) الذي يقول أن الضغط المؤثر على سائل محصور يتوزع بشكل منتظم في كل الاتجاهات. أي أن قوة ضغط القدم على دعسة المكبح تنتقل عبر الأنابيب والخراطيم إلى أسطوانات المكابح في كل العجلات. إن الشوط الذي يقطعه مكبس أسطوانة المكبح الرئيسة نتيجة لوقة ضغط القدم على دعسة المكبح يتوزع على مكابس أسطوانات العجلات بما يتناسب مع عددها؛ هذا يعني أن الشوط الذي يقطعه المكبس في أسطوانة مكبح كل عجلة يكون أصغر من شوط المكبس الرئيس بمقدار عدد أسطوانات الكبح الموزعة في العجلات.

يفضل الآن في السيارات السياحية استخدام أنظمة كبح هيدروليكية ثنائية الدارة (الشكل ١). وهي تتألف من حيزي انضغاط منفصلين عن بعضهما، حيث تصل قوة الكبح إلى عجلات إحدى الدارتين ويتم كبحها بمعزل عن العجلات التابعة للدارة الأخرى. ويمتاز هذا النظام في مقابل أنظمة الكبح ذات الدارة الواحدة بالحصول على عملية الكبح المطلوبة حتى عند حدوث خلل في إحدى الدارتين.

مبدأ العمل 1 2

عند الدوس على دعسة المكابح تولد قوة القدم في الأسطوانة الرئيسة ضغطاً هيدروليكياً ينتقل بواسطة زيت المكابح عبر أنابيب الدارة إلى أسطوانات الكبح في

العجلات (مكابح القرص ومكابح الطنبور). فيتباعد المكبسان في أسطوانة مكبح العجلة ويدفعان بطانة الكبح تجاه سطوح الكبح. أما الحرارة الناتجة عن تحول القدرة الحركية بالاحتكاك فتتبدد إلى الوسط المحيط. وعند الاستخدام المستمر الطويل للمكابح (في طريق منحدرة مثلاً) يمكن أن تتراجع قوى كبحها ويحدث ما يسمى بالارتخاء (Fading).

وبحسب اتجاه تطبيق قوة الكبح يمكن التمييز بين نمط المكابح المحورية (المكابح القرصية، الشكل (٢)؛ المكابح II ⟵) وبين نمط المكابح القطرية (المكابح الطنبورية؛ الشكل «٣»). في المكابح الطنبورية تتجه قوة الكبح نحو السطح الداخلي لطنبور الكبح، وهي لا تستخدم الآن إلا في العجلات الخلفية.

المكابح الطنبورية 3 4

يمكن فرز المكابح الطنبورية بحسب مبدأ عملها إلى مكابح بسيطة ومكابح مضاعفة ومكابح مضاعفة ثنائية ومكابح مؤازرة ثنائية (الشكل ٤). أبسط هذه التصاميم هي المكابح البسيطة (الشكل ٤-أ)، ففيها يضغط حذاءا الكبح على الطنبور الدائر بفعل الضغط الهيدروليكي داخل أسطوانة مكبح العجلة. ويعمل هذا المكبح بضغط نهايتي حذائي الكبح (السفليتين) على الطنبور في الاتجاهين، بحيث يقترب أحد الحذائين موافقاً لجهة الدوران والآخر مخالفاً لها. في عملية الكبح يُضغط حذاء الكبح المخالف ضد اتجاه دوران الطنبور وتعمل قوة الكبح الناشئة بين البطانة والطنبور على إبعاده، مما يؤدي إلى إضعاف أثره الكبحي. أما الحذاء الموافق لجهة الدوران فإن قوة احتكاكه مع الطنبور تولد قوة تماسك إضافية تشكل دعماً ذاتياً له.

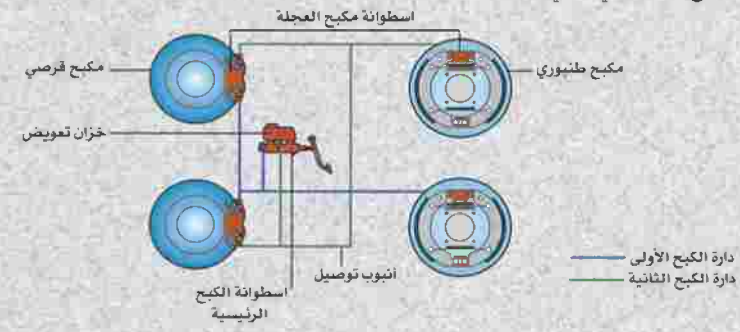
على عكس ما سبق يجهز المكبح المضاعف (الشكل ٤-ب) بأسطوانتي كبح أحاديتي التأثير تركبان على تقابل، بحيث نحصل على تقدم السيارة على حذائي كبح موافقين ذي قوة دعم ذاتية. أما في السرعة الخلفية إن مفعول هذا المكبح يعد

أسوأ من الكبح البسيط، لأن حذائي الكبح يكونان مخالفين لجهة الدوران. ويمكن تفادي هذه السيئة التصميمية بواسطة المكبح المضاعف الثنائي (الشكل ٤-ج) باستخدام اسطوانتي كبح ثنائية التأثير وبذلك نحصل على حذائي كبح موافقين بغض النظر عن اتجاه مسير السيارة.

المكابح المؤازرة (المزدوجة) 4

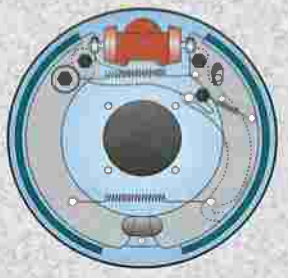
إن أعلى تأثير يمكن الحصول عليه في المكابح الطنبورية هو تأثير المكابح المؤازرة (الشكل ٤-د)، التي تحوي أسطوانة كبح مزدوجة التأثير (في الأسفل) كما في المكابح البسيطة. لكن هذين الحذائين لا يستندان إلى مركز دوران كنقطة استناداً وإنما يرتبطان مع بعضهما في هذه النطقة بواسطة مسند انزلاقي. عند الكبح في حالة السرعة الأمامية يستند أحد الحذائين (الأيسر) على النهاية العليا للحذاء الآخر (الأيمن)، والذي يصبح بذلك حذاءاً موافقاً ذا قوة دعم ذاتية. لكن وبما أن المسند المنزلق مقيد في حالة السرعة الخلفية فإن هذا المكبح يعمل في هذه الحالة كمكبح بسيط. أما في المكابح المؤازرة المزدوجة فيكون المسند الانزلاقي حر الحركة من الجهتين، بحيث نحصل على عملية كبح متماثلة في التقدم والتراجع.

❶ نظام كبح هيدروليكي ثنائي الدارة

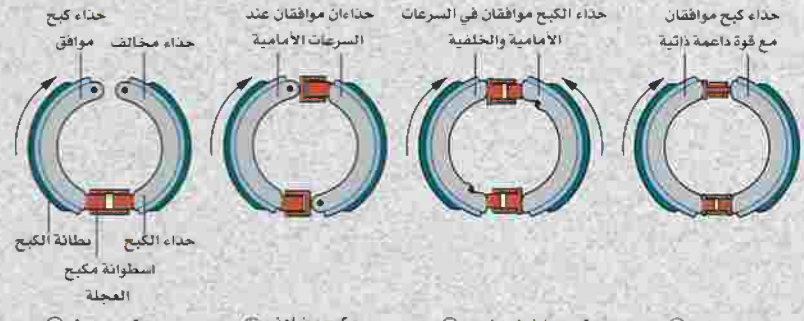


❷ المكبح القرصي

❸ بنية المكبح الطنبوري



❹ أنواع المكابح الطنبورية



المكابح II

يقع قرص الكبح في المكابح القرصية (مكابح الديسك) بين بطانتي الكبح اللتين تحيطان به بما يشبه الكماشة. يمكن أن تثبت البطانة على سوار كبح ثابت أو متحرك. في مكابح السوار الثابت (الشكل ١-آ) تضغط أسطوانتا كبح على قرص الكبح من الجهتين. في المكابح ذات السوار المتحرك يمكن تميز نوعين أساسيين: سوار الإطار المتحرك وسوار القبضة (الشكل ١-ب). في كلا النوعين يحيط السوار القادر على الانسحاب محورياً بجزء من قرص الكبح بحيث تستخدم أسطوانة كبح واحدة لكل عجلة. عند تفعيل المكابح يؤثر ضغط الزيت على المكبس، بحيث تنضغط البطانة الموجودة على الجهة الداخلية للعجلة (البطانة اليمنى) مباشرة على قرص الكبح. في الوقت نفسه يؤثر ضغط الزيت على القلنسوة (القبضة)، بحيث تتحرك هذه ضمن حاملها بعكس اتجاه المكبس ساحبة معها بطانة الكبح الأخرى (اليسرى) لتضغطها على قرص الكبح. بما أن المكابح القرصية ذات السوار الثابت لا تصلح إلا ضمن شروط محددة، لذلك يضاف إليها (غالباً في العجلات الخلفية) مكابح طنبورية إضافية (المكابح I ←).

مضخمات قوى الكبح:

بسبب غياب التضخيم الذاتي في المكابح القرصيّة لا بد من إضافة مضخم لقوة الكبح من شأنه دعم قوة القدم عند استخدام المكابح. أكثر الأنماط استخداماً هما مضخم سوائل القدرة (المضخم الهيدروليكي). تستغل مضخمات الضغط الناقص ضغط التخلخل السائد في أنبوب الامتصاص الداخل إلى المحرك من أجل تخفيف الحمل على القدم. وعند غياب ضغط التخلخل المذكور (لعطل في المحرك مثلاً) تبقى المكابح تعمل كما يجب. أما مضخات سوائل القدرة فتستخدم تجهيزات السائل المضغوط (الهيدروليك) المجهزة بها العربة (من أجل مؤازرة عجلة القيادة مثلاً) كمنبع للقدرة. مقابل صغر حجم الدعسة وانخفاض القوة المطلوبة من القدم تبدي دعسة المكابح غالباً رد فعل «إسفنجي».

نظام منع القفل (ABS) ❷

عادةً لا يمكن تغير توزيع قوى الكبح على المحورين الأمامي والخلفي، الأمر الذي قد يؤدي إلى قفل بعض العجلات بسبب اختلاف التحميل فيما بينهما، مما يؤدي إلى فقدان القدرة على المناورة وقد يؤدي أيضاً إلى انقلاب العربة. إلى جانب منظمات قوى الكبح التي تعمل عند بلوغ الضغط جداً معيناً في نظام المكابح على منع استمرار تزايده في أسطوانات كبح العجلات للحيلولة دون قفلها، فقد تم تطوير نظام منع القفل (Antiblock System: ABS) الذي يستطيع كبح العجلات إلى ما قبل حدود القفل دون أن تنزلق في جميع حالات الطريق (جليد أو طريق جافة أو غير ذلك). تحافظ العربة بذلك على قدرتها على المناورة حتى في حالة الكبح الكلي وفي الوقت نفسه تكبح على النحو الأمثل. لم يكن نظام منع القفل في السيارات السياحية ممكناً إلا بعد تطوير تقنيات أنصاف النواقل؛ فقد ظهر أول نظام ABS قابل للتركيب في السيارة عام ١٩٧٨.

يتألف الـ ABS (الشكل ٢) من لواقط دوران تقيس سرعة دوران كل عجلة وجهاز تحكم إلكتروني ومجموعة هيدروليك. تقيّم إشارات لواقط الدوران في جهاز التحكم وبناءً عليها يتم حساب ضغط الكبح اللازم من أجل كبح أمثل عندما ينبئ أحد اللواقط أن سرعة دوران العجلة تنخفض (خطر القفل)، يتم توقف زيادة ضغط الكبح عليها. فإذا استمرت مع ذلك سرعتها في الانخفاض، يتم خفض الضغط في أسطوانة الكبح، بحيث يتم كبح العجلة بقوة أقل. فإذا تسارعت العجلة يتم رفع ضغط الكبح من جديد وتبدأ دورة تنظيم جديدة. بهذا نجد أن نظام منع القفل هو من حيث المبدأ «عملية كبح متقطع»، حيث تساعد الدّارة الإلكترونية بتنفيذ إيقاع تقطيع مستقل لكل عجلة على حدة.

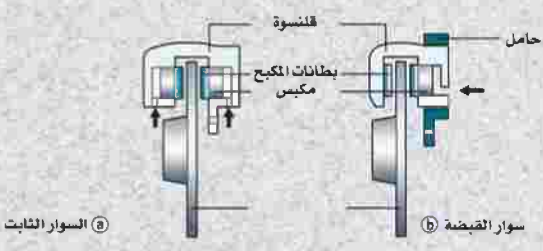
تنظيم انزلاق الدفع (ASR) ❸

هي عملية عكس لمفعول نظام منع القفل وتدعى تنظيم انزلاق الدفع (Antriebsschlupfregelung) (الشكل ٣)، ويتم من خلالها تحاشي دوران بعض

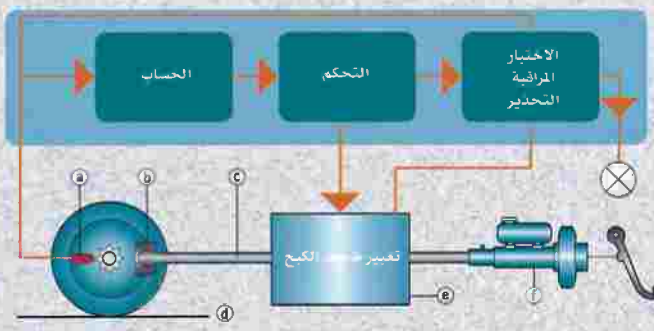
العجلات في المكان أثناء الانطلاق أو أثناء التسارع للمحافظة على قابلية العربة للمناورة وإبقائها ضمن مسارها. يبني الـ ASR على نوعين: في النوع الأول يتم التنظيم حصراً بالتدخل على المحرك، مثلاً بإضافة صمام خنق إضافي أو بقمع شرارات الإشعال أو بتخفيض الاستطاعة، أما في النوع الثاني فيتم التنظيم المطلوب بالتأثير على تسارع العجلات عبر المكابح. للتحكم بقوة الكبح يستخدم الـ ASR المذكور مكونات الـ ABS الموجودة في العربة أصلاً، حيث يتم في أثناء عملية تنظيم انزلاق الدفع توليد ضغط كبح متحكم به إلكترونيا في أسطوانات مكابح العجلات دون أن يقوم السائق بالدوس على دعسة المكابح.

يمكن اليوم من خلال الدمج بين نظامي ASR×ABS السيطرة على العربة في حالات الطريق المختلفة، الأمر الذي يحسّن شروط الأمان بشكل واضح.

❶ المكابح القرصية

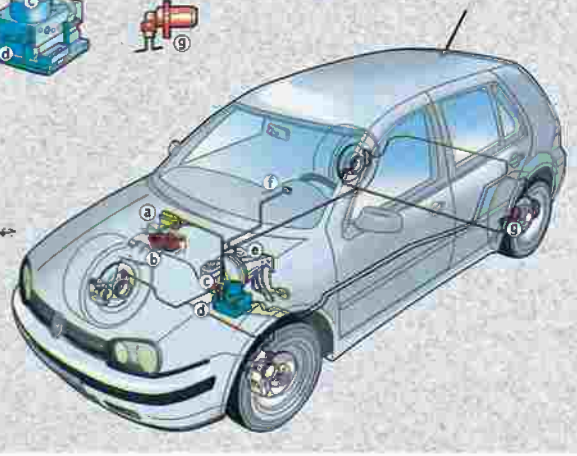


❷ دارة التحكم بنظام منع القفل (ABS)



❸ جهاز الـ ASR

ⓐ جهاز التحكم بالمحرك
ⓑ وحدة التحكم بصمام الخنق
ⓒ وحدة هيدروليك مع جهاز تحكم الكتروني
ⓓ جهاز التحكم بالمحرك حسب امر ASR
ⓔ دعسة وقود المكترونية
ⓕ مصباح تحذير لـ ASR مع مفتاح
ⓖ لاقط سرعة الدوران



المحفزات ومنقيات السخام

بالإضافة إلى الغازات غير الضارة (ثاني أوكسيج الفحم CO2 وبخار الماء O٢) الناتجة عن احتراق الوقود ينتج عن هذا الاحتراق أيضاً مواد تضرُّ بالبنية والصحة أهمها: أول أكسيد الفحم (CO) وهيدرات الفحم (CmHn) وأكاسيد الأزوت (Nox) وجزيئات السخام.

لقد أثبت استخدام المحفزات (Katalysatoren) أنه الإجراء الأبسط تقنياً والأكثر فعالية في الحدّ من نفث الغازات الضارة. إنها تحفز التفاعل الكيميائي عند درجات منخفضة نسبياً على زيادة سرعة التفاعل دون أن تُستهلك هي بالذات. إن ما يجري من تفاعلات في عملية تنقية غازات العادم بالتحفيز هو أساساً: تأمين فائض من الأوكسجين لتحويل أول أكسيد الفحم إلى ثاني أكسيد الفحم وبخار الماء، كما تتفاعل أكاسيد الآزوت مع أول أكسيد الفحم معطية ثاني أكسيد الفحم وجزيئات الآزوت البسيطة (N2).

محفّزات غازات العادم ❶ ❷

لقد أثبت كل من المحفّز الثلاثي المسالك لمحرك البنزين ومحفز الأكسدة لمحرك الديزل فعاليتها تقنياً. من أجل زيادة سطح التماس بين غاز العادم والمحفّز قدر الإمكان يستخدم السيراميك أو المعدن كمادة وسيطة على شكل مجسم خليوي مقطعه مشابه لقرص العسل، وتطلى سطوحه الداخلية بطبقة خاصة (غلاف وسيط)، من شأنها زيادة السطح الخارجي لوسيط التحفيز عدة أضعاف (الشكل ٢). بعد ذلك يتم إحكام جسم المحفز الفعلي المصنوع من معدن ثمين. يوضع الجسم السيراميكي المطلي ضمن شبك معدني ويحاط بغلاف من الفولاذ العالي الجودة، حيث يلحم الجسم الخليوي المعدني مع الغلاف بشكل مباشر. إن التفاعل الكيميائي المذكور أعلاه، الذي يحدث في جوف المحفز، يستدعي بالضرورة في حالة المحفز الثلاثي المسالك الحفاظ على تركيب مثالي لغازات العادم. ويتحقق ذلك إذا بقيس

كمية الهواء الداخلية فعلياً مساوية لكمية الهواء اللازمة نظرياً لحرق شحنة الوقود الداخلة. يتم تغيير تركيب غاز العادم عن طريق التحكم بمزيج الوقود والهواء قبل الاحتراق بالاعتماد على قياس كمية الأوكسجين في غاز العادم بواسطة مسبار لامبدا. فعند وجود أي انحراف في قيمة لامبدا (معامل فائض الهواء) عن قيمتها المطلوبة يُصحح تركيب المزيج عن طريق جهاز تحكم إلكتروني.

مع أن استخدام محفز الأكسدة أسهل كثيراً من غيره، إلا أن فعاليته أقل. لكن بما أن محرك ديزل يعمل بفائض كبير من الهواء، فإن معالجة أول أوكسيد الفحم وماءات الفحم تعدّ هنا كافية؛ مع العلم أن هناك محفزات تقلل من إصدار أكاسيد الأزوت لكنها لم تنتج بكميات تجارية حتى الآن. إن كمية الأوكسجين الموجودة في غازات العادم لمحرك ديزل تكفي لإتمام التفاعل الكيميائي ولا حاجة لأي إجراء مساعد. أما التحكم بتركيب مزيج الوقود كما في محرك أوتو فهو غير عملي لأن استطاعة محرك ديزل تتعلق بكمية الوقود المحقونة.

منقي السَّخام 3

إن استخدام المحفز لوحده لا يكفي لتخفيض محتوى غازات العادم من الجزيئات المحمولة مثل السخام (هباب الفحم) خاصة في محرك ديزل. تتم تنقية غازات العادم من جزيئات السخام ميكانيكياً عن طريق وسيط تصفية دون أي تغيير يذكر في تركيب غازات العادم. وقد أثبتت التجارب فعّالية المنقي الأحاديث الكتلة المصنوع من سيراميك كورديرت❖ Cordieret-Ceramic. وهي مادة يتخللها عدد كبير من الأقنية المغلقة من جهة واحدة بالتناوب، بحيث يجبر غاز العادم على المرور خلال الجدران المسامية لكتلة السيراميك (الشكل ٣)، فتترسب الجزيئات على السطح الخارجي للسيراميك وضمن المسامات، وتتراكم على جدران المنقي مع ازدياد فترة التشغيل ويرتفع بذلك الضغط المقاوم لغازات العادم، لذا يجب تنظيف المنقي بانتظام. مع العلم

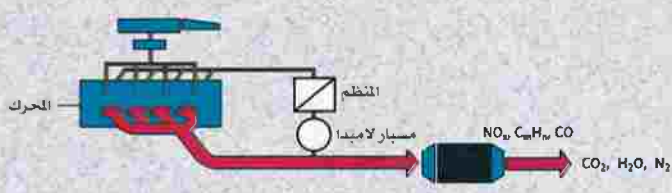
«❖» سيراميك - كورديرت: هي مادة تماس تتألف من سيليكات المغنزيوم والألمنيوم وسميت بذلك نسبة للعالم الفرنسي cordier.

أن السخام التراكم يحترق، وأن الحرارة اللازمة للاحتراق تؤخذ إما من مسخنات كهربائية أو من حرّاقات تعمل بالوقود، ويُعتمد على الأخيرة عملياً من أجل ضمان احتراق كامل، حيث تشكل عمليات التحكم اللازمة لذلك كلفة عالية جداً.

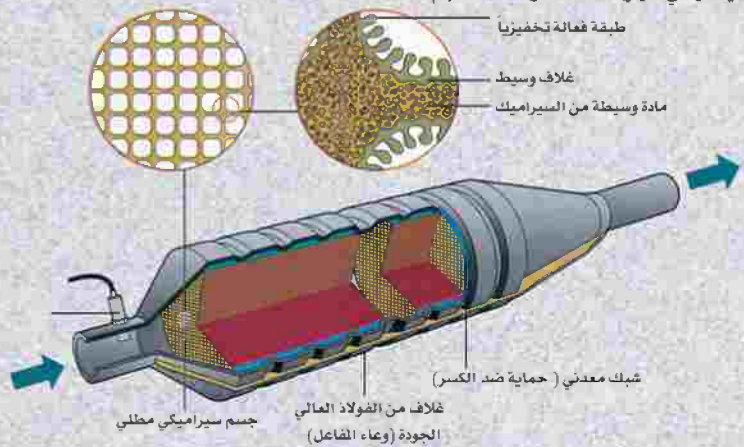
يتألف نظام التقنية المركب في الحافلات (الباصات) عموماً من منقيين موصولين على التوازي، يتم الاحتراق في أحدهما بينما يعمل الآخر، وهكذا بالتناوب. كما يوجد أيضاً حراقات - هي الآن قيد التطوير - بإمكانها إعادة تهيئة المنقي أثناء عمل المحرك (إعادة التهيئة ميدانياً). يستخدم الآن منقي السخام في المركبات ذات المهمات الخاصة؛ مثل الشاحنات العاملة في الانفاق وسيارات الخدمات والرافعات الشوكية وآليات البناء.

بما أن تحقيق مؤشرات غازات العادم الحدية (المطلوبة) حالياً ربما يكون ممكناً مستقبلاً بإجراءات تتخذ في المجرك، فإن منقيات السخام تعد غير اقتصادية للاستخدام في السيارات العادية بسبب كلفتها العالية.

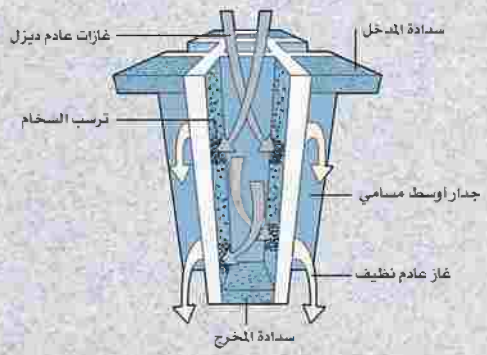
❶ مخطط محفز ثلاثي المسالك مجهز بدارة تحكم



❷ بنية محفز ثلاثي المسالك مقسّم إلى قمسين ومزود بمسبار لامبدا، يعمل في سيارة خاصة متوسطة الحجم



❸ طريقة عمل منقي السخام



الوسائد الهوائية

يعد نظام الوسائد الهوائية من أهم التطورات التقنية الأساسية التي حدثت في السنوات الأخيرة في مجال ضمان سلامة ركاب السيارات السياحية. كما يعدّ ضمن أنظمة الحماية السلبية لأن فعل الحماية الذي يؤديه ينقذ تلقائياً عند حدوث تصادم دون أي تطلب من السائق.

آلية العمل بإطلاق ناري:

يتم إطلاق آلية عمل الوسائد الهوائية عند اصطدام السيارة بإشعال عبوة متفجرة (وقود ناري) تقوم بنفخ الوسادة الهوائية (airbag) خلال أجزء الثانية. فعند الاصطدام تمتلئ الوسادتان الهوائيتان فوراً وقبل أن يمسّهما السائق أو المرافق، فتكونان جاهزتين لامتصاص طاقتهما الحركية «بليونة»، إذ يتم تفريغهما جزئياً عند التلاقي. وبحسب توضع الوسادة يمكن التمييز بين وسائد أمامية وأخرى جانبية. تمنع الوسائد الهوائية الأمامية ارتطام السائق بعجلة القيادة أو بالمنصة الأمامية عند سرعة اصطدام أقل من ٦٠كم/سا، وبذلك تحميهما من إصابات الرأس والصدر. هناك وسادة هوائية للسائق وأخرى لمرافقه: تختفي الأولى ضمن عجلة القيادة، أما الثانية فتكمن في المنصة الأمامية أو في الجيب الأمامي. تطلف الوسادة الهوائية عن طريق حساس الاصطدام الذي يرتبط بدوره بجهاز إطلاق إلكتروني. كما تتضمن دارة التحكم الإلكترونية عادةً شداد الحزام، الذي يلفّ الحزام عند الاصطدام فيشده. يظهر الشكل (٢) نظاماً مركباً من هذا النوع لحماية الركاب.

حساس الاصطدام ❸

يلتقط حساس الاصطدام التباطؤ المفاجئ الذي يحصل عند التصادم عن طريق لاقط أو لاقطين لقياس التسارع، ويعطي الأمر بإطلاق نظام الحماية المؤلف من الوسادة الهوائية وشداد الحزام عند تجاوز عتبة محددة (للوسادة الهوائية: حوالي ٢٥ كم/سا ولشداد الحزام: حوالي ١٥ كم/ سا). من حيث المبدأ يتضمن لاقط

التسارع مجموعة كتلة ونابض (الشكل ٣)، إذ يؤدي انزياح الكتلة عند التصادم إلى انحناء الصفيحة النابضية، الأمر الذي ينتج عنه تغير في المقاومة الكهربائية لشريط القياس (القابل للاستطالة) المتوضع عليها، مما يؤدي إلى تغير شدة التيار المار فيه. هذا التغيّر يتم قياسه باستمرار. وبحسب التباطؤ الناتج عنه تعطى النبضة اللازمة لنفخ الوسائد الهوائية.

حبابة القدح:

يتم إشعال العبوة الناريّة الخاصة بالوسادة الهوائيةعن طريق تسخين حبابة القدح، فتملأ الوسادة الهوائية بالآزوت فوراً؛ خلال ٣٠ ميلي ثانية لوسادة المرافق، وذلك لأن المسافة بين المرافق ووسادته الكامنة في المنصة الأمامية هي أطول من تلك الفاصلة بين السائق ووسادته الموجودة في عجلة المقود. وحتى تقوم الوسادة بمهمة الحماية المطلوبة يجب أن تتطابق لحظة إطلاقها مع لحظة الارتطام الراكب فيها. ولا تحدث الحماية المثلى إلا عندما يلتقي الجسم بالوسادة تماماً في لحظة امتلائها الأعظمي، أي قبيل إفراغها وسقوطها، الذان يحدثان أيضاً دون أي تدخل. في حالة الصدمات المتعددة لا تقدم الوسادة أية حماية، لأنها تطلق في الواقع لمرة واحدة فقط.

حماية القفص الصدري :

إن الوسائد الهوائية الجانبية هي تطوير للوسائد الأمامية وتهدف إلى تخفيف الخطر عند تلقي الصدمات الجانبية، لذلك توضع وسائد هوائية في الأبواب والمساند لحماية الرأس، كما يوضع بعضها على امتداد إطار السقف. هذه الوسائد يجب أن تنفخ بسرعة بالغة (في غضون ١٠ ميلي ثانية) بسبب عدم وجود حيز للتراجع في هذا المجال. يعتمد النظام الموضوع من قبل شركة فولفو لصناعة السيارات على حساس القادح الصدمي (كبسولة القدح أو Percussion Caps) دون دارة منطقية.

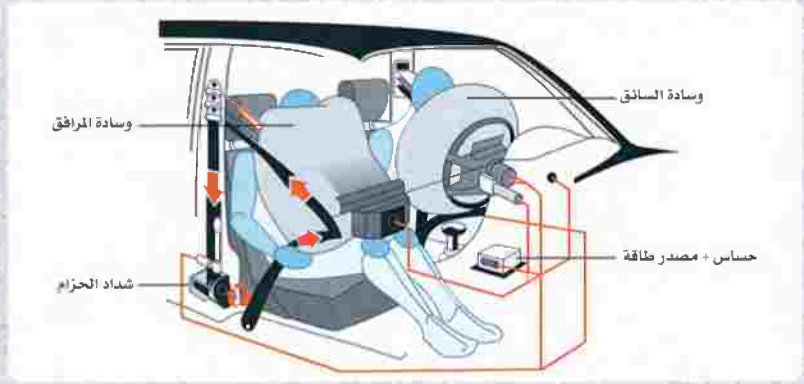
وتوجد وسائد الهواء الجانبية في المساند وتنفخ نحو الأمام. عموماً تجهز السيارات في الوقت الحاض بالوسائد الجانبية فقط بناء على رغبة المستهلك، إذ أنها تعمل بشكل مستقل عن نظام التحكم الموجود في السيارات الذي يشمل مثلاً وسائد الهواء الأمامية.

ما يتلزم به في الولايات المتحدة الأمريكية:

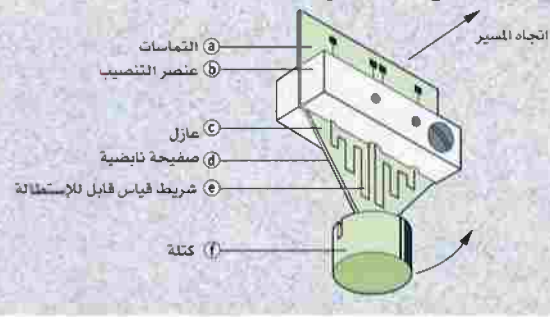
حتى نهاية الثمانينات من القرن الماضي كانت السيارات لا تجهز بالوسائد الهوائية إلا لقاء ثمن إضافي أو في السيارات الفخمة، وذلك بسبب تصميمها المكلف وتجهيزاتها الإلكترونية المعقدة. ومن عام ١٩٩٣ أصبح إلزامياً على كل السيارات السياحية في الولايات المتحدة الأمريكية أن تجهز بنظام حماية بالوسائد الهوائية خاصة الوسائد الأمامية، إذ أنها تحمي الركاب حتى الذين لا يستخدمون حزام الأمان.

❶ طريقة عمل الوسادة الهوائية

❷ نظام حماية سلبي للركاب بوسادة هوائية وشداد حزام



❸ لاقط التسارع المستخدم في إطلاق الوسادة الهوائية



الوسادة الهوائية

إلكترونيات السيارة

تتحكم الإلكترونيات اليوم في عمل السيارة إلى حد بعيد، فالتطورات الحديثة التي أدخلت على السيارة مثل الوسادة الهوائية (⟵) أو ASR/ABS (المكابح II ⟵) لم تكن ممكنة لولا الإلكترونيات الدقيقة. يظهر الشكل ١ مواقع استخدام الإلكترونيات في السيارة).

جهاز الإضاءة ❷

من أهم العناصر في توليد الطاقة الكهربائية المولدة، وهي لازمة لتشغيل جميع الأجهزة الكهربائية (في السيارة) وتعمل في الوقت نفسه على إعادة شحن المدخرة، وتدعى أيضاً بجهاز الإضاءة. لقد تراجعت الآن مولدات التيار المستمر لتحل محلها مولدات التيار المتناوب الأخف والأصغر حجماً والقادرة على تقديم الاستطاعة حتى في حالة عدم تحميل المحرك. تتضمن المولدات من هذا النوع جذعاً ثابتاً (الثابت) مزوداً بثلاثة ملفات ثابتة تفصل فيما بينها زاوية تقدرها ١٢٠+ (نظام بوش Bosch؛ الشكل ٢) ومن جزء دائر (الدوار) مخلبي القطبين، يتألف من ملف تحريض ونصفين (قطبين) على شكل مخالب. يولد الحقل المغناطيسي الدوار في الثابت ثلاثة توترات متناوبة جيبية متساوية في الشدة والتردد. تستند مهمة تقويم هذا التيار المتناوب الثلاثي الطور إلى عدة ثنائيات قدرة Power diods موجودة في جسم تبريد المقوم. يتعلق التوتر المتناوب المولد بأمور عدة، أهمها شدة الحقل المغناطيسي أي شدة تيار التحريض وتغير الحقل أي سرعة دوران الدوار. أما مهمة المحافظة على توتر خرج ثابت للمولدة على كامل مجال تغير سرعة دوران المحرك فيقوم بها منظم ترانزستوري، من شأنه حماية الأجهزة المزودة (مذياع أو مصابيح أو غيرها..) من فرط التوتر عند سرعات الدوران العالية وكذلك حماية المدخرة من فرط الشحن.

الضوء الكشاف 4

لقد طرأت على ضوء السيارة الكهربائي - منذ استخدامه لأول مرة عام ١٩١٠ - عدة تطويرات لتحسين الرؤيا أهمها: إدخال ضوء التحجيب غير المتناظر (ضوء الرؤيا القريبة) الذي أدى إلى زيادة مدى الرؤيا على الجانب الأيمن للطريق.

- واستخدام مصابيح الهالوجين التي تشع أيضاً ضوءاً محجباً غير متناظر، لكنها تمتاز على المصابيح العادية بشدة إضاءة أعلى.
- واستعمال كشافات تحجيب جديدة بنظام المجسم القطعي الناقصي المتعدد PES (Polly-Ellipsoid-System) التي ترفع المردود بنسبة تصلة إلى ٥٠٪.
- والتطويرات التي حدثت في أواسط الثمانينيات من القرن الماضي، التي أثمرت الكشاف المزودة بنظام PES ومصابيح الكزينون المفرغة (ليترونك).

تمتاز الكشافات المزودة بنظام المجسم القطعي الناقصي المتعدد (الشكل ٤) بالمقارنة مع الكشافات العادية بأنها تعطي الاستطاعة الضوئية ذاتها عند قطر أصغر لفوهة خروج الضوء (مما يسمح ببناء سيارة ذات واجهة أمامة أصغر/ أخفض). فبدلاً من المرآة القطعية المعروفة يزود كشاف الـ PES بعاكس مؤلف أصلاً من قطعين ناقصين مجسمين، بحيث يحيط بالمصباح المشع إحاطة بالغة، ما ينتج عنه استغلال شبه مثالي للضوء الصادر عنه. تناسب بنية الكشاف PES الضوء المجب فقط (الإضاءة القريبة)، أما الإضاءة البعيدة فيلزم لها كشاف مرآة قطع ناقص من النوع العادي.

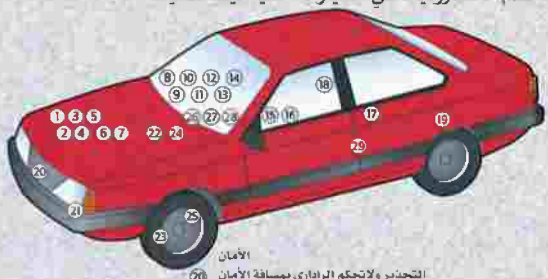
تتألف أنظمة الليترونك الحديثة (Light- electronic) من كشاف تحجيب PES ومصباح كزينون مفرغ بالإضافة إلى جهاز إشعال مسبق إلكتروني (Elektronische Vorschaltgeraet) EVG. يتضمن الـ EVG جهاز إشعال يؤمن التوتر العالي (١٠-٢٠ كيلوفولت) اللازم لإشعال المصباح، وجهاز تحكم يعمل على رفع تيار المصباح في طور البدء (حتى يعطي المصباح إضاءة ساطعة على الفور) بالإضافة إلى ذلك ينظم

تيار وتوتر المصباح من أجل إشعاع ضوئي منتظم. تتمتع أنظمة الليترونك بالمقارنة مع مصابيح الهالوجين بدرجة حرارة لونية أعلى (لا اصفرار في الضوء)، ومردود ضوئي أعلى بكثير مع المبالغة في إنقاص المساحة التي تشغلها المصابيح في واجهة السيارة، بالإضافة إلى عمر أطوال بخمسة أضعاف.

المقلع ❸

يعد المقلع Starter من العناصر الكهربائية الأساسية، إذ أن محركات الاحتراق لا يمكنها الإقلاع بالاعتماد على قوتها، ولا بد لها من عنصر إقلاع. يستمر المقلع في تدوير حدافة المحرك Flywheel إلى أن يستطيع المحرك الاستمرار في الدوران بمفرده. يركب عادة في سيارات النقل الخاصة مقلع لولب هجومي (الشكل ٣) باستطاعة ٢ كيلو وات تقريباً. يركب في هذا لانوع من المقلعات تريس قابل للتقدم فوق لولب شديد الميل. عند تدوير مفتاح الإقلاع شغل حاكمة الإزاحة لتنسحب باتجاه معاكس لقوة نابض الإرجاع وتسحب معها ذراع الإزاحة الذي يدفع بدوره التريس حتى يتداخل مع التاج المسنن للحدافة. يدور التريس ومعه الحدافة (ومن ثم المحرك) عن طريق محرك المقلع الكهربائي الذي يعمل بالتيار المستمر المأخوذ من المدخرة. يعود التريس إلى مكانه عندما يبدأ المحرك بالدوران ذاتياً.

❶ استخدام الالكترونيات في السيارات السياحية الحديثة

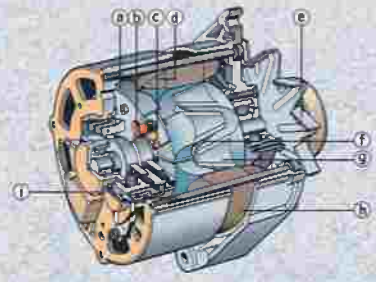


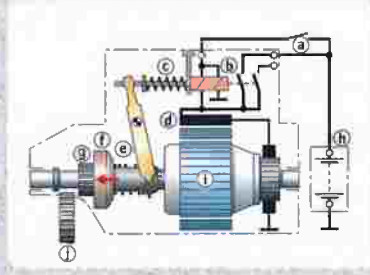
دارة جهاز الدفع

① تنظيم الكترون للديزل
② تنظيم سرعة الدوران (الفارغة)
③ تنظيم معامل فايض الهواء (لامبدا)
④ نظام الوقوف والإقلاع
⑤ التحكم الالكتروني بعلبة السرعة
⑥ دارات رقمية خاصة بالمحرك
⑦ دعسة وقود الكترونية
الاتصالات
⑧ موزع صوت الكتروني
⑨ مذياع
⑩ حاسوب السيارة
⑪ هاتف السيارة
⑫ نظام التوجيه وتقديم المعلومات للسائق
⑬ تقنيات إظهار حديثة: السرعة / عدد الدورات / استهلاك الوقود ./ ساعة زمنية، درجة الحرارة
⑭ دارة نظام المزج
الراحة
⑮ دارة التحكم بالسرعة
⑯ التحكم بالتدفئة والتكييف
⑰ القفل المركزي
⑱ التحكم المقعد مع تخزين للوصعيات
⑲ التحكم بجهاز المسير (المجلات)

الأمان
⑳ التحذير ولاتحكم الراداري بمسافة الأمان
㉑ تحريك وتنظيف الأضواء الكشافة
㉒ تشخيص النظام
㉓ مراقبة ضغط الإطارات
㉔ التحكم بمساحات ونخاخات الزجاج
㉕ نظام منع القفل / تنظيم انزلاق الدفع
㉖ ضوء يشير إلى تاريخ وجوب الصيانة (يتعلق بالحمل)
㉗ أنظمة مراقبة مواد التشغيل والأجزاء المهترئة
㉘ إطلاق الوسادة الهوائية وشداد الحزام
㉙ نظام الحماية ضد السرقة

❷ رسم تخطيطي لمقلع لولب هجومي





مفتاح الإقلاع (مفتاح الشغيل) (a)
حاكمة الإزاحة (b)
نابض إرجاع (c)
ملف التحريض (d)
ذراع الإزاحة (e)

آلية حركة دحروجية (f)
شق (مجرى) (g)
مدخرة (h)
دوار (i)
دولاب معدل (خداقة) (j)

❸ بنية مولد تيار متناوب ذي أقطاب مخلبية

جسم تبريد المقوم (a)
ثنائي قدرة (b)
ثنائي المحرض (c)
ملف الثابت (ملف تيار دائري) (d)
مروحة خارجية (e)
ملف التحريض (f)
دوار القطب المخلبي (g)
الثابت (h)
منظم ترانزستوري (i)

❹ نظام الضوء الكشاف

ضوء هالوجين H4 تقليدي للرؤيا البعيدة
ضوء هالوجين H4 محجب تقليدي
ضوء محجب بنظام المجسم الناقصي المتعدد PES

السيارة الكهربائية

إن السيارات التي تسير بمحركات احتراق داخلي تنفث أثناء عملها غازات ضارة، يمكن الحد منها عن طريق المحفزات (←)، في مقابل ذلك لا تصدر السيارات الكهربائية أية غازات أو ضجيج. ولا بد هنا من الإشارة إلى أن إنتاج الطاقة الكهربائية يؤدي إلى إصدار مثل هذه الغازات، ما لم تنتج في محطات الطاقة النووية أو من مصادر الطاقات المتجددة.

تكمن الفوارق الجوهرية بين السيارات الكهربائية والسيارة التقليدية في نمط جهاز الدفع و» الخزانات» (المدخرات)، فالمدخرة هي القلب النابض لأية سيارة كهربائية (← المدخرات والمركمات).

جيل محركات التيار المتناوب ❶ ❷

يتألف جهاز الدفع من عدة أجزاء (الشكل ١) وقد كان يعتمد في الجيلين السابقين في السبعينات والثمانينات من القرن الماضي على محركات التيار المستمر. وخلافاً لذلك يعتمد اليوم الجيل الثالث بنسبة عالية على محركات التيار المتناوب مع أن محركات التيار المستمر تؤمن نظام دفع مقبول الثمن، لكنها بالمقارنة مع محركات التيار المتناوب أكبر وزناً وحجماً وأقل مردوداً.

مدخرات (الرصاص والنيكل مع ماءات المعدن والليثيوم) ❷

مع أن محركات التيار المتناوب قد حققت تقدماً رفيع المستوى، فإن كثافة طاقة المدخرات لم تصبح بعد في المستوى المطلوب للاستخدام في سيارة كهربائية بحتة قادرة على منافسة السيارات التقليدية ذات محركات الاحتراق الداخلي. بخلاف محركات الاحتراق الداخلي التي تتساوى فيها الاستطاعة الدائمة والاستطاعة المتوفرة لأمد قصير، فإن الاستطاعة الدائمة تقل كثيراً عن استطاعة الذروة في المحركات الكهربائية. الشكل ٢ هو عبارة عن جدول بأهم القيم المميزة للمدخرات

(⟵ المدخرات) مثل كثافة الطاقة وكثافة الاستطاعة والعمر (الذي يحدد غالباً بعدد دورات العمل أي كم مرة يمكن إعادة الشحن بعد التفريغ).

ما زالت مدخرات الرصاص هي الأكثر استخداماً في السيارات الكهربائية حتى الآن، ويرجع ذلك إلى كلفتها بالدرجة الأولى، ويمكن للسيارة أن تسير بعملية واحدة لمسافة تصل حتى (٦٠ كم). أما مدخرات النيكل وماءات المعدن (NiMH) ومدخرات شوارد الليثيوم (Li-ions) فلم تثت جدارتها حتى الآن إلا في مجال الأجهزة الصغيرة (مثل الهاتف الجوال وكامرات الفيديو). ولا يزال استخدامها في مجال السيارات الكهربائية محصوراً في النماذج الاختبارية. وتعد أنظمة النيكل وماءات المعدن مناسبة بالدرجة الأولى لأجهزة الدفع المشتركة (⟵) بسبب استطاعتها العالية وقابليتها للشحن السريع. أما أنظمة شوارد الليثيوم فتناسب السيارات الكهربائية ذات المدى البعيد وذلك راجع إلى كثافة الطاقة العالية التي تتمتع بها. وهناك أيضاً أنظمة مدخرات الصوديوم التي تحتاج إلى درجة حرارة عمل (٢٦٠+م و٣٧٠+م) لذلك فهي محدودة الاستخدام في مجال السيارات الكهربائية.

المدى 2 3

مع أن تطوير مدخرات النيكل وماءات المعدن للاستخدام التجاري لم يبدأ إلا عام ١٩٨٨، فإن بإمكان هذه المدخرة أن تحل محل المدخرة الرصاصية، كما يمكن لها في الوقت نفسه أن تأخذ مكان أنظمة النيكل - كادميوم المنتشرة على نطاق واسع؛ حيث يستبدل الهيدروجين بالمعدن الثقيل الكادميوم. يمكن للسيارات العاملة على مدخرة النيكل - ماءات المعدن أن تصل إلى مدى ١٥٠ كم، حيث يبلغ وزن السيارة حوالي ١٠٠٠ كغ ما فيها ٣٠٠ كغ وزن المدخرة الثقيلة؛ لكن التقديرات تشير إلى أن بالإمكان رفع هذا المدى حتى ٢١٥ كم (الشكل ٣).

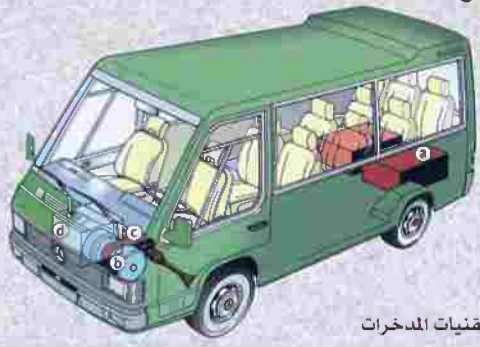
وتعد أنظمة شوارد الليثيوم ذات كفاءة أعلى من أنظمة النيكل وماءات المعدن. وهي ذات عمر يصل حتى ١٠٠٠ دورة شحن وتفريغ وهو أطول كثيراً من عمر

مدخرات الليثيوم – معدن التي تركزت عليها أعمال التطوير في السبعينات من القرن الماضي.

تتألف أنظمة شوارد الليثيوم من فحمات الليثيوم (LiC6) وأكسيد منغنيز الليثيوم (LiMn2 O4) حيث يتبادل الإلكترودان الليثيوم بشكل متعاكس أثناء عمليات الشحن والتفريغ، وذلك دون أي تغير في الصيغة «المضيفة المؤلفة» من أكسيد المنغنيز والفحم (الشكل ٤). لقد حل LiMn2O4 كمادة إلكترود محل ثاني أكسيد كوبالت الليثيوم (LiCoO3) وثاني أكسيد نيكل الليثيوم (LiNiO2)، ويعود ذلك لرخص ثمنه وتوافقه الجيد مع البيئة وانخفاض درجة سمّيته، كما أنه يزيد في حماية المدخرة من الشحن الزائد. وتبلغ كثافة الطاقة النظرية لأكسيد منغنيز الليثوم حوالي ١٥٠ mAh/g (ميلي أمبير ساعي للغرام) وللفحم حوالي ٣٧٠ mAh/g، مما يساعد في الوصول إلى سعة نظرية قدرها ٣٠٠ Wh/kg (وات ساعي للكيلوغرام) وذلك في ظروف استهلاك غير عكوس لليثيوم في دورة الشحن الأولى في جهة الفحم (حالياً يمكن الوصول إلى ١٢٠ Wh/kg). ومن أهم أهداف الأبحاث الحالية في أنظمة شوارد الليثيوم زيادة عمر المدخرة وتطوير نظام للتحكم بها حرارياً وكهربائياً.

❶ مكونات جهاز الدفع لسيارة كهربائية

خزان قدرة كبير (مدخرة) ⓐ
محرك ⓑ
علبة سرعة ⓒ
جهاز تحكم ومحول شحن ⓓ



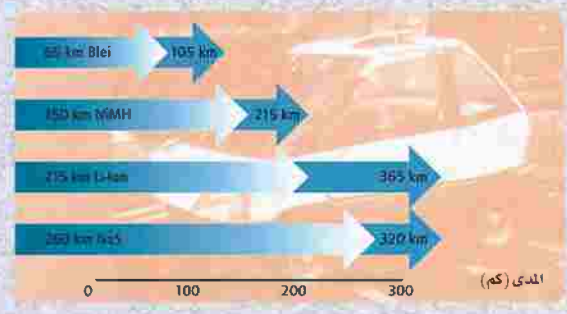
❷ الوضع الحالي لتقنيات المدخرات

نوع المدخرة	مستوى التطور	الكلفة مارك/ك.وات ساعي	العمر (دورة)	مردود الشحن والتفريغ (%)	درجة الحرارة العملية (°م)	كثافة الاستطاعة (وات/كغ)	كثافة الطاقة (وات ساعي/كغ)
هلام الرصاص	إنتاج بالجملة	٢٥٠	٦٠٠	٧٥ـ٩٠	٢٠ـ...+٦٠	٧٥	٣٠
شبكة الرصاص	إنتاج بالجملة	٢٠٠	٦٠٠	٧٥ـ٩٠	٢٠ـ...+٦٠	١٠٨	٣١
نيكل- كادميوم	إنتاج بالجملة	١٣٠٠	١٠٠٠ـ٢٠٠٠	٦٥ـ٨٥	٢٠ـ...+٥٠	٢٠٠	٤٥
نيكل- ماءات المعدن	نموذج اختباري	١٠٠٠	١٠٠٠ـ٢٠٠٠	٦٥ـ٨٥	٢٠ـ...+٦٠	١٧٥	٦٠
كلوريد- نيكل- صوديوم	نموذج اختباري	٣٠٠	١٠٠٠ـ١٥٠٠	٧٥ـ٨٥	٢٦٠+..٣٧٠+	٨٠	٨٠
بروم- زنك	نموذج اختباري	٤٠٠	٥٠٠ـ١٠٠٠	٥٠ـ٧٠	٧+...٤٠+	٤٠	٦٠
شوارد الليثيوم	نموذج اختباري	٥٠٠	<١٠٠٠	...	...	١٥٠	١٢٠

❸ المدى

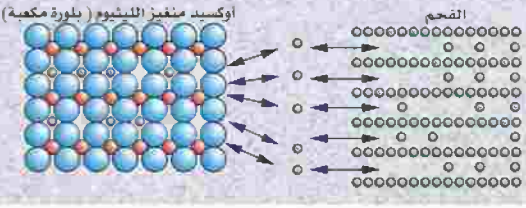
مدى السيارة الكهربائية
اليوم (عام 1995)
وفي عام 2005

نيكل - ماءات المعدن
شوارد الليثيوم
كبريت الصوديوم



❹ التبادل العكوس لشوارد الليثيوم أثناء شحن وتفريغ مدخرة شوارد الليثيوم

أوكسجين =
منغنيز =
ليثيوم =
تفاعل شحن =
تفاعل تفريغ =



الدفع المشترك

لقد أثبت محرك الاحتراق الداخلي عبر ما يزيد على مئة عام أنه أفضل جهاز في دفع السيارات. إن كفاءته العالية والحيز الصغير الذي يشغله بالإضافة إلى مدى السفر البعيد، نظراً للوسيط الحامل للطاقة المستخدم (البنزين أو الديزل)، هذه الميزات لم يتمكن حتى الآن أي نظام دفع آخر من تحقيقها. أما مساوئه فهي بالإضافة إلى مردوده المنخفض في حالة التحميل الجزئي، تتركز في إصداره للغازات الضارة نتيجة لعملية الاحتراق. يمكن التخفيف من الآثار السلبية لهاتين الظاهرتين على سبيل المثال بالاعتماد على جهاز دفع مشترك، تستخدم في مصادر دفع متعددة.

الدفع المشترك بواسطة محرك احتراق داخلي

وجهاز دفع كهربائي ❶ ❷ ❸

إن جهاز الدفع المشترك الوحيد الذي حظي بالاهتمام حتى الآن هو الذي يجمع بين الدفع الكهربائي (المدخرة) ومحرك الاحتراق الداخلي، حيث يتيح هذا النوع من الدفع الدمج بين فوائد محرك الاحتراق الداخلي المذكورة أعلاه بالاستفادة من شبكة محطات الوقود الموجودة وفوائد الدفع الكهربائي في ضجيجه الخفيف وعدم إصداره للغازات. ويمكن أن نميز بين أجهزة دفع مشترك تسلسلي وأخرى ذات وصل تفرعي (الشكل ١).

الترتيب التسلسلي: في هذا الترتيب التسلسلي ليست هناك حاجة للربط المباشر بين محرك الاحتراق والعجلات، بل وينتج بمساعدة المولدة طاقة كهربائية تغذى إلى المدخرة أو إلى المحرك الكهربائي الموصول بها. ويفيد الفصل الميكانيكي بين محرك الاحتراق وجهاز الدفع في أن يدور محرك الاحتراق بسرعة ثابتة توافق المردود المثالي له كما توافق المستي الأدنى لإصدار الغازات الملوثة. لكن الحاجة لتحويل القدرة الأكثر من مرة لها هنا تأثير سلبي، إذ يصبح المردود الأعظمي بين

محرك الاحتراق ومحور العجلات (القدرة المكتسبة إلى القدرة المقدمة) حوالي ٠,٥٥ وذلك بأخذ مردود المدخرة بالحسبان. في الشكل (٢) تظهر حافلة ذات دفع مشترك من النمط التسلسلي، تبلغ استطاعة جهاز دفعها الكهربائي قيماً مشابهة لاستطاعة حافلة عادية ذات دفع بالديزل، لكن وزن مدخرات الحافلة يبلغ حوالي سدس وزنها الإجمالي الأعظمي، كما أن الإجهاد العالي للمدخرات يتطلب وجود خاصة ملحقة كتجهيزات التبريد وتنفيس الغاز على سبيل المثال.

الترتيب التفرعي: يمكن في جهاز الدفع الموصول على التفرع رفع استطاعة الدفع بواسطة كلا المحركين، إذ يتصل كل منهما بمحور العجلات عن طريق قابض ميكانيكي، بذلك يمكن وصل أحدهما أو كليهما معاً. هنا يمكن أن توصل علبة السرعة خلف محرك الاحتراق والمحرك الكهربائي (الشكل ٢/ الاحتمال ١) أو خلف محرك الاحتراق فقط (الشكل ٢/ الاحتمال ٢). مع أن الاحتمال الثاني يؤمن مردوداً أفضل في نقل القدرة من الاحتمال الأول، لكنه يحتاج في الواقع إلى دارة تحكم بالمحرك الكهربائي لتكون قادرة على السيطرة عليه في مجال السرعات كاملاً، من الصفر حتى السرعة الأعظمية بالإضافة إلى ذلك يجب تصميم هذا المحرك ليتحمل عزم دوران كبيرة، نظراً لعدم وجود علبة سرعة، مما يستلزم زيادة وزنه (بسبب العلاقة الموجودة بين العزم المطلوب ووزن المحرك)، الأمر الذي يؤدي بالنهاية إلى زيادة وزن السيارة. في الترتيب التفرعي الموضح في الشكل (٣) لا يستخدم دفع المحرك الكهربائي إلا عندما تكون الاستطاعة المطلوبة أقل من ٥ كيلو وات، فإذا عملت السيارة بدفع محرك الاحتراق فقط يكون أداؤها مطابقاً لأداء سيارة عادية.

مدخرات ثقية وغالية الثمن:

ينحصر وجود أجهزة الدفع حالياً في مجال الاختبارات، ويوجد بضعة آحاد في حيز التطبيق العملي. لتخزين الطاقة الكهربائية تستخدم الآن عناصر كيميائية فقط. لم يدخل هذا المبدأ حيز التسويق العملي حتى الآن، وذلك بسبب وزن المدخرة

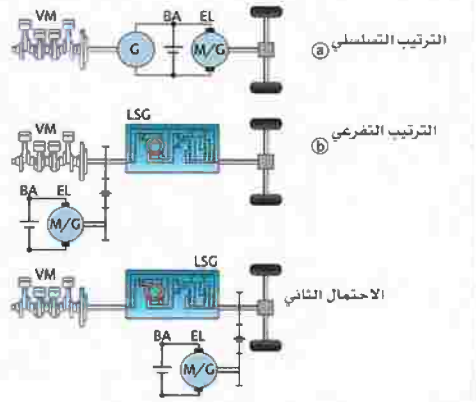
الكبير وغلاء ثمنها وقصر مدى السفر بالدفع الكهربائي الصرف، خاصة في حال تكرار الحاجة للاستطاعة الأعظمية. وعلى الرغم من قلة أنواع المدخرات المناسبة يمكن أن تكون السيارات ذات الدفع المشترك مجدية في المناطق التي تتطلب انبعاثاً خالياً من الغازات الملوثة (مثل حركة المرور ضمن المدينة) أما في المسافات البعيدة فما يزال محرك الاحتراق التقليدي هو الأجدى.

حدود الانبعاث المسموح بها في كاليفورنيا:

في كاليفورنيا خاصة تجري محاولات جادة لتخفيض التلوث في المناطق السكنية عن طريق إجراءات قانونية، ففيها يجب أن تكون بدءاً من العام ٢٠٠٣ نسبة ما يسمى بالمركبات الخالية الانبعاث (Zero emission vehicles) على الأقل ١٠٪ من عدد المركبات الإجمالي. أما في ألمانيا وأوربا فلم يفكر أحد حتى الآن في مثل هذه الخطوة، لكن فكرة إضافة ضيبة تتعلق بانبعاث الغازات من السيارات قد نوقشت أكثر من مرة، وإن تطبيقها يمكن أن يؤدي إلى تخفيض نسبة التلوث الناتج عن السيارات الخاصة.

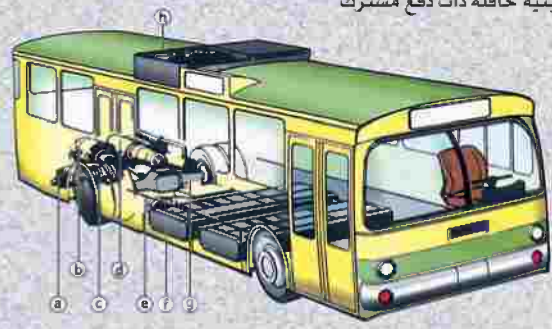
❶ أنواع التوصيل في أجهزة الدفع المشترك

VM = محرك احتراق
EL = جهاز دفع كهربائي (يعمل كمحرك أو كمولدة
BA = مدخرة او تغذية كهربائية خالصة
LSG = علبة سرعة لتطبيق الحمل
M = العمل كمحرك
G = العمل كمولدة

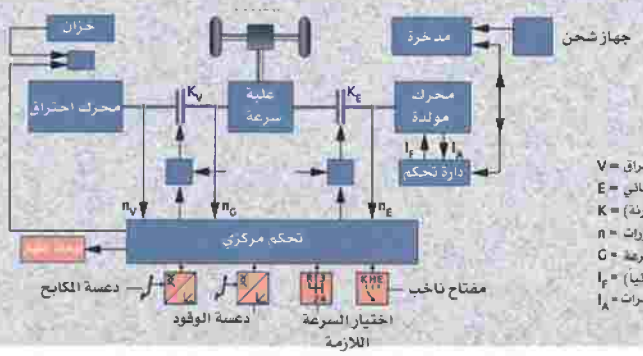


❷ بنية حافلة ذات دفع مشترك

ⓐ ضاغط مضخة مؤازرة للقيادة
ⓑ محرك دفع كهربائي
ⓒ جوف التبريد لمحرك الدفع
ⓓ محرك ديزل مع مولدة
ⓔ جوف لتهوية المدخرة
ⓕ مدخرات الجر (الدفع)
ⓖ تحكم الكتروني
ⓗ تجهيزات تبريد المدخرة



❸ مخطط توضيحي لبنية جهاز دفع مشترك بمحرك كهربائي ومحرك احتراق لسيارة VW - Golf



V = محرك احتراق
E = محرك كهربائي
K = قابض (قارنة)
n = عدد الدورات
G = علبة السرعة
I_E = تيار المسير (كهربائياً)
I_A = تيار شحن المدخرات

الدفع المشترك

الدفع بخلايا الوقود

خلايا الوقود هي مولد كهرباء إلكتروكيميائي يحول الطاقة الكيميائية لخلية الوقود والوسيط المؤكسد مباشرة إلى طاقة كهربائية دون الحاجة لإنتاج الحرارة كمرحلة وسيطة. وترجع تقنية خلية الوقود إلى اكتشافات وليام روبرت غروف ١٨٣٥؛ وقد ظهرت أوائل تطبيقاتها في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين في تطوير الرحلات الفضائية.

مبدأ العمل:

يعتمد مبدأ عمل خلية الوقود على عكس مبدأ تحليل الإلكتروكيميائي للماء. فكما هو معروف يتحلل الماء في وعاء التحليل في غازي الأوكسجين والهيدروجين بواسطة التيار الكهربائي، أما في خلية الوقود فيتم التفاعل العكسي. ولتحقيق انشطار الماء تتألف خلية الوقود من ثلاث طبقات (مصعد ووسيط تحليل ومهبط)، حيث يتم التوصيل بين الإلكترودين (المصعد والمهبط) عن طريق وسيط التحليل (الشكل ١)، ويزود المصعد بالوقود (الهيدروجين H2) ويزود المهبط بالمؤكسد (أكسجين الهواء O2).

يتولى الإلكترودان مهمة «التوصيل» بين التفاعل الكيميائي المنتج للطاقة والطاقة الكهربائية الناتجة؛ وهذا يعني أن تحول الطاقة الكيميائية (الوقود) إلى طاقة كهربائية على الإلكترودات. يتأكسد الهيدروجين عند المصعد وينقل البروتونان المتشكلات (H+٢). الشحنة الكهربائية عبر وسيط التحليل إلى المهبط ثم بتفاعله مع أكسيجن الهواء نحصل في النهاية على الماء (H2O). ويمر التيار الناتج عن هذه العملية (e٢-) في الدارة الخارجية، ويمكن أن يغذى إلى الشبكة الكهربائية.

مردود عالي:

يمكن من حيث المبدأ استخدام جميع أنواع الوقود الغازي القابل للأكسدة في خلية وقود، لكن الهيدروجين (H2) هو الذي يستخدم الآن بشكل رئيسي. كما يمكن

الحصول على هذا الوقود الغازي من الغاز الطبيعي أو الميثانول أو الغاز الحيوي عن طريق تفاعل تجديد ضمن خلية الوقود أو خارجها.

تميز خلايا الوقود بمردود عال نسبياً بالمقارنة مع الأنظمة الحرارية (محرك أوتو: حوالي ٢٥٪؛ محرك ديزل: حوالي ٣٣٪) كما أن معدل إصدارها للمواد الضارة أقل كثيراً من محركات الاحتراق التقليدية، إذ أنها تصدر على سبيل المثال ثاني أوكسيد الكربون فقط عند استخدام الوقود الأحفوري (مثل الغاز الطبيعي). أما إذا استخدم الهيدروجين كوقود أساسي مع الأوكسجين فلن يكون الناتج سوى الماء أو بخار الماء.

كثافة استطاعة متدنية:

نجد على ضوء هذه الميزات أن خلايا الوقود تناسب محطات إنتاج الكهرباء، كما يمكن أن تستخدم كحامل للطاقة في المركبات. إن وجود المحرك في وسائط النقل ضروري لدفعها، وهو يعمل على مصدر طاقة قابل للتخزين الجيد، ويصمم ليشغل حيزاً صغيراً ويكون وزنه أقل ما يمكن، من بين خلايا الوقود ينال النموذج PEM (الشكل ٢) الحظ الأوفر من الاهتمام لأنه قابل للعمل في مجال درجة الحرارة المحيطة ولا يحتاج إلى انتظار طور التسخين، الذي ترتفع فيه درجة الحرارة حتى ٢٠٠+م تقريباً. إن أهم أجزاء خلية الوقود PEM هي وحدات - الأغشية - والإلكترودات المعزولة عن بعضها بعضاً بصفائح ثنائية القطبية. وهي تتألف من شريحة تحليل كهربائي ناقلة للبروتونات بسماكة ١٠٠ مم، ومن محفزين من معدن ثمين (كالبلاتين) يوضعان على وجهي الشريحة، والإلكترودين.

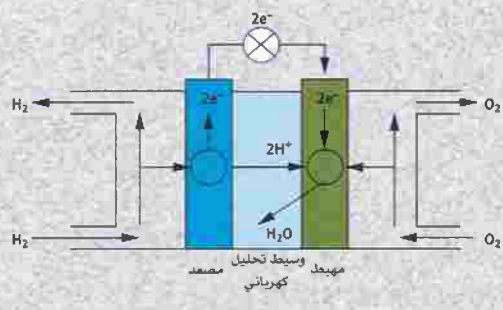
لا يمكن لخلايا الوقود الموجودة حالياً مع محركها الكهربائي الوصول إلى كثافة الاستطاعة التي تعمل بها محركات الاحتراق. وهذا يحد من استخدام الخلايا في السيارات في الأمد القصير على الأقل. عملياً يمكن في مجال الحافلات فقط بسب توفر مساحة تركيب كبيرة الوصول لقيم استطاعة منافسة لمحركات الاحتراق

التقليدية (شركة بالارد لأنظمة الاطاقة / كندا). كما تجري تجارب أخرى لتطبيق خلايا الوقود في حافلة صغيرة (ميكروباص، مرسيدس بنز ١٨٠ BZ) تعمل بخزان هيدروجين مضغوط مصنوع من مادة رابطة مدعمة بالألياف.

الحصول على وقود الهيدروجين من الميثانول:

إن استخدام خلايا الهيدروجين (الشكل ٣) في نظام الدفع يؤدي للحصول على سيارة خالية من انبعاثات العادم ولا تحتاج لشبكة محطات الوقود، لكنها محدودة المدى. بالإضافة إلى الدفع بخلايا الهيدروجين يمكن أن يتم دفع السيارات الصيغرة أيضاً بواسطة خلايا الوقود العاملة على إعادة بناء الميثانول، الذي يمكن الحصول عليه من الغاز الطبيعي أو مستقبلاً من مواد مستجدة، ومن ثم يمكن استخدامه في السيارات لإنتاج الهيدروجين. إذ يمكن به تحقيق مدى مسير للسيارات مقارب للمدى الذي تبلغه بواسطة محركات الاحتراق.

❶ مبدأ خلايا الوقود

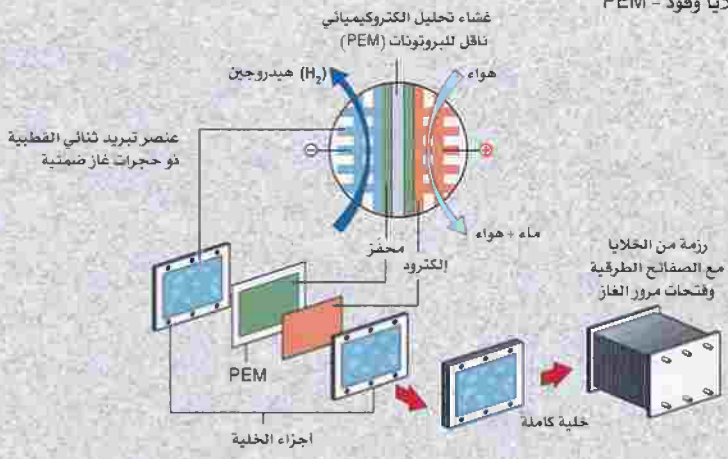


المصعد : $2\,H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$

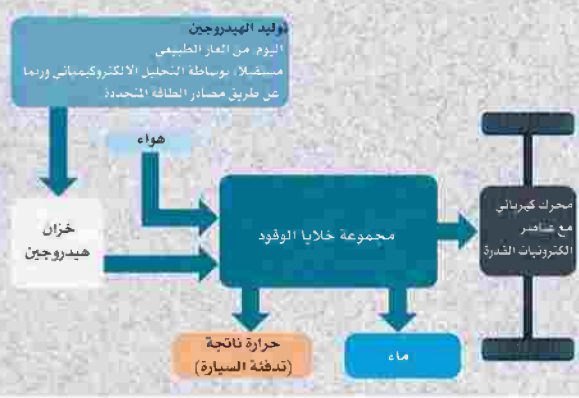
المهبط : $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2\,H_2O$

المحصلة : $2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$

❷ بنية خلايا وقود - PEM



❸ مبدأ دفع السيارة بوقود الهيدروجين



خصائص السيارة العاملة بخلايا وقود الهيدروجين:
- لايوجد انبعاثات (مركبة عديمة التلوث)
- مردود عالي جداً
- مدى محدود
شبكة محطات التزويد غير متوفرة في الوقت الحاضر.

الدفع بخلايا الوقود

الدفع بالغاز الطبيعي

بالإضافة إلى تطوير الدفع الكهربائي والدفع المشترك والدفع بخلايا الوقود(⟵) فإن الجهود الحثيثة التي تبذلها الدول الصناعية للحد من انبعاث الغازات الضارة والتلوث البيئي الناتج عن إصدار ثاني أكسيد الفحم قد أدت بالإضافة إلى ما ذكر إلى محاولات استخدام وقود بديل في محركات الديزل والبنزين التقليدية. يتمثل أحد هذه البدائل في استخدام الغاز الطبيعي الفقير بالفحم، الذي تكمن أهم فوائده في استخدامه في محركات البنزين التقليدية، إذ يمكن تجهيزها للعمل بهذا الوقود دون تغيير يذكر في بنيتها الأساسية. يوجد في الوقت الحالي أكثر من مليون سيارة تسير بالغاز الطبيعي في العالم (منها حوالي ٢٥٠٠ في ألمانيا).

الفرق بين الغاز الطبيعي وغاز السيارات :

يتألف الغاز الطبيعي في غالبيته من الميتان (CH_4) لذلك فهو يختلف في تركيبه الكيميائي عن غاز السيارات الذي لاقى رواجاً شعبياً لفترة قصيرة في أواسط الثمانينات من القرن الماضي، وكان يتألف من مزيج من البروبان (C_3H_8) والبوتان (C_4H_7) وتؤدي نسبةالفحم (C) الضئيلة في الغاز عند احتراقه إلى تخفيض نسبة ثاني أكسيد الفحم (CO_2) بما يعادل ٢٠-٢٥٪ مما يصدر عنه عند احتراق البنزين، كذلك بالنظر إلى الغازات الأخرى المنبعثة (مثل أول أكسيد الفحم وغيره) أو الجزيئات الناتجة فهناك أفضلية للغاز الطبيعي بالمقارنة مع البنزين أو الديزل أو غاز السيارات (الشكل ١).

ويختص الميتان بالصفات الآتية: أنه غير سام للإنسان، وقدرته على تشكيل الأوزون أقل وتبلغ حوالي ٨٠٪ من قدرة البنزين، لكن أثر الاحتباس الحراري له أقوى من أثر CO_2 بـ ٢٠ مرة (لذلك يجب حذف ٥٪ من نسبة تخفيض إصداره لـ CO_2 البالغة ٢٠-٢٥٪ مما يصدره البنزين)، كما أن الحصول على CH_4 أصعب بالمقارنة

مع ماءات الفحم الأخرى (CH)، مما يتطلب وجود محفزات طبقية خاصة. من حيث المبدأ يمكن تخزين الغاز الطبيعي في الحالتين السائلة والغازية، لكن التخزين في الحالة الغازية هو الأكثر نضجاً تقنياً، حيث يضغط الغاز حتى ٢٠ ميغا باسكال (٢٠٠ بار) تقريباً، ويمكن بواسطة خزان سعة ٨٠ ليتر الوصول إلى مدى ٢٠٠-٢٥٠ كم (من مواصفات BMW 518G). للوصول إلى مدى أطول لا بد من التخزين السائل، الذي يستلزم تبريد الغاز حتى -١٦٣+م. ويحتل استخدام التخزين الغازي تحت الضغط في أوربا المرتبة الأولى لسهولته تقنياً.

الدفع الثنائي بين الغاز الطبيعي والبنزين ❷ ❸

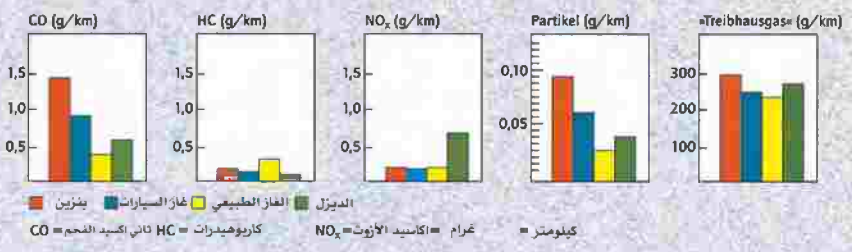
من مساوئ تخزين الغاز المضغوط ضرورة استخدام خزانات كبيرة الحجم ذات مضمون طاقة ضئيل بالمقارنة مع خزانات الديزل أو البنزين (خزان غاز سعة ٨٠ ليتر يكافئ خزان بنزين سعة ٢٥ ليتر). تجنباً لهذه السيئة غالباً ما تجهز السيارات المدفوعة بالغاز الطبيعي بجهاز دفع ثنائي (بنزين + غاز / الشكل ٢)؛ هذا يعني أنها يمكن أن تسير بأحد نوعي الوقود غاز أو بنزين. يصل الغاز من الخزان عبر أنبوب ضغط عال وصنبور قطع مجاور للخزان (يتحكم به كهربائياً من عند السائق) إلى صمام الضغط العالي ومن ثم إلى صمام تخفيض الضغط، الذي يليه منظم ضغط ثنائي المرحلة (منظم ضغط مع صمام ضغط منخفض) يخفض الضغط حتى ١.٠ ميغا باسكال (١ بار) في أنبوب السحب. بعد ذلك يتجه تيار الغاز إلى وحدة تقسيم الشحنات التي توزعه حسب طور المحرك إلى صمامات الغاز الأربعة الموجودة قبل صمامات حقن محرك البنزين (الشكل ٣). إن جهاز التحكم بالغاز بما فيه مسبار لامبدا وحساس ضغط أنبوب السحب المخصص لتقدير الحمل، يضمن نسبة المزيج الصحيحة. ويمكن للسائق (بكبسة زر) في أي وقت الاختيار بين دفع بالبنزين أو بالغاز.

الدفع بالغاز الطبيعي فقط:

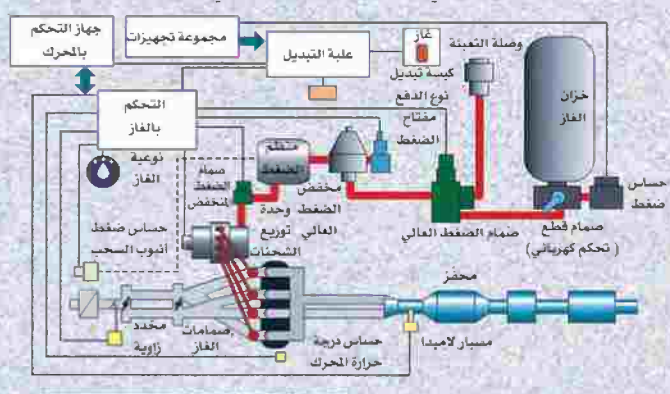
يقارب مردود المحرك العامل بالغاز الطبيعي مردود محرك البنزين؛ عملياً هناك انخفاض في استطاعة محرك الغاز الطبيعي حوالي ١٥٪. إن مدى السيارة العاملة

بالدفع الثنائي أعلى من مدى السيارة التي تعمل بالبنزين فقط ويرجع ذلك لوجود خزان غاز إضافي فيها، أما مدى سيارة الدفع الحادي (بالغاز الطبيعي فقط) فهو محدود؛ حوالي ٣٨٠-٤٦٠ كم بخزان ١٢٠ ليتر غاز (Honda Civic GX). بالإضافة إلى ذلك تحتاج السيارة المدفوعة بالغاز الطبيعي إلى حيز إضافي لقارورة الغاز، التي توضع عادة في الصندوق الخلفي. ويمكن تعيير محرك سيارة الغاز العاملة بالدفع الأحادي على الوضعية المثالية برقم أوكتان عال يبلغ ١٣٠ واحتراق بطيء للغاز، إذ يتوقع أن يحقق هذا النوع من المحركات في المستقبل مخزون استطاعة كما في محركات البنزين التقليدية، لكن بإصدار أقل من المواد الملوثة. وتتوقف قدرة سيارات الغاز على البقاء في المنافسة مستقبلاً على عدد محطات التزويد بالغاز، التي لم تشمل شبكتها حتى الآن - في ألمانيا على الأقل - جميع المناطق المطلوبة.

❶ إصدار المواد الملوثة عند الدفع بالبنزين وغاز السيارات والغاز الطبيعي والديزل



❷ الدفع بواسطة البنزين والغاز الطبيعي بمساعدة خزان ضغط عالي / 20 / ميغا باسكال/ 200 / بار



❸ التحكم المختلط بجهاز الدفع بالغاز الطبيعي

الدراجة النارية

الدراجة النارية هي مركبة وحيدة الأثر؛ أي تسير على عجلتين (باستثناء الدراجة ذات العربة الجانبية فهي ذات أثرين)، تستخدم لنقل الأشخاص أو البضائع وقد بدأ أول إنتاج لها بالجملة عام ١٨٩٤. بالإضافة إلى الدراجة النارية ذات الأجزاء الثابتة الموجودة في مستوي الركبة (مثل الخزان) يمكن أن نميّز أيضاً الدراجة الآلية التي لاتحوي أجزاء ثابتة في مستوى الركبة والدراجة الهوائية ذات المحرك المؤازر (moped وMofa).

محركات كبيرة للاستطاعات العالية:

تتألف الدراجة النارية من جهاز دفع (محرك وعناصر نقل حركة) ومن آلية حركة وعناصر أخرى مثل الخزان. وتعدّ سرعة الدراجة النارية هي الأعلى بين المركبات ذات العجلتين، واستطاعة محركها هي الأكبر. ويتم دفعها على الأغلب بواسطة محرك بنزين ثنائي أو رباعي الشوط ذي مبرد هوائي (Ottomotor ←). إن الاستطاعات العالية التي التزم بها المصنعون في ألمانيا والتي تصل إلى ٧٣ كيلو وات/ ١٠٠ حصان بخاري اضطرتهم إلى متابعة تطوير المحرات المبردة بالماء، التي تكمن فائدتها في تبديد أفضل للحرارة في المناطق ذات الإجهاد الحراري العالي (مثل حجرة الاحتراق). تبنى المحركات ذات حجرات الاحتراق التي يزيد حجمها عن ١٠٠ سم٣ على اسطوانتين، وفي الحجوم الأعلى يمكن أن يصل عدد أسطوانات المحرك إلى ستّ، حيث تكون الاسطوانات متوازية ونادراً ما يستخدم التصميم المتقابل أو الذي على شكل V.

البنية الهندسية 1 2 3

لنقل الحركة إلى العجلة يستخدم قابض وعلبة سرعة وجهاز دفع العجلة، ولا يختلف القابض المستخدم هنا من حيث المبدأ عن نظيره المستخدم في السيارات السياحية. تدفع جميع الدراجات دون استثناء عن طريق العجلة الخلفية، إما

بواسطة محور مفصلي (محور كردان) أو عن طريق وسيلة شد (شد بالسلسلة أو بالمسننات). في الدفع الكرداني (الشكل ١) ينقل عزم الدوران عن طريق محور مجهز بمفصلي كردان (وصلتي هوك) في كلتا نهايتيه من المحرك الموجود في الأمام إلى محور العجلة الخلفية الجاسئ.

يساعد التصالب المفصلي على نقل قوى العزم عبر نهايتي المحور، اللتان تحملان عدم تسامت زاوي ناتجاً عن حركة الركيزتين النابضيتين للعجلة الخلفية. لا يحتاج جهاز الدفع بالمحور المفصلي لصيانة ولا يتعرض للاهتراء ويؤدي عمله بمنتهى الأمان، لكن كلفته العالية تجعله باهظ الثمن نسبياً. إن نقل الحركة بالسلسلة هو الأكثر شيوعياً، ففيه تتولى نقل قوة الدفع سلسلة مؤلفة من عناصر مفصلية. لكن الزيت يتطاير من السلسلة عند السرعات العالية، لذا تستخدم اليوم سلاسل حلقية على شكل (O) مزودة بحلقات إحكام. فبالمقارنة مع السلسلة الموضوعة في غلاف محكم ضد تسرّب الزيت يتم تبريد هذه السلاسل بالهواء عند المسير، لأن ذلك ضروري عند السرعات العالية والتسارعات. وتستخدم في بعض الحالات القليلة سيور مسننة مصنوعة من خليطة مطاطية مقوّاة بجديلة من الألياف الزجاجية، هذا مع العلم أن السيور أقل ضجيجاً وصيانتها أسهل كثيراً.

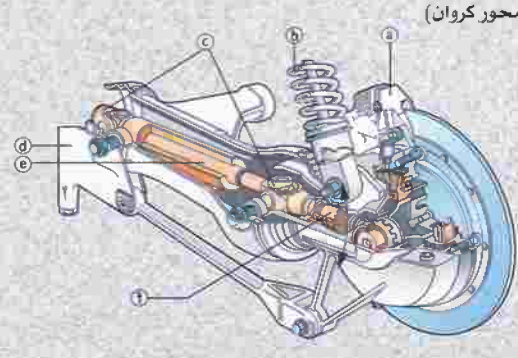
تتألف آلية الحركة (آلية المسيير) في الدراجة النارية من هيكل وعجلات وجهاز تعليق. ويجب أن يكون الهيكل صلباً ضد الالتواء وأن يؤمن الربط بين العجلتين الخلفية والأمامية وأن يمنع الحركة الذاتية للدراجة، ويتعرض الهيكل للإجهادات بشكل رئيسي بسبب قوى العجلات والعزوم الناتجة عنها (الشكل ٢).

إن أكثر أجزاء الهيكل إجهاداً هو حامل العجلة الأمامية، حيث تصل القوى إلى حدودها العظمى عند الكبح، وكذلك أذرع الهيكل الخلفية التي تحمل وزن السائق. من أجل حمل العجلة الخلفية يستخدم الصانعون دعامة شوكية ذات فرعين مع ركيزة نابضية في كل جهة على جانبي العجلة الخلفية. إذ أن اختلاف الخلوص أو

العيار بين الركيزتين النابضيتين في وجود اهتزاز مركزي ناتج عن دعامة مفردة يمكن أن يؤدي إلى مشاكل أثناء المسير.

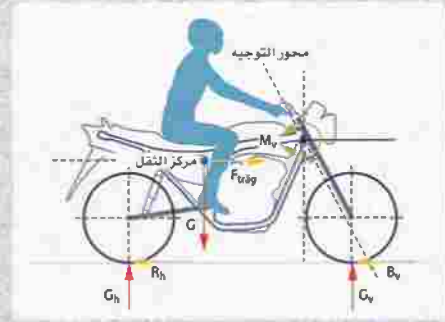
منذ عشرات السنين وحتى الآن ما زالت الشوكة التداخلية تستخدم كنموذج قياسي لحامل العجلة الأمامية. ويتألف النموذج الأساسي لها من أنبوبين يدخل أحدهما في الآخر (أنبوب ثابت وأنبوب منزلق)، يجعلان العجلة تهتز على منحى مستقيم (الشكل ٣). يملأ الأنبوب بالزيت من أجل التشحيم والتخميد الهيدروليكي. في النموذج التقليدي يثبت الأنبوب المنزلق في الأعلى في عنق التوجيه أو في جسر الشوكة، بينما يتوضع الأنبوب الثابت في الأسفل حاملاً محور العجلة الأمامية. لكن استخدام ما يسمى بالشوكة المقلوبة (Upside down fork) أخذ في الازدياد في السنوات الأخيرة، وفيها يكون الأنبوب الثابت في الأعلى والأنبوب المنزلق في الأسفل، إذ أن هذا التصميم يبدي مقاومة عالية جداً لعزوم الانحناء. لكن الحدود التقنية للشركة بدأت تظهر بكثرة في السنوات الأخيرة، مثلاً عند استخدام أنظمة ABS ذات نبضات كبح سريعة التواتر. وقد أسهمت تطويرات بعض المصنعين في إعطاء دفعات جديدة في هذا المجال، مثل الحامل ذي الذراع التداخلي (الشكل ٤)، أو التوجيه الفخذي الكتفي Achelschenkellekung الذي لا يتضمن أي تأثير متعاكس بين التوجيه والاهتزاز وذلك خلافاً للشوكة التداخلية.

1 جهاز الدفع بالمحور المفصلي (محور كروان)



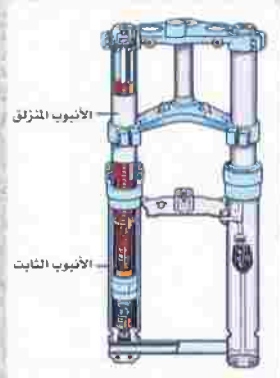
(a) سوار المكبح
(b) ركيزة نابضية
(c) مفصل كروان
(d) غلاف علبة السرعة (مثبت بالهيكل)
(e) المحور المفصلي
(f) محور لنقل العزم

2 توزع القوى على الدراجة النارية عند المسير المستقيم



M_v = عزم الانحناء على عنق التوجيه
B_v = قوة الكبح على العجلة الأمامية
G_v = قوة الوزن على العجلة الأمامية
R_h = قوة الاحتكاك على العجلة الخلفية (ناتجة عن عزم الدفع)
G_h = قوة الوزن على العجلة الخلفية
G = قوة الوزن الإجمالي (الدراجة + السائق)
$F_{trâg}$ = قوة العطالة

3 شوكة تداخلية حديثة



4 حامل - الساعد التداخلي

الدراجة النارية

تعشيقات الدراجة

تكون مهمة تعشيقة الدراجة في ملائمة نسبة تحويل السرعة بين عمود الدواسة والعجلة الخلفية مع مقاومات الطريق. نسبة التحويل هي عدد دورات الدولاب الخلفي للدراجة لكل دورة لعمود الدواسة. تحدد نسبة التحويل تردد الدواسات اللازمة والقوة اللازمة عند مقاومة طريق معلومة للوصول إلى سرعة محددة. ولإمكانية القيادة لفترة طويلة من دون تعب قدر الإمكان، يجب أن تكون القوة المطبقة على الدواسات أقل ما يمكن، وأن يبقى تردد الدواسات ثابتاً. لا يمكن تحقيق الحالة المثالية هذه دائماً بسبب محدودية نسب التحويل التي تحققها تعشيقة الدراجة. وحسب مجال الاستخدام تزود الدراجة بتعشيقة ذات نسب تحويل أو سرعات كثيرة ومختلفة. فالدراجات الجبلية تمتلك عادة من ٢١-٢٤ نسبة تحويل، ودراجات السباق لها ١٦ نسبة تحويل، أما الدراجات القديمة فلها ٣-٧ نسب تحويل. يوجد نوعان من تعشيقات الدراجات: تعشيقة السلسلة (الجنزير) والتعشيقة بالسرّة.

تعشيقة السلسلة 1 2 3

تتعلق نسبة التحويل في تعشيقة السلسلة (الشكل ١) مباشرة بأطباق المسننات الكبيرة المتعددة والمركبة على عمود الدواسة وتسمى (أطباق السلسلة)، والمسننات المركبة على سرّة العجلة الخلفية للدراجة وتدعى مسننات الحركة، والتي تسير عليها السلسلة.

يوجد على عمود الدواسة غالباً طبقان أو ثلاثة أطباق مسننة، ويوجد في سرّة الدولاب الخلفي حتى تسعة مسننات حركة. يتم تغيير نسبة تحويل السرعة كلما حولت السلسلة إلى طبق مسنن أو إلى مسنن حركة آخر. وبما أن الأطباق المسننة مثبتة على عمود الدواسة، ومسننات الحركة مثبتة على الدولاب الخلفي للعجلة، فإن عدد دورات الدولاب الخلفي لكل دورة لعمود الدواسة يساوي عدد أسنان طبق

السلسلة مقسوماً على عدد أسنان مسنن الحركة المعشق معه بواسطة السلسلة. ولتحويل السلسلة بين مسننات الحركة الخفية يستخدم موجه السلسلة الخلفي (الشكل ٢)، الذي يوجه السلسلة بواسطة بكرتي التحويل الموجودتين في قفص التوجيه. وعند تبديل السرعات يتم من خلال شريط السحب زلق قفص التوجيه جانباً بمساعدة ما يسمى الجهاز الموازي، وبذلك تقفز السلسلة من المسنن الذي تسير عليه إلى مسنن أكبر أو أصغر. أما بنية موجه السلسلة الأمامي (الشكل ٣) فهي أبسط نوعاً ما منها في الموجه الخلفي، وهو يوجه السلسلة بواسطة قطعة التوجيه، ويُشغل أيضاً من خلال شريط السحب، حيث تضغط قطعة التوجيه عند عملية التبديل على السلسلة لنقلها إلى طبق السلسلة المطلوب.

تكمن محاسن تعشيقة السلسلة في العدد الكبير للسرعات، وإمكانية اختيار نسب التحويل وأقطار المسننات بشكل شخصي. أما مساوئها فهي حمايتها السيئة ضد الأوساخ والبلل، كما لا يمكن تبديل السرعة في حالة الثبات.

تعشيقة السرّة ❹

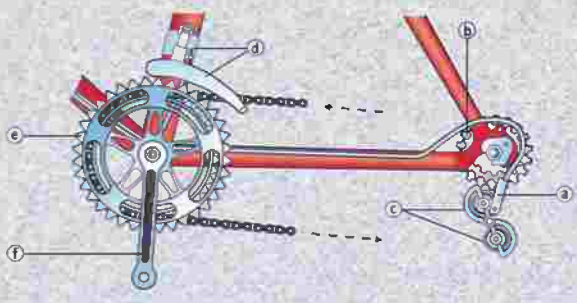
في تعشقة السرّة يمكّن نظام المسننات (علبة السرعة الفلكية) من تحويل السرعة أو تغيير نسبة التحويل، تتوضع علبة السرعة الفلكية في سرّة الدولاب الخلفي. فمثلاً التعشيقة ثلاثية السرع من علبة مسننات فلكية بسيطة (الشكل ٤). يثبت على المحور الخلفي مسنن عليه يدعى المسنن الشمسي، وعلى المسنن الشمسي تدور ثلاث مسننات صغيرة متقابلة تدعى المسننات الفلكية وهي متصلة مع حامل المسننات الفلكية، وفوق المسننات الفلكية يتوضع دولاب مفرغ مسنن من الداخل يتعشق معها. وعن طريق ميكانزم الوصل والفصل الذي يُشغل بواسطة شريط سحب يمكن ربط عناصر محددة من هذا النظام مع بعضها، ويتألف ميكانزم الوصل والفصل من دولاب الوصل والفصل الذي يمكن زلقه بواسطة برغي ونابض، ومن دافع مثبت على مسنن الحركة.

عند السرعة العادية (الشكل ٤ أ) يربط مسنن الحركة مع قشرة السرّة، وبالنتيجة تدور السرّة بنفس سرعة مسنن الحركة المقاد بالسلسلة.

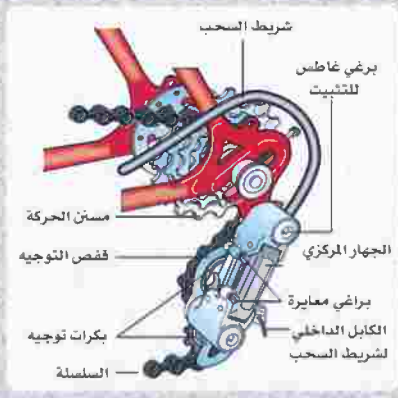
أما في السرعة العالية أو نسبة التحويل السريعة (الشكل ٤ ب) فيربط مسنن الحركة مع مجموعة المسننات الفلكية، ويربط المسنن المفرغ مع قشرة السرّة، وعند دوران مسنن الحركة تدور المسننات الفلكية حول المسنن الشمسي وتدير معها المسنن المفرغ، وحسب عدد أسنان المسنن الشمسي والمسنن المفرغ يدور المسنن المفرغ بسرعة معينة تفوق سرعة مسنن الحركة.

بينما في السرعة البطيئة أو السرعة الجبلية (الشكل ٤ ج) يربط مسنن الحركة مع المسنن المفرغ وتربط قشرة السرّة مع حامل المسننات الفلكية، وبالنتيجة تدور قشرة السرّة بسرعة أقل من سرعة مسنن الحركة. بالإضافة إلى التعشيقات ذات نسب التحويل الثلاثية يمكن عن طريق تجميع عدة علب سرع فلكية تصنيع أنظمة ذات نسب تحويل خماسية أو سباعية، وأخيراً تم أيضاً إنتاج أنظمة باثني عشرة نسبة تحويل. فضلاً عن ذلك ولزيادة عدد نسب التحويل يمكن الجمع بين تعشيقة السرّة وتعشيقة السلسلة، من مزايا تعشيقة السرّة حمايتها الجيدة من الأوساخ والبلل ما يجعلها عديمة الصيانة نسبياً، أما مساوئها بالنسبة إلى تعشيقة السلسلة فهي غالباً وزنها المرتفع، وعدم إمكانية اختيار تدرج السرع بشكل شخصي.

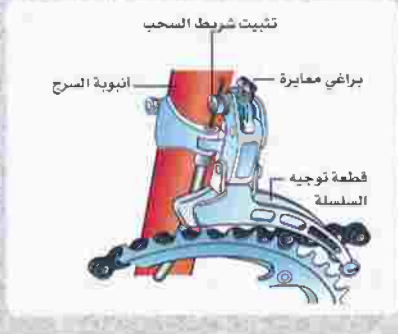
❶ اجزاء تعشيقة السلسلة



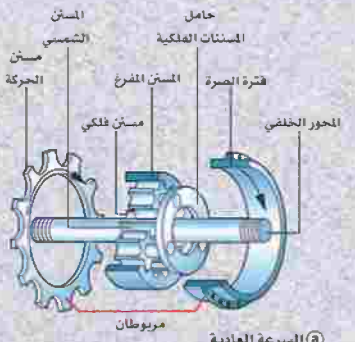
❷ الموجه الخلفي مع الجهاز المتوازي المستقيم



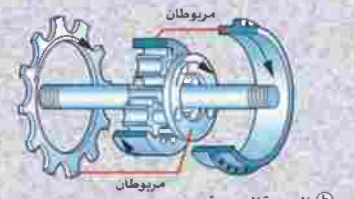
❸



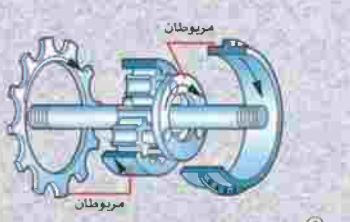
❹ طريقة عمل الصرة ثلاثية السرع



ⓐ السرعة العادية



ⓑ السرعة السريعة



ⓒ السرعة البطيئة (الجبلية)

تعشيقات الدراجات

مكابح الدراجات

تعتمد جميع أنظمة الكبح المستخدمة في الدراجات على مبدأ الاحتكاك الميكانيكي. يتم التوصل إلى تأثير الكبح عن طريق ضغط جسم ثابت على الإطار المعدني للعجلة أو على أجزاء السرّة، وبذلك يتم تحويل الطاقة الحركية إلى حرارة. عن طريق عتلة الكبح يستطيع سائق الدراجة أن يتحكم بقوة الكبح التي يضغط بها. لا تتعلق قوة الاحتكاك بين جسمين بمساحة التلامس، وإنما تتعلق فقط بقوة الضغط المطبقة وبنوعية السطوح الخارجية، ومع ذلك لا ينبغي المغالاة في تقليل مساحة السطوح المتحاكة، لأن الحرارة المتولدة يمكن أن توزع على مجال أوسع، ويصبح التآكل الناتج بسبب الضغط (قوة الضغط على المساحة) أقل.

مبكح الإطار المعدني (الجنط) : ❶

في مكبح الإطار المعدني عن طريق شريط السحب تضغط عتلة الكبح فحمتي الكبح المصنوعتين من مادة مقاومة للتآكل على حافتي الإطار المعدني. من الأنواع الشائعة لمكابح الإطارات المعدنية يذكر مكبح العتلة Cantilever (الشكل ١). يتألف هذا المكبح من ذراعي كبح يدور كل منهما على مفصل ذي محمل أسطواني ويستند إليه. ومن خلال شد شريط السحب يتقدم ذراعاً الكبح المربوطين مع بعضيهما نحو الإطار المعدني، وعندما يحرر شريط السحب تقوم النوابض المثبتة على المفاصل بإعادة عتلة الكبح إلى وضعها الابتدائي.

الحسنة الرئيسة لهذه المكابح هي بنيتها السهلة وبالنتيجة وزنها الخفيف. وطالما أن كامل مساحة حافتي الإطار المعدني تستعمل كمساحة كبح، فإنه من المستبعد الوصول إلى ارتفاع في درجة الحرارة. أما السيئة الكبيرة لهذه المكابح فهي تراجع قوة الكبح عندما تتعرض للبلل.

مكبح الطنبور: ❷

يستخدم مكبح الطنبور المساحة الداخلية لدولاب السرّة كمساحة كبح (الشكل ٢). يسمى هذا الجزء من دولاب السرّة أيضاً طنبور الكبح. عند تشغيل عتلة الكبح، تدور الكاملة الموصولة من خلال شد شريط السحب أو الأعمدة والعتلات، وتباعد بين قطاعي «فكي» الكبح وتضغطهما على طنور الكبح. يُدعم داخل المكبح بواسطة عتلة الكبح المعاكسة المثبتة على هيكل الدراجة كل لا تدور مع طنبور الكبح بسبب الاحتكاك. بعد تحرير عتلة الكبح يُبعد نابض الإرجاع قطاعي الكبح عن طنبور الكبح، وبذلك يحرر الدولاب من جديد.

تتعرض مكابح الطنبور غالباً لظاهرة الارتخاء Fading ويفهم من ذلك أن تأثير الكبح يتراجع نتيجة عدم كفاية تبديد الحرارة، حيث ترتفع درجة حرارة طنبور الكبح بشكل كبير ما يؤدي إلى تمدده، ونتيجة لازدياد قطر طنبور الكبح، فلم تعد قطاعات الكبح تتناسب معه، الأمر الذي يؤدي إلى تردّي أداء الفرملة. وبعد تبريد طنبور الكبح يمكن الوصول إلى كامل استطاعة الفرملة من جديد. ومن المساوئ الإضافية وزنها الكبير نسبياً. أما محاسن هذه مكابح الطنبور فهي كونه محمية من الأوساخ والبلل، لذلك فهي تقدم سلوك فرملة ثابت في الأجواء الجافة والماطرة. علاوة على ذلك يمكن جمع مكبح الطنبور مع علبة سرعة فلكية (تعشيقات الدراجات) في سرّة مغلقة للكبح والتعشيق.

الكبح بالدعسة إلى الخلف: ❸

في الدراجات البسيطة المعدة للاستعمال اليومي فإن مكابح العجلة الخليفة غالباً ما تصمم كمكبح بالدعسة إلى الخلف (الشكل ٣) يربط مع مسنن الحركة جلبة عليها أخدود لولبي يستند عليها مخروط الكبح. وعندما تدار الدعسة إلى الخلف يدفع اللولب مخروط الكبح بين نصفي معطف الكبح اللذين يشكلا قطاعي الكبح. يتباعد هذان القطاعان ويضغطان على علبة السرّة وبذلك يفرملان العجلة الخلفية.

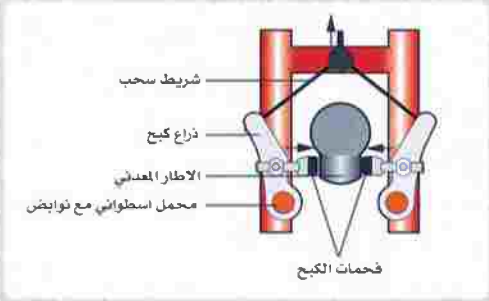
تتم وقاية كامل الميكانزم بواسطة عتلة ارتكاز المكبح على هيكل الدراجة. وعندما تنعدم القوة المؤثرة على الدواسة تضغط حلقة نابضية تحيط بقطاعي الفرملة على معطف الكبح لتعيده إلى وضعه الابتدائي وتدير بذلك مخروط الكبح على الأخدود اللولبي إلى الخلف وتتحرر الفرملة، وإذا لم تحرك الدواسات نحو الأمام يقوم ميكانزم الدوران الحر بفصل علبة السرّة عن مسنن الحركة. وبما أن مكابح الدعسة إلى الخلف هي من نوع مكابح السرّة، فهي تمتلك نفس خصائص مكابح الطنبور. ومن المساوئ الإضافية أنه لا يمكن تطبيق الفرملة عندما يكون عمود الدواسة في النقطة الميتة (عمودي على محور الدراجة الطولي).

التطورات والتطلعات:

التطورات الجديدة في مجال مكابح الدراجات هي مكابح الإطار المعدني الهيدروليكية، والتي تسمح بقوة ضغط خفيفة من يد السائق بالحصول على قوة كبح عالية، وكذلك الفرامل القرصية المعروفة في عالم الدراجات النارية. إن نظامي الكبح هذين غاليان جداً، ويستخدمان في رياضة الدراجات الجبلية. هناك تطوير آخر لفرامل الطنبور تظهره فرامل البكرات، التي تستخدم عوضاً عن قطاعات الفرملة المسطحة بكرات قابلة للقلب، ولكن خطر ارتفاع درجة الحرارة فيها أكبر.

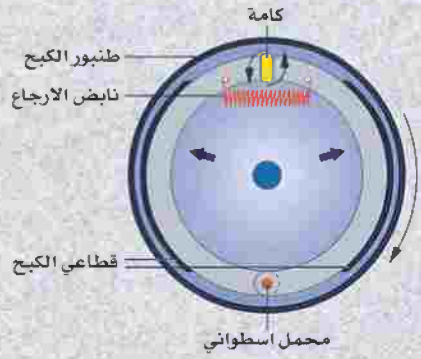
❶ مبدأ عمل مكبح الإطار المعدني (الخبط)

من خلال شد شريط السحب تضغط فحمات الكبح على الإطار المعدني



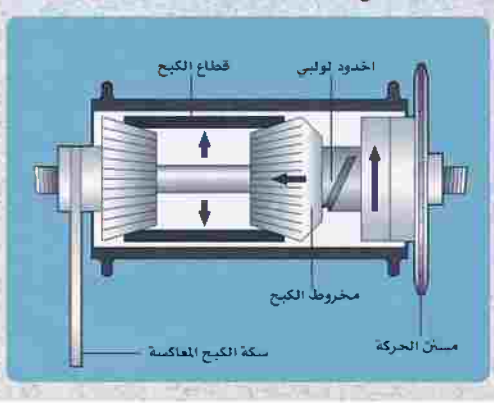
❷ مبدأ عمل مكبح الطنبور

عند الكبح تدور الكامة وتضغط قطاعي الكبح على طنبور الكبح



❸ مبدأ عمل الكبح بالدعسة إلى الخلف

عندما يدعس السائق إلى الخلف يضغط الأخدود اللولبي مخروط الكبح بين نصفي معطف الكبح الذي يتباعد على السرة.



مكابح الدراجات

هيكل الدراجة (البدنية)

يعتبر الهيكل البنية الحاملة للدراجة، وهو الذي يحدد أساساً غرض استخدام الدراجة وصفاتها، فالهيكل الجيد يجب أن يكون خفيفاً، وصلباً عند الاستعمال، وقابلاً للتحميل المكثف ولزمن طويل، وأن يكون قادراً على امتصاص الصدمات والاهتزازات. يتألف الهيكل عموماً من مجموعة موصولة من الأنبوبات المعدنية، تكون ملحومة مع بعضها مباشرة، أو موصولة بما يسمى شعيبات الوصل الأنبوبة. وكأفضل حل وسط بين الوزن والاستقرار يصلح الشكل المثلثي الكلاسيكي للهيكل وهو ما يعرف بالهيكل الماسي (الشكل ١). يتألف الهيكل الرئيسي من أنبوبة علوية، وأنبوبة السرج، وأنبوبة سفلية، وأنبوبة قيادة وتوجيه. أما البناء الخلفي فيتشكل من دعامتي السرج، ودعامتي السلسلة وفي نهايتيهما من الخلف يوجد جلبتان مقطوعتان لتثبيت العجلة الخفيفة، ويثبت على هاتين الجلبتين بدالة السرعة الخلفية عند استخدام طريقة تعشيقة السلسلة (← تعشيقات الدراجات). وتُربط دعامتا السلسلة بجسر صفيح صغير لزيادة صلابة البناء الخلفي للدراجة.

أنبوبات الهيكل: ❷

تتعرض أنبوبات الهيكل لقوى شد وانحناء، لذلك يجب عليها أن تبدي صلابة عالية أي مقاومة كبيرة ضد تغير الشكل وضد الكسر، وهنا تتعلق الصلابة بنوع المعدن وشكل المقطع العرضي للمعدن. تزداد مقاومة الانحناء بازدياد القطر الخارجي، لهذا تستخدم في الهياكل المجهدة والتي تتعرض لحمولات عالية - كما هو الحال في الدراجات الجبلية - أنبوبات ذات أقطار كبيرة وهي ما تعرف بذات الحجم الكبير بالإنكليزية (OS = oversized). وبنفس الوقت فإنه من الممكن تقليل سماكة جدران الأنبوبات بحيث يؤمن استقرار عال ضد الانحناء من جهة، ويكون وزن الهيكل أقل من جهة أخرى. إلا أنه يجب عدم المغالاة في تقليل سماكة جدران الأنبوبات لأن ذلك يقترن بخطر متزايد لحدوث التشوه والكسر، ويترافق مع ضياع

في صلابة المعدن عند مناطق اللحام. لذلك تستخدم في الهياكل غالية الثمن أنبوبات معدلة التصميم (الشكل ٢). يكون جدار الأنبوبة المعدلة التصميم متفاوت السماكة، فعند طرفي الأنبوبة تكون سماكة الجدار أكبر منها في الوسط، وهذا يسمح عند صلابة ثابتةٍ ببناء هياكل أخف وزناً من الهياكل المصنعة من أنبوبات ذات جدران ثابتة السماكة.

المواد المستخدمة في صناعة هياكل الدراجات:

تستخدم خلائط الفولاذ بشكل رئيسي في صناعة الأنبوبات، أما الفولاذ الصافي فيستخدم فقط في صناعة الهياكل غالية الثمن. وبالنسبة لصناعة الهياكل ذات الجودة المحسنة فقط أثبت فولاذ الكروم - مولبيدن صلاحيتها، حيث يحسِّن عنصرا المولبدين والكروم الصلابة ومقاومة الشد ويطيلا في إطالة عمر الاستخدام، أما سلبية هذه الخلائط الفولاذية فتكمن في كثافتها العالية وبالنتيجة وزنها وكذلك في مقاومتها الضعيفة للصدأ. إن البديل الجيد لهذه الخلائط هو الألمنيوم لأن كثافته أقل ولا يصدأ، لكن فقط مقاومته للشد أقل، ولهذا تستخدم خلائط الألمنيوم في بناء الهياكل. وللوصول إلى الاستقرار الذي تحققه الأنبوبات الفولاذية لا بد من استخدام أنبوبات ذات قطر خارجي أكبر، وهذا السبب الذي يجدعل هياكل الألمنيوم دائماً مصنوعة من أنبوبات الحجم الكبير OS.

طرق الوصل:

تستخدم كطرق للوصل في بناء هياكل الدراجات اللحام بالقوس الكهربائي، ولحام الإستيلين، واللصق، يوجد نوعان من لحام الإستيلين: اللحام التراكبي باستخدام الصفر (نحاس وتوتياء) كمعدن مالئ، ولحام شعيبات الوصل (الشكل ٣). في اللحام التراكبي لا يستخدم معدن اللحام المالئ فقط في الأخاديد الضيقة بين الأنبوبات، وإنما يوضع اللحام على محيط الوصلة على شكل حلقوم تقوية أجوف. إن استخدام عناصر الوصل (شعيبات الوصل الأنبوبة) التي تُلحم فيها الأنابيب يُسهّل

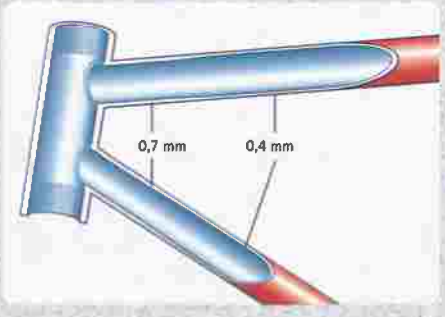
عملية الإنتاج، لأن شعيبات الوصل الأنبوبية تمكّن من استخدام مواد مثل خلائط ألمنيوم معينة غير القابلة للحام، حيث يتم الوصل باستخدام مواد لاصقة ذات كفاءة عالية من أجل لصق الأنبوبات مع شعيبات الوصل. ويحل لحام الشعيبات بازدياد محل اللحام بالقوس الكهربائي (الشكل ٤) لأن تنفيذه أسرع، والتوضع الزاوي للأنبوبات لا يتعلق بشعيبات الوصل المتوفرة، كما يمكن أتمتة هذه العملية. إلا أنه غالباً ما يكون من الضروري عند اللحام بالقوس الكهربائي إجراء المعالجة اللاحقة للهيكل بغية تفكيك الإجهادات المعدنية الناشئة بالقرب من درزات اللحام.

التطورات والتطلعات :

تصادَف التطورات المتلاحقة على هيكل الدرجات حالياً بشكل رئيسي في الدرجات الجبلية، ويسعى التوجه العام إلى إنتاج شوكة ذات نوابض مخمِّدة للعجلة الأمامية (الملقط)، وهياكل ذات بنية خلفية نابية مخمِّدة. وفي الدراجات الجبلية ودراجات السابق يمكن تقليل الوزن باستخدام مواد صناعية (بلاستيكية) مسلحة بألياف كربونية للتقوية، ومن خلال هذه المواد يمكن العدول عن استخدام التصميم الأنبوبي الكلاسيكي لهياكل الدراجات. وفي ما يسمى بطريقة مونوكوك Mono-coque لبناء الهياكل، يتألف الهيكل من قطعة واحدة، أو من قطعتين بحيث تختفي أو تخفف مناطق الوصل الضعيفة.

❶ الهيكل الماسي (أثبت صلاحيته منذ حوالي 100 عام)

❷ الأنبوبة المعدلة المتدرجة سماكة الجدار عند نهايتي الأنبوبة أثخن منها في الوسط



❸ لحام الشعيبات في هيكل دراجة

❹ اللحام بالقوس الكهربائي لوصلة المنيوم - TIG

TIG= تنجستين - ايزت - غاز (غاز حماية- تنجستين)

القاطرات

في عام ١٨٢٩ اخترع الأخوين ستيفانسون أول قاطرة بخارية قابلة للاستخدام، وأُطلق عليها اسم الصاروخ Rocket، وهي تعد الشكل الأصلي لجميع القاطرات. لقد حلت القاطرات الكهربائية الأقوى استطاعة والأكثر اقتصادية محل القاطرات البخارية منذ زمن طويل. تزود القاطرات الكهربائية بالطاقة من الخارج، ولذلك فهي لا تحتاج لأن تحمل معها وقود احتياطي. أما على المسافات الغير مزودة بالكهرباء فتستخدم قاطرات الديزل المستقلة عن التزويد المستمر بالطاقة الكهربائية الخارجية.

أنواع الدفع ❶ ❷

يتوجب على القاطرات تحريك القطارات الحديدية الثقيلة، وأن تكسبها تسارعاً من حالة الوقوف. استطاعت القاطرات البخارية تلبية هذه الحاجة بشكل جيد، لأن قوى الدفع فيها مسخرة تحت التصرف حتى في حالة الوقوف. وخلافاً لذلك تنتج محركات الديزل العزوم اللازمة لإقلاع القاطرة فقط في مجال سرعة دوران محدد، كما هي الحال في جميع محركات الاحتراق الداخلي، ولذلك لا بد من تحويل الاستطاعة. فالاستطاعة الناتجة عن دوران العمود المرفقي عند سرعة دوران العمل في محرك ديزل يجب ان تنقل لحظة الإقلاع إلى عجلات القاطرة المتوقفة أو بطيئة الدوران بدون تراجع وبضياع قليل قدر الإمكان. ولذلك تزود معظم قاطرات الديزل المستخدمة في ألمانيا بمحول سرعة هيدروليكي، كالذي يستخدم في السيارات الشاحنة ذات علب السرعة الأوتوماتيكية (⟵ علبة السرعة) (دفع ديزل هيدروليكي)، التي تعادل الفرق بين سرعة دوران محرك الديزل القائد وعجلات القاطرة المقادة.

في الدفع باستخدام الديزل والكهرباء يقود محرك اليدزل أولاً مولداً كهربائياً، الذي يشكل مورداً لتيار كهربائي عالي الاستطاعة يناسب تشغيل محركات الدفع

الكهربائية. قاطرات الديزل (الشكل ١) إذاً هي قاطرات كهربائية تحمل على متنها محطة توليد طاقة خاصة بها تعمل بالديزل.

تناسب آلات الدفع الكهربائي تشغيل القطارات بشكل ممتاز، فهي تنتج في حالة السكون عزم دوران كبير جداً، وهي بحد ذاتها خفيفة الوزن نسبياً وقليلة الكتلة، وتركب مباشرة على الهيكل القائد في القاطرات. ويتألف الهيكل القائد في قاطرات الدفع الكهربائي عادة من كرسيي دوران متحركين، وعلى كل كرسي يوجد محاور متعددة (الشكل ٢)، ويقاد كل محور بواسطة المحرك الكهربائية الخاص به. تشكل كراسي الدوران وحدات دفع كاملة، حيث تنقل قوة دفعها إلى جسم القاطرة عن طريق وصلة متينة تتحمل الشد والضغط، وفي جذع القاطرة يبقى مكان لسائق القاطرة، ولمعدات التوجه والتحكم الكهربائية، وللأجهزة المساعدة.

قاطرات التيار المستمر وقاطرات التيار المتناوب :

للحصول على سرعات مختلفة للقطارات تلزم محركات كهربائية متغيرة سرعة الدوران. لم تُحقق هذه الحاجة حتى طُورت إلكترونيات قوية حديثة في السبعينات من القرن العشرين إلا عن طريق تيار مستمر عالي الكلفة أو عن طريق محركات تيار متناوب أحادي الطور، والتي تحتاج إلى محاولات تيار ميكانيكية (مسفرات). تنتج سرعات وعزوم الدوران المختلفة عن طريق تغيير الوصل في ملفات التيار بواسطة آلية تبديل (وصل وفصل)، حيث يحرك سائق القاطرة آلية التبديل بواسطة دولاب يدوي ويغير بذلك سرعة القطار. تكمن مساوئ هذه الطريقة في الكلفة العالية للصيانة الناجمة عن الاهتراء في محولات التيار الميكانيكية وآليات التبديل للوصول والفصل، وكذلك في إمكانية الاستخدام المحدودة. تعتمد قاطرات التيار المستمر والمتناوب المألوفة فقط على شبكة تيار ذات جهد وتوتر ثابتين ومحددين، وهذا يمنع بالدرجة الأولى حركة القطارات العابرة للحدود الدولية أو الإقليمية، حيث أن مؤسسات السكك الحديدية الأوروبية تستعمل شبكات كهربائية مختلفة

المواصفات، ففي ألمانيا يوجد تيار متناوب أحادي الطور بجهد (١٥٠٠ فولط) وتردد (٦٧.١٦ هرتز)، بينما في إيطاليا مثلاً توجد شبكة تيار مستمر.

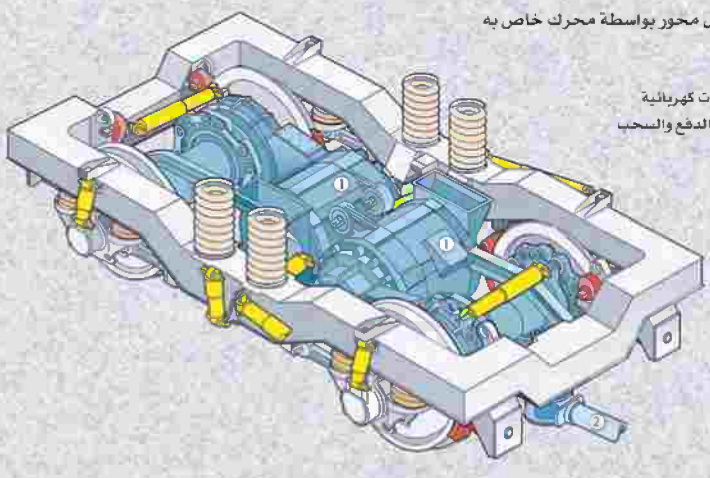
قاطرات التيار المتناوب ثلاثي الطور ❸

لتوسيع مجال الاستخدام ولتخفيض تكاليف الصيانة تستخدم في القاطرات الحديثة محركات تيار متناوب ثلاثي الطور موائمة، ذات البنية السهلة لعدم وجود محولات التيار الميكانيكية وقليلة الاهتراء. إلا ان هذه المحركات تحتاج إلى التزود بتيار متناوب ثلاثي الطور، ذي تردد مطابق لسرعة دوران المحرك المرغوبة. وطالما أن هذا التيار لا يمكن الحصول عليه من خارج القاطرة، فلا بد من إنتاجه بواسطة معدات إلكترونيات قدرة (مقوّمات التيار) محمولة على متن القاطرة (الشكل ٣). لذلك يتم تحويل التيار المستمر أو المتناوب المستمر من الشبكة عن طريق مقبس التيار الخارجي إلى تيار متناوب ثلاثي الطور ذي تردد متغير. وبالنتيجة فإن نوع التيار الكهربائي المستجر لم يعد مهماً، لأن القاطرات التي تعمل على تيار متناوب ثلاثي الطور من حيث المبدأ يمكن أن تعمل على جميع شبكات القطارات الكهربائية.

❶ قاطرة ديزل كهربائية حديثة

❷ الكرسي القائد لقاطرة تعمل بالدفع الكهربائي

يدار كال محور بواسطة محرك خاص به



❸ مقومات التيار في قاطرة تعمل باليتار المتناوب ثلاثي الطور (الدوراني)

القطار السريع بين المدن

ICE

منذ عام ١٩٩١ يسير بين المدن الألمانية القطار السريع المسمى (القطار السريع بين المدن Inter City Express) واختصاراً ICE. وبذلك لحقت شركة السكك الحديدية الألمانية بشركة السكك الحديدية الفرنسية، التي شغَّلت منذ عام سنين خلت نظام القطارات السريعة الخاص بها والذي يدعى : (Train à grande vi-tesse). في هذه الأثناء استخدمت أجيال مختلفة من القطارات السريعة ICE كما توجد أجيال أخرى على عتبة التشغيل.

❶ الجيل الأول من القطار السريع بين المدن ICE 1

أول قطار سريع بين المدن ICE 1 هو عبارة عن قطار استخدم فيه رأسي قطر عوضاً عن قاطرة واحدة، وعربات وسط بدلاً من العربات المألوفة. تُربط رؤوس القطر فقط من جهة واحدة بعربات الوسط خلافاً للقاطرات. بالنتيجة يتألف القطار من صف مؤلف من رأس قطر واحد في بداية القطار، ومن ١٠ عربات وسط إلى ١٤ عربة وسط كحد أعظمي، وأخيراً رأس قطر آخر في نهاية القطار. ترتبط جميع العناصر تقريباً مع بعضها من دون مزالق، بحيث تنشأ معالم خارجية للقطار مناسبة جداً لحركة الهواء. يساهم أيضاً في تخفيض مقاومة الهواء شكل الجزء الأمامي لرأس القطر، وسطح القطار الخارجي الأملس عديم الحواف، والنوافذ الملصقة بإحكام، والواقيات الجانبية الممتدة إلى الأسفل. يُسحب ويُدفع القطار بنفس الوقت بواسطة رأسي القطر في مقدمة ومؤخرة القطار ICE ١. لكل رأس قطر (الشكل ١) استطاعة دائمة تبلغ ٤٨٠٠ كيلو واط، أي ما يعادل ٦٥٢٨ حصان بخاري، يصل القطار من خلالها إلى سرعة أقصاها ٢٨٠ كم/سا. يتم الدفع في القطار ICE 1 كما في القطارات الكهربائية الحديثة (← القاطرات الكهربائية) بواسطة محركات تيار متناوب ثلاثي الطور مركبة على الكراسي الحاملة لرأس

القطر، ويتم التحكم بها عن طريق مقوّمات تيار إلكترونية. وعند الفرملة تعمل هذه المحركات كمولدات، حيث تُغذى الطاقة المكتسبة الناتجة عن الفرملة إلى شبكة الإمداد بالتيار. ومن أجل خدمة العدد القليل من المسافرين تم في عام ١٩٩٦ تسيير الجيل الثاني من القطار السريع بين المدن ICE 2 ، وفيه رأس قطر واحد وست عربات وسط عربة تحكم (من دون دفع) تشكل نصف قطار قابل للاستخدام لوحده. وطالما أن رؤوس القطر وعربات القطر مزودة بمقطرات، فإنه من الممكن ربط نصفي قطار ICE 2 مع بعضهما.

الجيل الثالث من القطار السريع بين المدن ICE 3: ❷ ❸

في أحدث نماذج القطارات تم متابعة الطريق التي شُقت في الجيل الأول ICE 1 بمثابرة أكثر: أي توزيع قوى الدفع. ليس فقط في عربات النهاية ذات أماكن القيادة للسائقين توجد كراسي دفع كهربائي، وإنما أيضاً في كل ثاني عربة وسط. في الجيل الثالث ICE 3 تشمل وحدة القطار (نصف قطار) ثماني عربات مختلفة الوظائف، بحيث تشكل كل أربع عربات منها وحدة كهربائية (عربة نهاية، وعربة محولات الجهد، وعربة مقومات التيار، وعربة وسط بسيطة (الشكل ٢). كل نصفي قطار قابلين للقطر مع بعضهما من جديد. يوجد في عربات المحولات مآخذ التيار من الشبكة العلوية، ومحولات لتخفيض جهد سلك القيادة (الشبكة) إلى قيمة متدنية. بينما لا تملك عربات المحولات مور قائدة، تزود كراسي عربة مقومات اليتار بمحركات قائدة.

إذاً لاتنحصر مهمة عربات مقومات التيار في احتواء إلكترونيات القدرة التي توضع في حاويات قابلة للتبديل فحسب، وإنما تدفع القطار مع عربتي النهاية. من خلال تركيب معظم أجهزة القيادة والتحكم والأجهزة المساعدة في منطقة أرضية القطار يمكن إنشاء مكان للركاب أيضاً في عربات النهاية (الشكل ٣). إن تصميم الدفع في الجيل الثالث ICE 3 يسهل أسلوب بناء القطار، وذلك لأن استطاعة دفع القطار موزعة على محارو عديدة، كما لا يجب أن تضغط العجلات القائدة المختلفة

بقوة على السكة كما في القاطرة القوية المفردة. وبذلك يملك الجيل الثالث من القطارات ICE 3 قدرة كبيرة على التسارع، وكذلك المقدرة على تجاوز الميول الصاعدة الحادة. تقع السرعة القصوى بحدود ٣٣٠ كم/سا. بينما وضعت قطعات الجيل الثالث ICE 3 المخصصة للسير ضمن ألمانيا للعمل فقط على الجهد الشائع الاستخدام في شركة السكك الحديدية الألمانية (١٥ كيلو فولط وتيار متناوب) (نظام أحادي النوع)، يمكن النظام رباعي النوع من تسيير القطارات العابرة للحدود. في هذا النظام يمكن تقريباً لجميع الأنظمة الكهربائية المستخدمة في السكك الحديدية الأوربية (تيار مستمر، تيار متناوب، قيم توتر مختلفة، قيم تردد مختلفة) أن تستخدم في تغذية مقومات التيار والتي بواسطتها يمكن تسيير قطارات السرعات العالية عالمياً بين الدول.

أنظمة أخرى من القطارات عالية السرعة:

انطلاقاً من ICE تم تطوير نظام القطار السريع القابل للميلان بين المدن (ICT Inter City Tilt بالإنكليزية يقلب أو يميل) والذي يمكن أن يستخدم على وصلات السكك الحديدية ذات المنعطفات الحادة. يصل قطار ICT سرعات عالية حتى ٢٣٠ كم/سا. وللسير على المنعطفات الحادة بسرعة عالية تم تنصيب عربات القطار ICT بشكل قابل للتأرجح، وفي المنعطفات تميل العربات هيدروليكياً. بالنسبة لخطوط السكك الحديدية غير المكهربة لا بد من تسيير قطار ICT – VT ذي دفع ديزل – كهربائي تصل سرعته العظمى إلى ٢٠٠ كم/سا.

❶ رأس القطر في قطار الجيل الأول ICE 1

السرعة القصوى
2600 كم /سا

❷ ترتيب توضع القطار ICE 3

● = المحاور القائدة
(دفع فرملة كهربائية
قرصي فرملة لكل محور)

○ = محاور مقادة
ثلاثة أقراص فرملة لكل محور
مغناطيسي فرملة بالتيار الاعصاري لكل هيكل دوار

▬ = محولة

▭ = تيار

❸ عربة النهاية في قطار الجيل الثالث ICE3

القطار السريع بين المدن

القطار المغناطيسي المعلق

هو قطار بلا عجلات يسير على سكة حديدية دون أن يلامسها بتأثير حقول مغناطيسية. تصل سرعته إلى ٥٠٠ كم/ سا، وهناك نوعان من أنظمة تشغيله؛ الأنظمة الكهرديناميكية EDS والأنظمة الكهرمغناطيسية EMS. لقد طورت ألمانيا نموذجياً من هذا النوع بالاعتماد على النظام الكهرومغناطيسي وأسمته ترانس رابد (Transrapid (TR (الشكل ١).

مبدأ النظام الكهرومغناطيسي ❷ ❸

تؤدي السكك والعجلات في القطارات التقليدية ثلاث وظائف؛ فهي تحمل وزن القطار وتساعد على تحديد مساره، كما يتم من خلالها نقل قوة الدفع وقوى الفرملة. تنجز هذه المهام الثلاث في قطار الترانس رابيد TR بواسطة قوى مغناطيسية دون حدوث تلامس بين الأجزاء المتحركة والأجزاء الثابتة (الشكل ٢).

تركب في عربات القطار مغانط كهربائية قوية تعمل على رفع القطار وحصره من الجانبين (ضمن مساره) وتدعى مغانط الرفع والتوجيه، وتتوزع على طول قطار ترانس رايد بحيث يمر حقلها في السكة المصنوعة من معدن فرو مغناطيسي. بينما تعمل المغانط المثبتة في أيمن وأيسر القطار على الحفاظ على مركزية مساره بالنسبة للسكة، فإن مغانط الرفع تشد القطار رافعة إياه إلى السكة (الشكل ٣). يتم التحكم بشدة القوى المغناطيسية إلكترونياً بحيث تبقى المسافة بين القطار والسكة ثابتة (حوالي ١٥ مم) أثناء مسيره. تساعد هذه المسافة ترانس رايد في التغلب على عوائق صغيرة موجودة على السكة أو طبقة رقيقة من الثلج أو الجليد. كذلك يتم دفع القطار بواسطة قوى مغناطيسية تنتج عن وشائع كهربائية موجودة ضمن السكة تولد حقلاً مغناطيسياً متحركاً. يتقدم هذا الحقل المغناطيسي بسرعة تساوي سرعة ترانس رايد ساحباً معه عربات القطار من مغانطها الحاملة. وبذلك يتم أيضاً نقل القدرة الكهربائية إلى العربات لتغذية مغانط الرفع والتوجيه فيها ولشحن مدخراتها

ولتشغيل الأجهزة الكهربائية الموجودة فيها. يتم تسريع ترانس رايد عن طريق زيادة سرعة تقدم الحقل الكهرومغناطيسي، أما قوة الكبح فتنتج عن طريق قلب قطبية الحقل المغناطيسي.

يمكن اعتبار نظام دفع الترانس رايد محركاً كهربائياً عملاقاً مقطوعاً وممدداً (ومفروداً) على كامل مسار القطار. أحد أجزاء المحرك (في المحرك الكهربائي يدعى الجزء الثابت) تمثله السكة، أما الجزء الآخر (في المحرك الكهربائي الجذع الدوار) يوجد في العربات. إن الجزء الثقيل والمكلف من النظام موجود في الطريق (السكة)، لذا فإن عربات الترانس رايد خفيفة جداً وغير معقدة نسبياً. من المعروف أن القاطرات التقليدية تؤمن جهاز دفع ذا استطاعة ثابتة، وفي مقابل ذلك يمكن تغيير استطاعة قاطرة الترانس رايد تبعاً لشكل وطبيعة المسار. حيث يمكن رفع استطاعة ملفات السكة الواقعة في طريق جبلية (صاعدة) بالقياس إلى ذات السكة المركبة في طريق مستوية.

الميزات

يسير الترانس رابيد بسرعات بين ٣٠٠ و٥٠٠ كم/سا وبذلك فهو أسرع كثيراً من أسرع القطارات التقليدية مثل ICE (⟵). يمكن الوصول به إلى سرعات عالية في مسافات قصيرة (زمن قصير) بفعل نظام التسارع الجيد، وبالمقارنة مع القطارات التقليدية السريعة التي تتعرض عجلاتها وسككها لإجهادات عالية، الأمر الذي يؤدي إلى اهترائها السريع، فإن أجزاء الترانس رايد لا تتعرض لأي اهتراء. إن بقاء القطار معلقاً تحت تأثير القوى المغناطيسية يؤمن راحة فائقة للركاب، ففيه لا يشعر الراكب بالصدمات ولا بضجيج العجلات، وهي أمور لا يمكن تفاديها في القطارات العادية. وينحصر الضجيج في الترانس رايد بذلك الناتج عن حركة الهواء عند السرعات العالية.

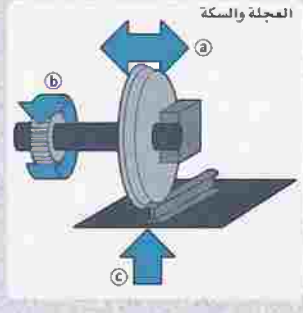
بالإضافة إلى ذلك فإن الترانس رابيد هو وسيلة نقل عالية الأمان، لأن العربات تحيط بالسكة تماماً (تطوقها) فلا خطر من جنوح القطار عن سكته. لا يمكن أن يحدث في خطوط ترانس رايد أية حوادث صدم أو تصادم، وذلك لأن جميع القطارات التي قد توجد على جزء واحد من المسار (السكة) ستسير حتماً بسرعة واحدة وفي اتجاه واحد، كنتيجة مباشرة لسرعة تقدم الحقل الكهرومغناطيسي في الملفات الموجودة في ذلك الجزء من السكة.

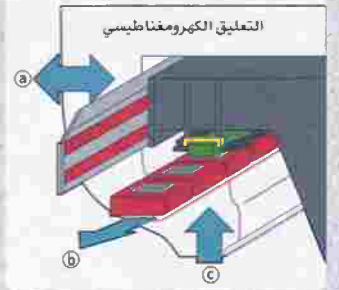
آفاق مستقبلية:

مع أن الترانس رابيد يقدم ميزات تقنية جيدة بالمقارنة مع القطارات التقليدية، فإن مستقبله ما زال غامضاً بسبب الكلفة العالية التي تستلزمها منشآته التابعة. سيتم إنشاء خط ترانس رايد طوله ٢٩٢كم اعتباراً من ٢٠٠٤-٢٠٠٥م بين برلين وهامبورغ. الأمر الذي يتطلب إنشاء منصة خاصة مرفوعة على أعمدة (على طول السكة) لكن المشروع ما زال قيد النقاش من وجهتي النظر الاقتصادية والمرورية.

❶ القطار المغناطيسي المعلّق ترانس رابد

❷ مبدأ نظامي الدفع والتعليق الكهرطيسيين



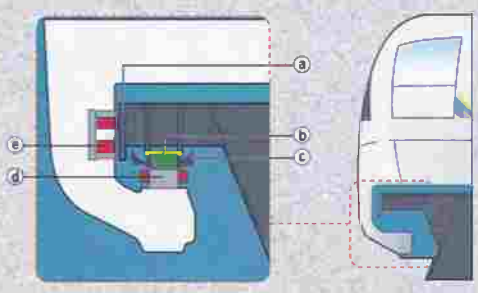


a توجيه
b دفع
c حمل

❸ نظام التعليق

يعتمد نظام التعليق على قوى سحب المغانط الكهربائية في العربة وعلى تأثير السكك الضرومغناطيسية في الطريق

a سكة توجيه
b مجموعة الثابت
c ملف الدفع
d مغناطيس الدفع
e مغناطيس التوجيه



القطار المغناطيسي المعلق

مبدأ السفن

دائماً وبعد كوارث السفن المأساوية، يوضع أمن الملاحة البحرية موضع التساؤل، ولا سيما بعد غرق العديد من عبارات نقل السيارات في الآونة الأخيرة، فقد تمت من جديد مناقشة المبادئ التي على أساسها تطفو السفن باستقرار وأمان.

لماذا تطفو السفينة؟ 1

عند رمي قطعة خشب في الماء، لايتعجب أحد لأنها تطفو. ولكن عمق الخشب الذي ينغمس في الماء يتعلق بكتلته مقدرة بالكيلو غرام kg منسوبة إلى حجمه مقدراً بالديسيمتر المكعب dm3. تسمى هذه الخاصة للمواد الكثافة. لكل نوع من الخشب كثافة خاصة، حتى أن بعض أنواع الخشب لا تطفو. تبلغ كثافة الماء حوالي ١كغ/دسم٣. وهذا يعني أن كتلة ١ ليتر ماء تساوي ١ كغ. يزيح مكعب من الخشب كتلته ٠,٨ كغ وطول ضلعه ١٠ سم (١ دسم ٣) مقدار ٠,٨ كغ ماء، وهذا يعني أن ٠,٢ كغ أي ٢٠٪ من كتلته لا تنغمس في الماء. إذن تتولد قوة رفع تدعى دافعة أو مبدأ أرخميدس (الشكل ١). بالنتيجة يتوجب على قطعة مصمتة من الفولاذ أن تغرق لأن كثافة الفولاذ تبلغ ٧,٨٥ كغ/ دسم٣ أي أكبر بحوالي ثمان مرات من كثافة الماء. وحتى تطفو السفينة المصنوعة من الفولاذ يجب أن يحتوي داخلها على حجم كبير من الهواء، بحيث تكون كثافتها الوسطية أصغر (بكثير) من كثافة الماء. وإذا طرد الحجم الهواء من جراء تدفق الماء إلى السفينة، فسوف تزداد الكثافة الوسطية للسفينة وبالتالي تسحب الأجزاء الفولاذية السفينة إلى الأعماق. يتم تجنب هذه المشكلة في بناء السفن عن طريق وضع أقسام عرضية على شكل جدران إضافية تمنع تسرب الماء إلى داخل السفينة حتى لا تمتلئ بالماء فوراً عند انهيار إحدى بواباتها. غالباً لا تجهز عبارات السيارات بجدران عرضية وذلك لتمكين حركة عبور السيارات للسفينة من دون عوائق (تدخل السيارات من مقدمة السفينة وتخرج من

مؤخرتها أو العكس). وينشأ عن ذلك خطر اختلال توازن العبارات بأقصر زمن بعد اختراق الماء إليها ومن ثم انقلابها وغرقها.

استقرار السفن ❷

يجب على السفينة النشيطة (قيد العمل أو الخدمة) - حتى بعد اختراق الماء إليها - أن تستطيع مقاومة القوى في عرض البحر كالرياح وهيجان البحر. لذلك يجب على السفينة المقدرة على الاعتدال (الشكل ٢) من جديد بعد الميلان الجانبي (الاستقرار الطولي). تقود القوى الجانبية الكبيرة إلى حركة دورانية متأرجحة مستمرة حول المحور الطولي للسفينة وهو ما يسمى (التمايل أو التدحرج). كما يجب على السفينة ايضاً الاعتدال من جديد بعد الميل حول محورها العرضي (تأمين الاستقرار العرضي). وعند الهيجان القوي للبحر أو التعرض لرياح عاتية فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع وانخفاض مقدمة السفينة ومؤخرتها بالتناوب (تأرجح السفينة)، أو قد تنحرف بالتناوب إلى كلا الجانبين خارجة عن اتجاه الإبحار وهو ما يسمى (التعرج). يمكن تقليل حركة التأرجح المزعجة بواسطة مخمِّدات.

انقلاب السفينة ❸

لكي لا تنقلب العبَّارة على جانبها نتيجة لتأرجحها حول محورها الطولي، يجب تأمين استقرار طولي جيد. يوضح (الشكل ٣ أ) سفينة في حالتها الطبيعية. تؤثر قوة الثقالة Fg الناتجة عن وزن السفينة G في مركز ثقل السفينة S، وتؤثر قوة الرفع FA بالمقابل في مركز ثقل شكل الماء المزاح Sf (مركز ثقل شكل جزء السفينة الغاطس في الماء). في الحالة الطبيعية تتوضع هاتان القوتان فوق بعضهما في المستوى المنصف للسفينة. إذا تأرجحت السفينة (الشكل ٣ ب) فسوف يتغير مكان مركز ثقل الجزء الغاطس حسب كمية الماء المزاحة الجديدة إلى مكان جديد Sf، وهنا تشكل قوة الرفع المؤثرة Fa مع قوة الثقالة Fg مزدوجة أو عزم دوران يحاول تدوير السفينة حول محورها الطولي المار من مركز ثقلها، تُقدم قوة الرفع وقوة

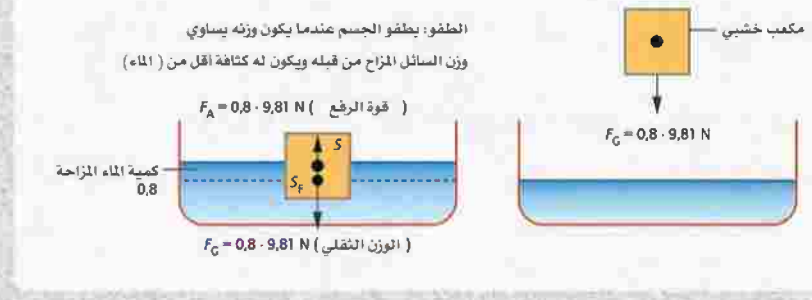
الثقالة من جديد عزم دوران لإعادة اعتدال السفينة يسمى (عزم الاستقرار). يستمر هذا الوضع المستقر طالما بقي ما يسمى مركز الطفو المستنتج M (الناتج عن تقاطع امتداد خط تأثير قوة الرفع Fa مع محور الطفو للسفينة) فوق مركز ثقل السفينة S. وهنا تعتدل السفينة من جديد وتكون حالة الطفو مستقرة.

ولكن عند الاضطراب القوي (نتيجة هيجان البحر أو اختراق الماء) أو إذا كان مركز الثقل مرتفعاً جداً (مثلاً عند الحمولات الثقيلة وارتفاع طوابق الحمولة) وتحول مركز الثقل المستنتج M إلى أسفل مركز الثقل S، فسوف لن يعمل عزم الدوران الناتج عن قوة الرفع وقوة الثقالة على اعتدال السفينة، بل سوف يزيد من الاضطراب والتأرجح (الشكل ٣ ج): تزداد حالة السفينة حرجاً مما يؤدي إلى انقلاب السفينة. يُحد من خطر الانقلاب بتكبير عرضي للسفينة بصورة خاصة وهو ما يدعى (الاستقرار بالشكل)، أو عن طريق إضافة كتلة رصاصية كبيرة في قاع السفينة وهو ما يسمى (الاستقرار بالوزن).

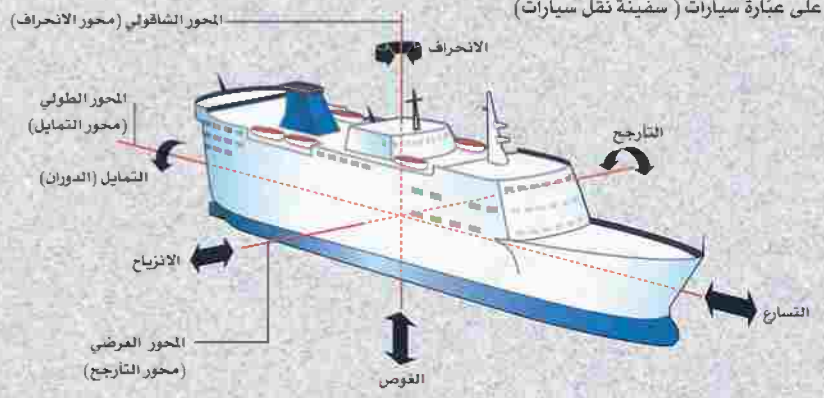
التصميم الآمن للسفن:

لجعل عبَّارات السيارات أكثر أمناً، فقد أخذت فكرة تصميم جديدة لهذا النوع من العبارات بالحسبان عملية غرق موجهة للسفينة عند اختراق الماء إليها. يتم تجنب الانقلاب عن طريق وضع أجسام رفع كبيرة في مجال البناء لظهر السفينة. وتملأ الطوابق السفلية التي فيها السيارات بالماء، والتي تعمل كوزن إضافي يؤدي إلى استقرار العبَّارة.

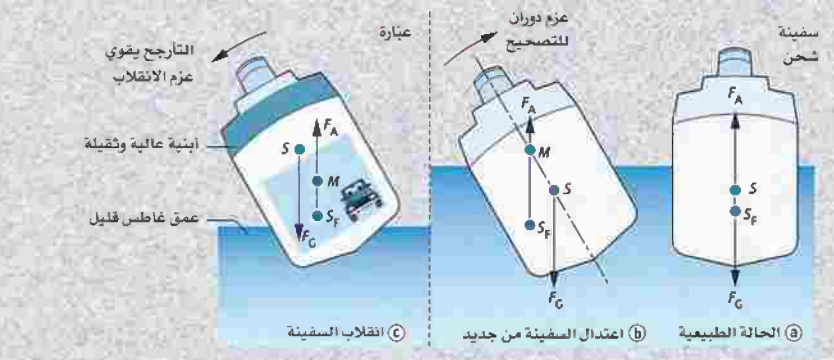
❶ لماذا تطفو السفينة؟



❷ محاور السفينة وأنواع حركتها بمثال على عبارة سيارات (سفينة نقل سيارات)



❸ استقرار وانقلاب السفينة



S = قوة الثقل S_F = مركز ثقل الشكل M = المركز المستنتج

عبارات النقل للحمولات الذاتية الحركة

تشكل العبَّارات جزءاً من شكبة طرق المواصلات، وتستخدم لقطع البحار والأنهار. بالرغم من ارتباط العديد من السواحل في هذه الأثناء بالأنفاق والجسور، ما زال للسفن أهمية كبيرة. فقط أصبحت السفن في العصر الحاضر تنقل إلى جانب الركاب أيضاً السيارات بشكل خاص وكذلك القطارات. من المستحسن لهذا الغرض استخدام العبارات التي تعمل على مبدأ السير الذاتي للحمولة دخولاً إلى العبَّارة وخروجاً منها من دون استخدام رافعات للتحميل والتفريغ، وهو ما يعرف بالإنكليزية roll-on-roll-off (السير صعوداً والسير نزولاً).

مبدأ التحميل أو شحن الحمولة 1

إن عملية الصعود إلى عبارات الحمولات الذاتية الحركة والنزول منها سهلة جداً، لأن السير يكون دائماً نحوالأمام، وبالأخص بالنسبة للشاحنات فإن السير الصعب إلى الخلف غير ضروري (الشكل ١)، وهذا ممكن لأن العبارات مزودة ببوابة في المقدمة وبوباة في المؤخرة، فالسيارات التي صعدت إلى العبَّارة في ميناء الإقلاع من البوابة الأمامية تستطيع النزول من البوابة الخلفية للعبَّارة في الميناء المقصود. ولذلك يجب على السفينة أن ترسو على الميناء بالتناوب تارة من جهة المقدمة وتارة من جهة المؤخرة. عند تحميل العبَّارة تفتح إحدى البوابات وتستند على العبَّارة منصتان تابعتان لتجهيزات المرفأ. فعلى سبيل المثال تصعد الشاحنات عن طريق المنصة السفلية، وبنفس الوقت تصعد العربات الصغيرة عن طريق المنصة العليا. ويمكن للسيارات الوصول إلى الطوابق الأخرى عن طريق منصات عبور موجودة على متن السفينة. توضع جميع السيارات بحالة تكون فيها إحدى السرعات معشقة والفرامل اليدوية مشدودة، لتجنب التدحرج أثناء الإبحار. إضافة لذلك تثبت الشاحنات بأحزمة في حالات الطقس السيئة.

من خلال مبدأ السير الذاتي للحمولة صعوداً ونزولاً يمكن أن يكون زمن رسو العبَّارة في الميناء أقل من ساعة، فعلى سبيل المثال تستطيع عبارة بحر المانش التي تعمل على مدار ٢٤ ساعة أن تقطع ممر بحر المانش والبالغ ٤٢ كم حوالي عشر مرات.

البنية الهندسية (التقنية) ❷

يبين (الشكل ٢) عبارة نموذجية لنقل السيارات، وهي موضوعة في خدمة النقل عبر بحر المانش. تبلغ سرعتها حوالي ٢٢ عقدة أي حوالي ٤٠ كم/سا. تعمل ثلاثة محركات ديزل على دفع العبَّارة عن طريق مراوح دفع السفينة. يوجد على جانبي السفينة وفي منتصفها أجنحة استقرار تقلل من تدحرج الحمولة عند هيجان البحر وارتفاع الأمواج، حيث تتحرك أجنحة الاستقرار بتوجيه من كومبيوتر خاص وفقاً لحركة الأمواج، بحيث تحافظ على السفينة في وضعية اعتدال منتظمة قدر الإمكان.

ولأن العبَّارات تتأثر خاصة بالرياح الجانبية بسبب أبنيتها العالية، وعمق غاطسها القليل نسبياً، لتحسين إمكانية المناورة تزود العبارات غالباً بالإضافة إلى دفة التوجيه الخلفية بدفة توجيه أمامية للسير إلى الخلف، وفي مقدمة السفينة يوجد مولد تيار للتوجيه الجانبي باستطاعة عالية. يتألف مولد تيار التوجيه الأمامي من نفق في مقدمة السفينة وفي مروحة مركبة عرضياً على اتجاه الإبحار، تولد حسب اتجاه الدوران تياراً عمودياً على اتجاه الإبحار. بواسطة تيارات التوجيه الأمامية يمكن مثلاً حتى في الرياح الجانبية القوية ضمان إقلاع ورسو السفينة بأمان من وعلى رصيف البناء. فضلاً عن ذلك فهي تسهل مناورات الدوران الضرورية والمتكررة.

ولتقديم رحلات مريحة وغير مملة قدر الإمكان للمسافرين، تزود العبارات بمطاعم ومحلات تجارية، وكذلك في الرحلات الطويلة يوجد على متن السفينة سينما ومقصورات للنور.

الأمان:

لا تحتوي عبَّارات الحمولات الذاتية الحركة في طوابق السيارات على جدران عرضية، بحيث أن اختراق الماء يمكن أن يؤدي إلى امتلاء السفينة بالماء فوراً وانقلابها (← مبدأ السفن).

ولكن في هذه الأيام تزود معظم العبارات على الأقل بجدارين إضافيين واحد في المقدمة وآخر في المؤخرة لتجنب الكوارث المشابهة للتي حصلت للعبَّارة إستونيا Estonia التي انهارت فيها البوابة الأمامية وامتلأت السفينة بالماء دونما عائق وغرقت بسرعة.

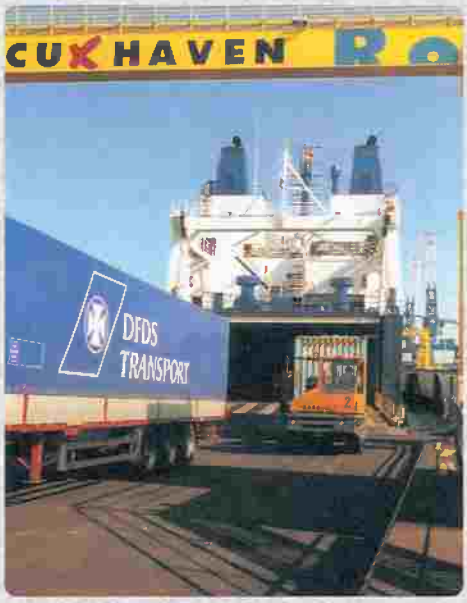
العبارات النهرية:

تستخدم لنقل السيارات والأشخاص عبر الأنهار عبَّارات صغيرة. تشبه العبارات النهرية القوارب (اليخوت) المعدة للنقل المائي ذات ظهر تحميل غير مسقوف، وتكون على شكل عبَّارات بحبال أو بسلاسل، وتتحرك العبَّارة نحو الأمام عن طريق شد السلسلة (تحت الماء)، أو شد الحبل (فوق الماء) أو كعبَّارات ذات مسننات دفع يتم تشغيلها بتيار من سلك متبدل من طرفي النهر وضغط الجريان، أو كعبَّارات معلقة تحت إنشاءات جسرية، أو كعبارات بمحركات اعتيادية ذات دفع مروحي.

سفن نقل الركاب:

تستخدم هذه السفن فقط لنقل الركاب. يمكن التمييز بين سفن تستخدم في خطوط نقل ثابتة وبرامج محددة وبين سفن تقوم برحلات عشوائية (متصالبة). نتيجة لتطور النقل الجوي، فقد تقلصت حركة السفن على خطوط النقل إلى أبعد حد، أما في الرحلات العشوائية فما زال طابع الراحة والاستجمام يحتل الصدارة، حيث تجهز هذه السفن بشكل فاخر.

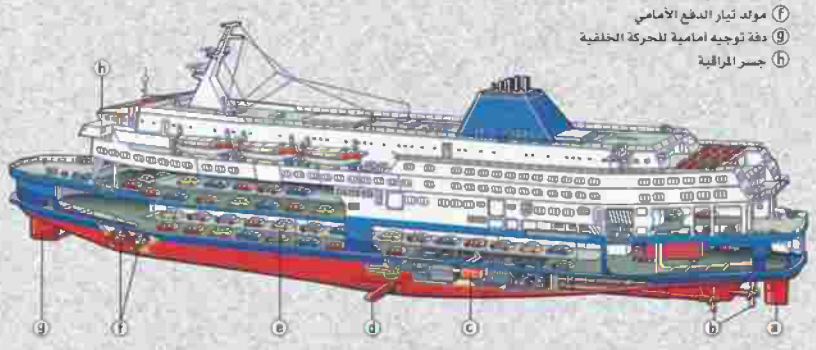
❶ تحميل وتفريغ نقل الحمولات ذاتية الحركة



السيارة الداخلة في اليمين
هي للنقل الخاص

❷ مقطع في عبارة الحمولات ذاتية الحركة

ⓐ دفة التوجيه الخلفية
ⓑ مراوح دفع السفينة
ⓒ غرفة الآلات ومحركات الديزل
ⓓ أجنحة استقرار
ⓔ أحد الطوابق
ⓕ مولد تيار الدفع الأمامي
ⓖ دفة توجيه امامية للحركة الخلفية
ⓗ جسر المراقبة



عبارات الحمولات ذاتية الحركة

سفن شحن البضائع

الناقلة الحديثة لشحن قطع البضائع (الطرود، قطع الأمتعة، البضاعة المحزومة) هي في الوقت الحالي السفينة المخصصة فقط لنقل الحاويات. خلافاً للبضاعة السائبة كالقمح والفلزات القابلة للكب أو القلب أو الضخ، توضع قطع البضائع في حاويات، ثم تنقل فيها. إن من أكثر الحاويات شيوعاً وذات الأبعاد القياسية عالمياً هي حاويات العشرين قدم (١قدم = ٠,٣٣م).

تعادل هذه الحاوية بأبعادها (حوالي ٦ م طول × ٢,٤٤م عرض × ٢,٦ م ارتفاع) وحدة نقل ٢٠ قدم (Unit = TEU – Equivalent – Foot – Twenty). تصمم سفن النقل الداخلي والسفن البحرية وكذلك أيضاً السيارات الشاحنة وعربات القطارات بشكل يتلاءم مع أبعاد تلك الحاويات من أجل استيعابها وحملها ونقلها.

نقل الحاويات ❶ ❷

يتم تحميل سفن نقل الحاويات من مكان تجميع الحاويات بالقرب من رصيف الحاويات في الميناء (الشكل ١). ترفع الحاوية على سفينة نقل الحاويات بواسطة إطار رفع خاص يسمى Spreadr متصل بواسطة كوابل مع رافعة زرافية طويلة السهم (الشكل ٢). يكون الجزء الأمامي من رافعات التحميل قابلاً للقلب أو الدوران حول مفصل حتى تتمكن السفن عالية الجسور من الوصول من دون عائق إلى رصيف التحميل في الميناء. يوجد على الزوايا الأربع لإطار رفع خوابير دوارة (أقفال فتل) تدخل هذه الخوابير في فتحات الحاوية المخصصة لذلك، ويمكن أن تقفل بالتحكم عن بعد. تقوم عناصر تحكم قابلة للقلب تسمى الزعانف (Flipper) بدفع الحاويات إلى الجانب. تحت ظهر السفينة تُدفع الحاويات ضمن هيكل شبكي فولاذي يسمى دليل الحاوية (Cell-Guide)، وعلى ظهر السفينة تربط الحاويات بإحكام مع بعضها بمزلاج ضمن تجهيزات خاصة. تم تصميم تجهيزات التثبيت بحيث تتحمل هيجان البحر القوي.

تسير سفن نقل الحاويات العاملة في البحر على خطوط عالمية محددة، بحيث تصل البضاعة إلى هدفها بسرعة. وعندما يُراد تنزيل حاوية موجودة في مكان أسفل الحاويات الأخرى، يجب تنزيل جميع الحاويات الموجودة فوقها على الأرض ثم تحميلها من جديد، أو أن يعاد ترتيبها على ظهر السفينة. وبسبب سرعة التحميل الضخمة فإن مبدأ التخزين العشوائي هذا ما يزال أكثر فعالية واقتصادية من ترتيب الحاويات حسب مواقع الأهداف. قاد نقل البضائع بالحاويات إلى إعادةٍ كاملة للبنية التحتية وأيضاً لبناء مواقع المناولة. فالمستودعات القديمة (أحواض السفن) تبقى فارغة وبالتالي يجب جرفها، أو استخدامها لأغراض أخرى. أنشئت على البحر مباشرة أرصفة جديدة للحاويات بمساحات كبيرة لتصير مسافة الدخول والخروج لسفن الحاويات ما أمكن (مثلاً ميناء روتردام الأوربي). يلزم من أجل تعبئة وتفريغ قطع بضاعة وزنها (١٠٠٠٠) طن في سفينة شحن تقليدية حوالي عشرة أيام، بينما يلزم لنفس الكمية باستخدام الحاويات وسفن نقل الحاويات في أوروبا يومان كحد أعظمي.

سفن نقل السوائل:

تستخدم سفن خاصة لنقل المواد السائلة تدعى الخزانات Tanker =، ينقل فيها غالباً النفط الخام، ومشتقات البترول، وكذلك أيضاً زيت الطعام، والغاز السائل، والأحماض، وغيرها.

مبدأ تصميم سفن نقل البترول 3

تعرف ناقلات البترول عن بعد بشكل جيد، لأنه لا يوجد على متنها وسائل مناولة (مثل رافعات الشحن والتفريغ، أو أذرع الرافعات) وبنفس الوقت فإنها ذات سطح منخفض نسبياً، بحيث يمكن للأمواج العالية أن تشطف ظهر السفينة. لذلك ولأسباب أمنية يوجد في منتصف السفينة جسر للمرور ذو أرضية مرتفعة. يعد تصميم الخزانات حاسماً في استقرار سفن نقل السوائل. يجب أن تكون مساحات

الخزانات غير كبيرة، لأنه عند الحركات المضطربة للسفينة قد يؤدي دفق السائل ذهاباً وإياباً داخل الخزانات إلى انقلاب السفينة. لهذا السبب يقسم الخزان بجدران عرضية إلى خلايا متعددة وبألواح فصل من الصفيحة داخل الخلايا (الشكل ٣). في السفن الجديدة المعدة لنقل السوائل يصنع الغلاف الخارجي من جدار مضاعف لتقليل خطر الضربات التي قد يؤدي إلى ثقب الخزان.

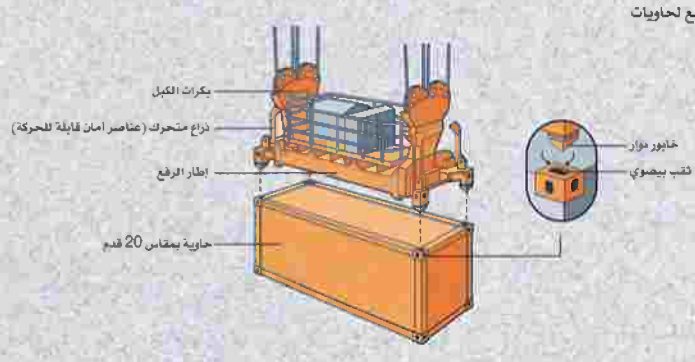
ناقلات النفط العملاقة:

تبنى منذ الخمسينات من القرن العشرين ناقلات نفط كبيرة وبسعات متزايدة باستمرار، لتغطية كثرة الطلب المتنامية بسرعة فائقة على النفط الخام. ففي عام ١٩٨٠ تم الوصول إلى سعة حمولة نصف مليون طن. من وجهة نظر فنية يمكن بناء سفن أكبر من ذلك، إلا أن عمق الماء (٢٠ متر كحد أعظمي) لأهم الخطوط البحرية (بحر المانش، وممر ملاوي المائي) يحد من ذلك.

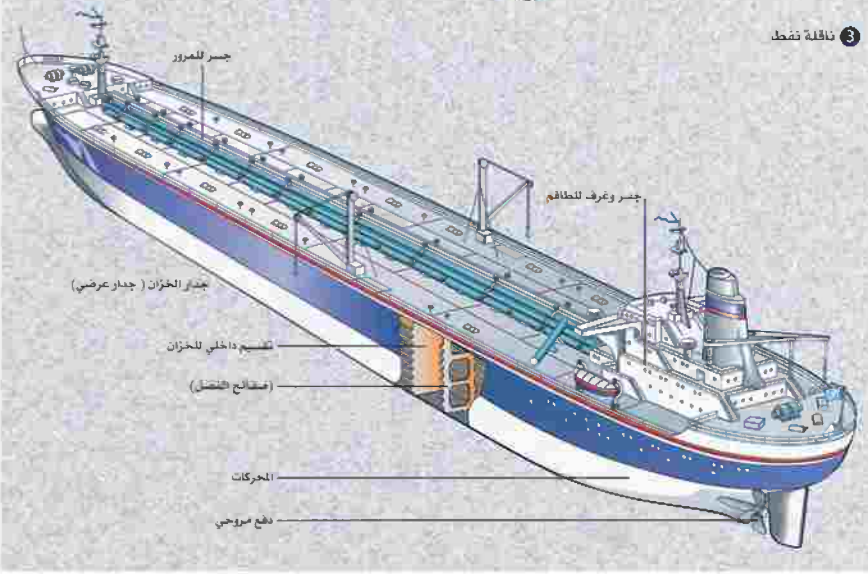
من الصعب جداً المناورة بالناقلات العملاقة، وبالكاد يمكن تنحيتها عن مسارها، وتبلغ مسافة الفرملة ١٠ كم. على سبيل المثال يعبأ الزيت الثقيل بواسطة مضخات قوية على اليابسة، وعند تفريغ الحمولة يجب أولاً تسخين الزيت الثقيل صعب الانسياب حتى يصبح قابلاً للضخ بواسطة أنابيب بخار تضوع في الخزانات. وعندما يصبح الزيت الثقيل سهل الانسياب بشكلٍ كافٍ يجب تشغيل المضخات الموجودة على متن الناقلة لأن المضخات الأرضية لا تملك استطاعة سحب كافية. بعد تفريغ الزيت الثقيل يجب تنظيف الخزانات بدقة وعناية فائقة لتجنب خطر الانفجار عن طريق أبخرة الزيت.

1 تحميل سفينة حاويات في رصيف الحاويات في الميناء

2 آلة رفع لحاويات



3 ناقلة نفط



سفن الشحن

القوارب المجنحة

في سفن شحن البضائع، أو سفن نقل الركاب التقليدية، التي تغطس جذوعها في الماء بشكل كامل (مبدأ الإزاحة)، تزداد مقاومة الماء بشدة مع تزايد السرعة. تستطيع مثل هذه السفن بالكاد أن تتجاوز مجال السرعة من ١٥-٢٥ عقدة (حوالي ٢٨-٤٨ ك/سا)، حتى لو رُفعت استطاعة ماكينة الدفع. يمكن الوصل إلى سرعات أعلى، إذا استطاعت السفينة أن ترتفع من الماء نتيجة تصنيع الجذع بشكل معين. بعدئذٍ تنزلق السفينة (مثل جميع القوارب الآلية السريعة) فقط على جزء صغيرة من مؤخرة الجذع على موجة المؤخرة الخاصة بها (مبدأ الإنزلاق). كما تمكّن القوارب المجنحة من تحقيق تزايد آخر في السرعة.

مبدأ الجناح الحامل ❶

يُستخدم مبدأ الرفع في القارب المجنح كما في الطائرة (← مبدأ الطائرة) لرفع كامل القارب من الماء بعد سرعة حدية معينة. وبذلك تصبح المساحة المبللة بالماء وبالتالي مقاومة الماء صغيرة جداً. بعدئذٍ يمكن أن تصبح السرعة النهائية عالية بالمقارنة مع استطاعة دفع منخفضة. خلافاً لما في الطائرات تكون الأجنحة الحاملة صغيرة نسبياً، لأن الوسط المائي يحقق قوى رفع أكبر بالنسبة لواحدة المساحة بالمقارنة مع الهواء. لذلك تكون أيضاً «سرعة الإقلاع» بالمقارنة مع الطائرات أصغر بكثير، وهذا يعني: أن القوارب المجنحة تخرج من الماء عند سرعات منخفضة نسبياً (حوالي ١٥ عقدة = ٢٥ حركة). تؤثر على الجناح الحامل داخل المادة قوة هيدروديناميكية H (هيدرو = ماء، ديناميك = حركة)، والتي يمكن تحليلها إلى قوة المقاومة W وقوة الرفع A (الشكل ١). حالما تصبح قوة الرفع من خلال السرعة المتنامية أكبر من إزاحة السفينة (قوة ثقلها) يرتفع الجذع من الماء. وعند الارتفاع تتناقص مساحة الجذع المبللة بالماء، وتستمر المقاومة بالتناقص، وتصبح السرعة أكبر وهذا يقود من جديد إلى تزايد قوة الرفع، التي تُخرج بعدئذٍ جذع السفينة من الماء بشكل كامل حتى لا يبقى منزلقاً في الماء سوى الأجنحة الحاملة فقط.

بناء وتصميم القارب المجنح ❷

يمكن مقارنة الجذع المغمور بالماء لقارب مجنح مع قارب آلي تقليدي (أرضية مسطحة، وغاطس خفيف الوضوح). في الميناء وأثناء الجريان البطيء يغطس القارب المجنح كأية سفينة إزاحة أخرى حتى خط الماء. يركب تحت الجذع دعامات متينة، يثبت عليها الجناحان الحاملان بشكل عرضي على اتجاه السير. يتم الدفع إما بواسطة مراوح سفن تقليدية عن طريق أعمدة طويلة متعددة الدعامات (الشكل ٢)، أو حسب مبدأ الصدمة الارتدادية (السهم النفاث). في مبدأ الصدمة الارتدادية يُسحب الماء من مقدمة القارب، ثم يُنفث بضغط عال عبر نفاثة من المؤخرة.

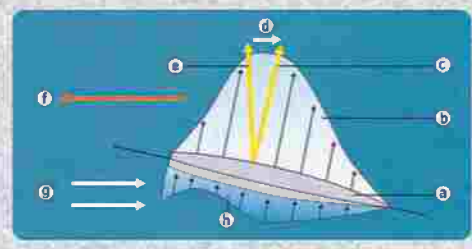
يحدد شكل وتصميم الأجنحة الحاملة استقرار السفينة عند هيجان البحر وارتفاع الموج، وأثناء الانعطاف، وفي الرياح القوية. أثناء الانعطاف يجب أن تؤثر قوة مصححة لتحافظ على استقرار القارب، وكذلك يجب على نظام الأجنحة الحاملة «اصطياد» تخميد الاهتزازات والاضطرابات الناشئة عن هيجان البحر وارتفاع الموج. تستخدم - كأسهل نظام - الأجنحة ذات الشكل الشبه المنحرف أو المنحني أو على شكل حرف V، حيث تؤمن هذه الأشكال استقراراً ذاتياً. عندما تميل السفينة إلى جهة ما، أو تغطس أكثر في المقدمة أو المؤخرة، عندها تنمو أيضاً المساحة المغمورة من الأجنحة الحاملة وبالتالي تزداد قوة الرفع، وتعود السفينة من جديد إليحالة التوازن، فضلاً عن ذلك تستخدم أجنحة حاملة متعددة السطوح وتركب أجنحة حاملة قابلة للتوجيه في زاوية الورود.

حدود القوارب المجنحة ❸

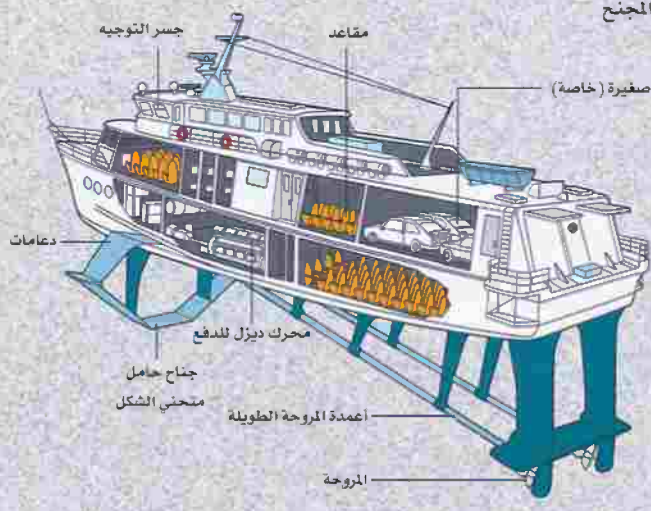
يمكن لقوى مقاومة الماء عند الغطس المفاجئ للأجنحة أثناء السرعة العالية، وهيجان البحر وارتفاع الموج أن تؤدي إلى تحطيم هيكل الأجنحة الحاملة، بحيث أن القوارب المجنحة لا تستطيع الارتفاع إلا في المياه الراكدة فقط، أما عند الأمواج العالية يجب على هذه القوارب الإبحار كالسفن العادية في رحلة إزاحة (أي من دون

أن ترتفع). كما تدعو أسباب المتانة أيضاً إلى أن يكون حجم القوارب المجنحة محدودة. لا تزال مشاكل تثبيت الأجنحة الحاملة للسفن الكبيرة جداً مثل سفن النقل عبر الأطلسي عالقة بدون حل. مشكلة أخرى من مشاكل القوارب المجنحة هي نشوء ضغط ناقص كبير جداً على السطوح الحاملة عند السرعات العالية جداً، وبذلك تصبح نقطة غليان الماء منخفضة جداً تؤدي إلى تبخره بشكل انفجاري مقتلعاً جزيئات صغيرة من مادة الأجنحة الحاملة. تدعى هذه الظهرة بالتكهف. لهذه الأسباب تستخدم في الوقت الحاضر فقط قوارب مجنحة بأحجام وإزاحة محدودة (الوزن الكلي ٢٥٠ طن كحد أعظمي). وتستخدم بصورة رئيسية في النقل السريع للركاب في مياه الأنهار والسواحل، وتصل إلى سرعات حتى ٨٠ عقدة أي ١٥٠ كم/سا (الشكل ٣).

1 توزع القوى على الجناح الحامل



2 بنية القارب المجنح



3 قارب مجنح يجر بسرعة
(عند الابحار السريع)

القوارب المجنحة

القوارب الشراعية

ظل استخدام قوة الرياح على مدى آلاف السنين إمكانية التحريك الوحيدة والفعالة للسفن عبر المسافات الطويلة، حتى اخترعت الآلة البخارية. حالياً يُمارس ركوب القارب الشراعي بالدرجة الأولى كرياضة.

بنية القوارب الأحادية الصاري ❶

تعد القوارب الشراعية الحالية من المنتجات ذات التقنية العالية. تستخدم مواد جديدة مثل اللدائن المقواة بالألياف الزجاجية مع التقسية بالكربون، والألمنيوم خفيف التشكيل، ومواد ربط (مثل كيفلار Kevlar). غالباً ما يكون القارب الشراعي الحديث (الشكل ١) ذا صارية واحدة مزودة بشراع مثلثي كبير وعال، وبشراع المقدمة (شراع أمامي للعاصفة، آخر شراع في المقدمة، شراع التحديد الأول، شراع التحديد الثاني، وهكذا...). هذا النمط من تجهيز الشراع، أي مبدأ التجهيزات (جميع المعدات الضرورية لاستغلال طاقة الرياح للإبحار في القارب الشراعي) وبناؤها وطريقة عملها تدعى جمعيها تجهيزات القارب الشراعي الأحادي الصاري. تعمل مجموعة من الكوابل (أسلاك معدنية مجدولة) والحبال على استقرار الصارية، حيث تشد الصارية في الجهة الطولية للسفينة بكبلين (كبل أمامي وكبل خلفي) وعلى جانبي السفينة بحبال، تشد الكوابل والحبال إلى حلقة معدنية أو خشب مدور مثبت على الصارية. يتم تخديم (تحريك) الشراع الكبير والأشرعة الأمامية بواسطة حبال لتغيير وضعيتها (لتشكيل مصدات عرضية) لوضع القارب الشراعي على الاتجاه المطلوب (توجيه الشراع). من خلال تصغير مساحة الشراع (التقصير) و/أو من خلال تبديل أشرعة المقدمة يمكن السيطرة على قوى الرياح من على ظهر القارب.

الإبحار بالقارب الشراعي بعكس اتجاه الرياح ؟ ❷

من خلال مقاومة الهواء التي يبديها الشراع ضد اتجاه الريح تنشأ قوة (تأثير الازدحام). يُدفع القارب على الماء باتجاه الريح. المقاومة الوحيدة التي تعيق حركة

القارب هي مقاومة الماء له (عمق الغاطس، وكمية المساحة المبللة بالماء، إلخ..). تتحرك جميع القوارب الشراعية نوعاً ما بسرعة وبشكل جيد عند الإبحار مع اتجاه الرياح وفي الرياح مائلة (الرياح تأتي نوعاً ما من الخلف). على العكس من ذلك عند الإبحار في اتجاه متعامد مع اتجاه الريح «مع نصف الريح» حتى الاتجاه المعاكس للريح «في وجه الريح» (الريح تأتي من الجانب، أو بشكل كامل من المقدمة). هنا يلعب الدور الحاسم شكل المقطع العرضي للشراع - مسألة تحريك غازات - وشكل أجزاء القارب المغمورة بالماء (الغاطس، والسيف)- مسألة تحريك سوائل. يستطيع القارب الشراعي أن يبحر بعكس الريح فقط لأن الشراع يعمل بشكل مشابه للجناح الحامل في الطائرة. يقطع الهواء على طول الجهة الخارجية للشراع مسافة أطول منها على طول الجهة الداخلية. وطبقاً لذلك تكون سرعة الهواء في الجهة الخارجية أعلى منها في الجهة الداخلية، حيث تنشأ قوة رفع دفع أي: في الداخل يتولد ضغط زائد (جزيئات هواء أكثر بالنسبة لواحدة المساحة)، وفي الخارج ضغط ناقص (جزيئات هواء أقل بالنسبة لواحدة المساحة). تؤثر قوة الرفع هذه بشكل عمودي تقريباً (حوالي ٩٠ درجة) على وضعية الشراع (الشكل ٢). فقط جزء قليل من هذه القوة يحرك القارب نحو الأمام. المركبة الاخرى للقوة (القوة بالاتجاه العرضي أو قوة الإزاحة عن المسار) ستدفع بالقارب جانباً، إذا لم يوجد غاطس أو سيف في الماء يمنع ذلك. تؤثر ما يسمى بالرياح الظاهرية في وضع القارب بشكل حاسم. إذا أبحر القارب بزاوية ٦٠ درجة على اتجاه الريح الحقيقية، سوف ينشأ على ظهر القارب الشراعي اتجاه ريح يقع بين الريح المواجهة مباشرة من الأمام والريح الحقيقية (الشكل ٢). هذه الريح الظاهرية هي أشد قوة من الريح الحقيقية عند الإبحار بعكس اتجاه الريح، وهي تقرر وضعية وسرعة القارب الشراعي (الشكل ٣). بناءً على ما تقدم يبلغ القارب الشراعي السرعة العظمة عندما تكون قوة الرياح ٧ عقد (١٢ كم/سا) وجهة الإبحار تقع بين الزاوية ٦٥ درجة و٨٥ درجة على اتجاه الريح الحقيقية أي عند مواجهة الرياح بشكل خفيف. ينشأ عن قوة الرياح في الشراع،

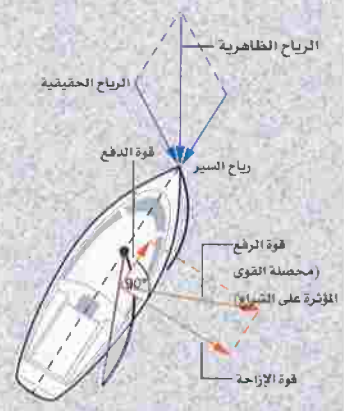
وقوة رد فعل الماء على الغاطس والسيف عزم دوران حول مركز ثقل القارب ليتركز على الجانب (الجنوح). إذا لم يملك القارب ثقل موازنة كافٍ مثل كتلة من الرصاص تثبت في الغاطس أو عن طريق تحريك الشراع أو التجديف من قبل طاقم القارب (أي زلق مركز الثقل)، فيمكن أن ينقلب القارب (ينقلب على جانبه). وعليه يتعلق استقرار القارب بشكل جوهري بارتفاع مركز ثقله الكتلي فوق خط الماء، وبعرض القارب، وبثقل الموازنة.

المناورة بالقارب الشراعي ❸

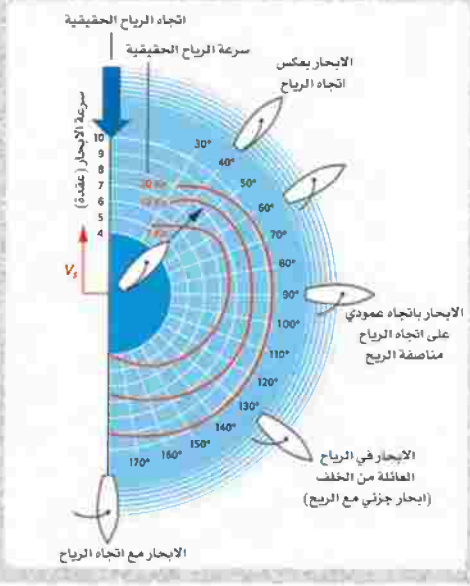
طالما أن القارب الشراعي لايستطيع الإبحار بعكس الريح، فعليه إذاً أن يتقاطع مع اتجاهها. لذلك يجب السير ضمن دورات، حيث يتم توجيه مقدمة القارب باتجاه الريح (مجابهة الريح)، حتى يرفرف الشراع (قتل الشراع «الشراع يرفرف كالطير المذبوح»)، تبقى مقدمة القارب باتجاه الريح، والتي تدفع بالقارب بعيداً (سقوط القارب) حتى تقف الأشرعة - في حالة الإبحار بعكس اتجاه الريح - على نهاية القارب الأخرى بشكل صحيح. أما في الإبحار مع اتجاه الريح فيتم السير ضمن لفات أو حلقات حتى يتم تغيير الاتجاه. وعند الالتفات لا بد من السير أولاً باتجاه تكون فيه الريح قادمة من الخلف تماماً. تُشد الأشرعة بشكل ملاصق إلى الذراع الكبير، وبعد ذلك يتم التوجيه بالدفة، وتدور مؤخرة القارب باتجاه الريح. بنفس الوقت يتم فتح الشراع الكبير بحذر (إرخاء الحبل). وفي الإبحار مع اتجاه الريح يمكن أن يؤدي هيجان البحر (النوء القاسي)، وأخطاء التوجيه إلى الالتفات الإجباري (حلقات مخترعة Patenthalsen)، والتي يمكن أن تؤدي إلى أضرار جسيمة في الصارية والذراع والحبال.

❶ قارب شراعي بطول 10 م مع تجهيزات

❷ الرياح والقوى المؤثرة على القارب الشراعي



❸ سرعات القارب الشراعي في الاتجاهات المختلفة



القوارب الشراعية

الغواصات

بصرف النظر عن غواصات الأبحاث، فإنها تستخدم بشكل حصري تقريباً لأغراض عسكرية. من الصعب تحديد مكان الغواصات الغاطسة في الماء. تعمل الغواصات الكبيرة غالباً لعدة أسابيع تحت الماء دون أن تطفو، ويمكنها الغوص مثلاً تحت جليد منطقة القطب المتجمد الشمالي.

بناء الغواصة ❶

الجزء الرئيسي في الغواصة هو جسم الضغط «الغلاف المقاوم للضغط» (الشكل ١)، وهو ذو مقطع عرضي دائري الشكل، لأن البناء وفق هذا الشكل أكثر مقاومة للضغط. يسلح كامل جسم الضغط بإطارات دائرية صلبة حتى يتمكن من مقاومة الماء المحيط به. يوجد على امتداد جسم الضغط مختلف الفتحات إلى خارج الغواصة: أنبوبة الطوربيد وعناصر إحكام فتحة عمود مروحة الدفع «أنبوبة ستيفن» والفتحات التي من خلالها يتم الصعود على ظهر الغواصة، أو إلى البرج المتوضع إلى الأمام قليلاً فوق منتصف الغواصة. تم ترتيب مكان خلايا الغطس في مقدمة ومؤخرة الغواصة. إن شكل الجذع في الغواصات الحديثة يشبه شكل القطرة، لإبداء أقل مقاومة ممكنة للماء أثناء الغوص تحت الماء. يستخدم البرج على جذع الغواصة أثناء الإبحار فوق سطح الماء كمنصة خدمة ومراقبة (جسر). يوجد في جسم الضغط كل شيء يجب حمايته من الضغط، مثل مجموعات محركات الدفع، والأجهزة، أو الأسلحة للوظيفة التي أعدت من أجلها الغواصة. ولتمكين الأشخاص من العيش والإقامة داخل الغواصة، فلا بد من توفير دورات مياه وإمكانيات للاستحمام إلى جانب غرف المعيشة والنوم والعمل، وكذلك مطبخ الغواصة. أثناء الإبحار على سطح الماء يُجدد الهواء المستهلك باستمرار من الخارج، وعند الغوص تحت سطح الماء بقليل يتم تجديد الهواء عن طريق أنبوب الاستنشاق، أما أثناء الغوص في الأعماق، فينقى الهواء من غاز ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية

كيميائية، ويتم إغناؤه بالأكسجين النقي المحمول باسطوانات الضغط، أو الذي يتم الحصول عليه من التحليل الكهربائي لمياه البحر.

مبدأ الغواصة ❷

يعتمد عمل الغواصات على مبدأ دافعة أرخميدس (← مبدأ السفن). طالما أن الغواصة تزيح أكثر من وزنها ماء، أي طالما بقيت خلايا الغوص فارغة، فإن الغواصة تطفو على سطح الماء (الشكل ٢ أ). فعملية غوص الغواصة هي إذاً عملية غرق محكمة تحت السيطرة، وتتم من خلال ملء خلايا الغطس بالماء. تتألف عملية إبحار الغواصة من مناورات مختلفة.

الغوص «الغطس» في الماء (الشكل ٢ ب) :

تفتح فوهات تنفيس خلايا الغطس، ويتدفق الماء من الأسفل إلى داخل الخلايا طارداً منها الهواء.

تصبح الغواصة أثقل من كمية الماء التي تزيحها، ثم تغوص. يتم تعديل وزن الغواصة بواسطة خلايا التحكم والموازنة، حيث يتطابق وزن الغواصة مع وزن كمية الماء التي تزيحها، وهنا توجد الغواصة في حالة تعليق. إضافة لذلك تساعد حركات دفات العمق (الغطس) وخلايا الموازنة في إبقاء الغواصة على العمق المرغوب فيه.

الغوص تحت سطح الماء بقليل (الشكل ٢ج) :

في الإبحار تحت سطح الماء تملأ خلايا الغوص فقط إلى مستوى تصل معه الغواصة إلى ما تحت سطح الماء بقليل، وعلى عمق المنظار. تستخدم عمليات الإبحار تحت سطح الماء خاصة في الغواصات العاملة على محركات ديزل من أجل إعادة شحن البطاريات، وبشكل عام من أجل مراقبة الجو البحري عن طريق المنظار (البيروسكوب).

الغوص العميق (الشكل ٢د):

كلما كان بناء الغواصة أكثر متانة، كلما استطاعت الغواصة أن تغوص أكثر عمقاً. تتم حماية الغواصة من ضغط الماء في الأعماق السحيقة بواسطة جسم «غلاف» الضغط. يزداد الضغط لكل ١٠ متر عمق غوص بمقدار ١ بار، أي على عمق ١٠٠ متر يسود ضغط مقداره ١٠ بار، وهذا يعادل ١٠٠ طن/م٢. لذلك لا تستطيع سوى الغواصات ذات البناء القوي جداً أن تتغلغل إلى الأعماق السحيقة (على سبيل المثال غواصة الأبحاث «تريستا: Trieste» تغوص حتى عمق ١١٠٠٠م).

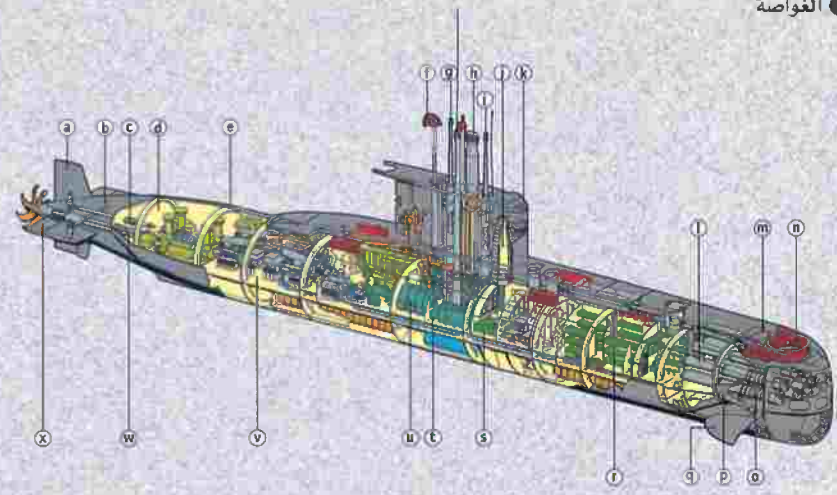
الصعود من الغوص والطفو (الشكل ٢ هـ):

بداية تُدفع الغواصة من جديد إلى سطح الماء بواسطة دفات الأعماق (الطفو الديناميكي)، ومن ثم يتم تخفيف وزن الغواصة من خلال تفريغ خلايا الغطس بالهواء المضغوط حتى تطفو على سطح الماء.

دفع الغواصات:

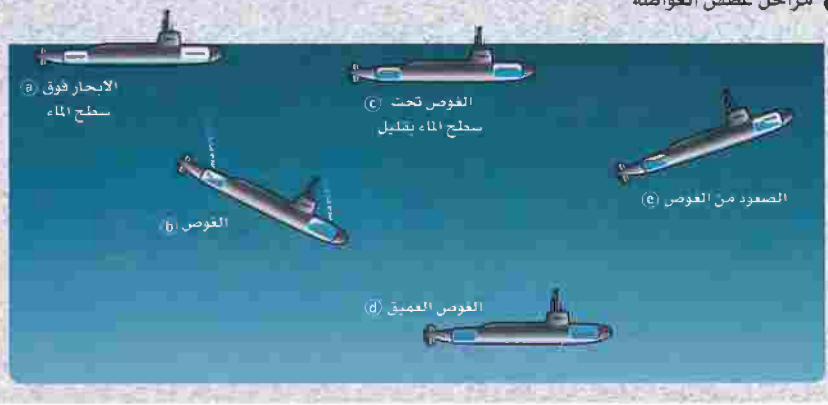
تملك الغواصات التقليدية كوسيلة دفع محرك واحد أو عدة محركات ديزل، والتي إما أن تدير مباشرة مروحة أو مراوح الدفع، و/أو تشغل مولداً كهربائياً لشحن مجموعة المدخرات التي تغذي محركات الدفع الكهربائية. تجهز الغواصات الكبيرة بمفاعلات نووية لإنتاج البخار المحمص الذي بدوره يشغل العنفة. يسمح هذا النوع من الدفع بتحقيق مدى غوص واسع. وعند انهيار الغواصة، فإنه ينشأ في الغواصات النووية خطر التلوث الإشعاعي لمساحات واسعة من مياه المحيطات من خلال المواد المشعة في المفاعل. وفي أعماق المياه السحيقة أو تحت جليد بحر القطب الشمالي تكون عملية الإنقاذ من الناحية التقنية صعبة جداً أو مستحيلة.

1 الغواصة



ⓐ زعانف توجيه
ⓑ خلية الغطس الخلفية
ⓒ محرك التوجيه الهيدروليكي
ⓓ خلايا الموازنة
ⓔ جسم الضغط
ⓕ هوائي الرادار
ⓖ المنظار
ⓗ صارية انبوب الاستنشاق
ⓘ منظار
ⓙ دهليز الصعود
ⓚ البرج
ⓛ انبوبة الطوربيد
ⓜ مخرج جهاز سونار
ⓝ قاعدة جهاز سونار السلبية
ⓞ خلية الغطس الامامية
ⓟ خلايا الموازنة
ⓠ دفة الغطس الأمامية
ⓡ غرف معيشة
ⓢ مطعم
ⓣ غرفة العمليات
ⓤ غرفة اللاسلكي والاتصالات
ⓥ غرفة علبة السرعة والآلات
ⓦ عمود المروحة
ⓧ دفة الغطس الخلفية

2 مراحل غطس الغواصة



الغواصات

مبدأ الطائرة

حتى تحلق الطائرات التي هي أثقل من الهواء وتكسب ارتفاعاً، يجب أن تؤثر على الطائرة قوة تعاكس قوة وزنها، وتساويها على الأقل. يتم توليد قوة الرفع هذه (الرفع اختصاراً) عن طريق السطوح الحاملة (الأجنحة) والمصممة بحيث ينشأ عن جريان الهواء ضغط ناقص على الجهة العليا للسطوح الحاملة وكأنه «يمتص» الطائرة نحو الأعلى.

توليد قوة الرفع ❶

لتوليد ضغط ناقص على الجهة العليا للسطوح الحاملة تم تصميم مقطع (بروفيل) الجناح الحامل على شكل قبة. فعندما تتحرك الطائرة نحو الأمام يتدفق الهواء من الأمام على الجناح الحامل (الشكل ١)، وبذلك ينقسم تيار الهواء إلى قسمين. الجهة السفلية من الجناح الحامل مقوّسة قليلاً، لذلك يستطيع الهواء هنا أن يتدفق عليها من دون اضطراب نسبياً. وعلى الجهة العليا الشديدة التحدب من الجناح الحامل ينزاح الهواء ويغير اتجاهه وبذلك عليه أن يقطع طريقاً أطول. من خلال ذلك ترتفع السرعة. ووفق قانون الجريان في علم السوائل (معادلة برنولي) يؤدي ارتفاع السرعة في حالة الغاز إلى هبوط في الضغط. بسبب سرعة الهواء العالية على الجهة العليا (جهة الامتصاص) يتولد ضغط أقل من الضغط على الجهة السفلية (جهة الضغط) فيرتفع الجناح نحو الأعلى. قوة الرفع Fa يمكن أن تحسب بواسطة معامل الرفع Ca الذي هو عبارة عن رقم لابعدي ويتعلق بشكل وزاوية ميل الجناح الحامل، وكذلك بسرعة جريان الهواء: حيث:

$$Fa = Ca \times 1/2 \times P \times V2 \times Atf$$

P هي كثافة الهواء، وV هي سرعة جريان الهواء، Atf هي مساحة السطح الحامل المولد للرفع.

المقطع العرضي للجناح الحامل ❷ ❸

شكل مقطع الجناح، وزاوية ميل الجناح (زاوية هجوم الجناح، أو زاوية ورود الهواء) مقابل جريان الهواء هما المؤشران الحاسمان في توليد فرق الضغط وقوة الرفع. عن رطيق الأجنحة الحاملة المحدبة بقوة يمكن - حتى في سرعات الجريان الصغيرة - توليد فروق في الضغط كبيرة نسبياً بين الجهة العليا والجهة السفلى للجناح الحامل، وتنشأ قوة الرفع اللازمة التي تحمل أيضاً طائرات ثقيلة نحو الأعلى عند توفر الأجنحة المناسبة. تتعاظم فروق الضغط وبذلك قوى الرفع عندما تزداد سرعة الطائرة. تتناسب قوة الرفع طرداً مع مربع سرعة الجريان، هذا يعني عندما تتضاعف السرعة تزداد قوة الرفع أربع مرات. لذلك تحتاج الطائرات المعدة للسرعات العالية إلى أجنحة حاملة صغيرة نسبياً وقليلة التحدب.

يتم اختيار مقطع الجناح الحامل حسب هدف استخدام الطائرة. وتزود الطائرات المعدة للسرعات المنخفضة (مثل الطائرات الشراعية والطائرات المروحية) بأجنحة حاملة سميكة شديدة التحدب والتي تولد أيضاً في الطيران البطيء قوة رفع كبيرة. إلا أن من مساوئ الأجنحة السميكة المقاومة الكبيرة للجريان، ولا تسمح بالسرعات العالية. لذلك تمتاز الطائرات ذات السرعات التي تفوق سرعة الصوت بأجنحة حاملة رقيقة قليلة التحدب، ومقاومة جريان قليلة، إلا أنه يجب عليها عند الإقلاع أولاً أن تصل إلى سرعات كبيرة قبل أن تحلق وترتفع عن الأرض. حتى تكون الطائرات مناسبة بنفس الدرجة للسرعات العالية أثناء الرحلات، وللسرعات المنخفضة في الإقلاع والهبوط، يجب أن يكون مقطع الجناح الحامل أثناء الطيران قابلاً للتغيير. إحدى الطرق المستخدمة مثلاً في الطائرات النفاثة هي وجود بوابات «أجزاء» متحركة في جبهة ومؤخرة الأجنحة الحاملة (الشكل ٢). عند الإقلاع والهبوط (الشكل ٣) تبرز هذه الأجزاء، وبالنتيجة تُنتج تحدباً كبيراً للأجنحة الحاملة، وأثناء الطيران العادي في الرحلات يُصغّر الجناح الحامل ويُمدّد (يسوّى) للتقليل من تحدبه عن طريق تراجع البوابات.

قيادة الطائرات 4

لا يجب على الطائرة توليد قوة الرفع الضرورية فقط، وإنما يبج عليها أيضاً أن تكون قابلة للقيادة بأمان. ولأنها قابلة للحركة حول ثلاثة محاور، يمتلك الطيار ثلاثة أجهزة للقيادة (الدفات) التي تؤثر منفصلة على دوران الطائرة حول كل محور (الشكل ٤). ولإبقاء الطائرة في الاتجاه المرغوب فيه يحرك الطيار عادة عن طريق الدواسات بالقدمين دفتي التوجيه الجانبيتين، وبذلك يتم التأثير على دوران الطائرة حول المحور الشاقولي. من خلال سحب أو ضغط عصا التوجيه أو ما يسمى قرن التوجيه يشغل الطيار دفات التوجيه العلوية، التي بها يوجه الدوران حول المحور العرضي، وبذلك ترتفع أو تنخفض الطائرة. تشكل الدفات العلوية والدفات الجانبية جزءاً من آلية التوجيه. أخيراً يمكن أيضاً بواسطة الدفات العرضية التأثير على دوران الطائرة حول المحور الطولي. توجد الدفات العرضية في نهايات الأجنحة الحاملة وتُشغَّل عن طريق تحريك ذراع التوجيه أو قرن التوجيه، وتمكّن من إمالة الطائرة جانباً. ومن خلال التشغيل المتزامن للدفات الجانبية والدفات العرضية يمكن الطيران على منحنيات طيران حادة.

❶ تدفق الهواء والقوى على جناح طائرة حامل

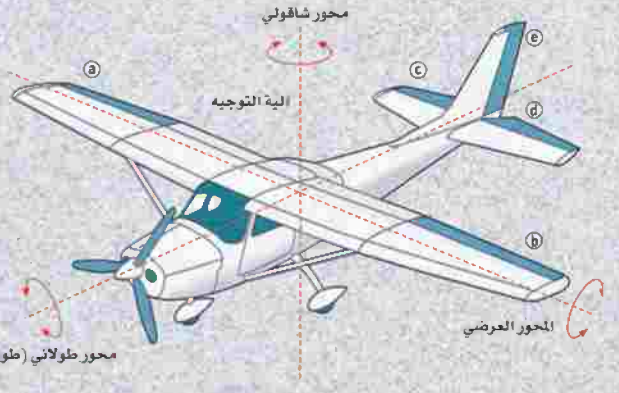
❷ تغير مقطع الجناح عن طريق البوابات

ⓐ بوابات مغلقة

ⓑ بوابات مفتوحة

❸ طائرة مع فتحات هبوط مفتوحة

❹ تجهيزات توجيه الطائرة (الدفات)



الحركة حول المحور الطولاني

ⓐ الدفة العرضية اليمنية
ⓑ الدفة العرضية اليسارية

الحركة حول المحور العرضاني

ⓒ دفة الارتفاع اليمينية
ⓓ دفة الارتفاع اليسارية

الحركة حول المحور الشاقولي

ⓔ الدفة الجانبية

مبدأ الطائرة

الطائرات المروحية

استخدمت المراوح لدفع الطائرات منذ أول طيران بمحرك آلي للأخوين رايت Wright في عام ١٩٠٣. بغض النظر عن مراوح الضغط نادرة الاستخدام، والتي تؤثر - كما في السفينة - على مؤخرة الطائرة، فإنه من الشائع إيجاد المراوح مع المحركات في مقدمة الجذع أو على الأجنحة الحاملة. (تسمى المروحة بالألمانية = Luftschraube وتترجم حرفياً: برغي هواء) يمكن للمرء أن يتخيل المروحة الدائرة وكأنها برغي له أسنان كبيرة يدور في الهواء، ومن هنا جاءت التسمية برغي هواء. (في العربية: مروحة = الآلة التي تحرك الهواء وتنتج الرياح).

تنتج المروحة الدوارة فروقاً في الضغط تؤدي إلى سحب «امتصاص» الطائرة نحو الأمام. في الواقع تعمل المروحة - من وجهة نظر ديناميك الغازات - كالأجنحة الحاملة في طائرة، والتي تولد أثناء الانسياب في الهواء ضغطاً في الجهة السفلى وامتصاصاً في الجهة العليا. إلا أن القوى الناتجة عن دوران أجنحة المروحة لا تتجه نحو الأعلى، وإنما باتجاه الطيران. تتالف المروحة عادة من ٢ - ٥ شفرات منفصلة ومرتبة بشكل متناظر.

المحركات المكبسية:

في بداية الطيران استخدمت فقط محركات مكبسية تعمل على مبدأ أوتو، كالتي استخدمت في السيارات. قاد الطلب المستمر على طائرات أكبر وأسرع إلى محركات مكبسية عالية الاستطاعة ذات اسطوانات كبيرة جداً في السعة وكثيرة في العدد.

بما أن المحركات المكبسية عالية الاستطاعة في طائرات النقل والمواصلات مكلفة جداً، وعرضة للاهتراء، وتحتاج إلى صيانة مكثفة، لذلك لا تلقى المحركات المكبسية في هذه الأيام استخداماً إلا في طائرات الرياضة وطائرات الرحلات.

المحركات العنفية المروحية المحركات (PTL) ❶ ❷

تسخر في هذه الأيام محركات مروحية عنفية (محركات نفاثة عنفية مروحية PTL =) لطائرات الشحن والخطوط القصيرة (الشكل ١) في مجال السرعات حتى حوالي ٨٠٠ كم/سا. هذه المحركات ذات استطاعة قوية، واقتصادية، وسهلة الصيانة بسبب بنيتها السهلة نسبياً.

يتألف المحرك النفاث العنفي المروحي PTL (الشكل ٢) من الضاغط، والعنفة، وعمود العنفة مع علبة السرعة، والمروحة. يمتص الضاغط الهواء من الوسط المحيط، ويضغطه بضغطٍ عالٍ إلى غرفة الاحتراق. في غرفة الاحتراق يحرق الهواء مع الوقود (بنزين الطائرات، الكيروسين). جراء التسخين تتمدد الغازات المحترقة وتندفع بسرعة عالية إلى العنفة. تضع هذه الغازات بذلك العنفة في حركة دورانية. تنقل الحركة الدورانية من محور العنفة عبر علبة السرعة إلى المروحة.

وبذلك يستعمل الجزء الأكبر من استطاعة العنفة في دفع الطائرة إلى الأمام. يجب أن يستخدم جزء من الطاقة في تشغيل الضاغط المؤلف غالباً من عدة مراحل.

يفسر أمان التشغيل العالي للمحركات النفاثة العنفية المروحية من العدد المنخفض للأجزاء المتحركة بالمقارنة مع محركات أوتو. من حيث المبدأ يدور فقط محور العنفة وعجلات العنفة والضاغط المرتبطة به. الحركة الدورانية إلى حد ما منتظمة، وهذا يعني فقدان الاهتزازات المعهودة في المحركات المكبسية الناتجة عن حركة الكتل ذهاباً وإياباً.

مقصورة الطائرة ❸

يلعب الوزن ومقاومة جريان الهواء دوراً مؤثراً في بناء الطائرات أقوى منه في بناء السيارات. طورت أول الانفاق الهوائية لدراسة تقانة الجريانات المثالية على جسم الطائرة المؤلف من الجذع، والأجنحة الحاملة، ودفة التوجيه.

طالما يجب تعويض كل وزن مؤثر في الطائرة بقوة نحو الأعلى من خلال استطاعة الدفع، فقد نفذت مقصورة الطائرة بأسلوب بناء خفيف. هذا يعني تقريباً استعمال المعادن الخفيفة واللدائن فقط، وتجنب الأجزاء المصمتة. يحقق أسلوب بناء الجوائز الشبكية، وأسلوب بناء القشريات (الشكل ٣) استقراراً عالياً مع انخفاض في الوزن. في أسلوب بناء القشريات يتلقى الغلاف معظم القوى، ويتلقاها الجائز الشبكي الأنبوبي الداخلي في أسلوب بناء الجوائز الشبكية.

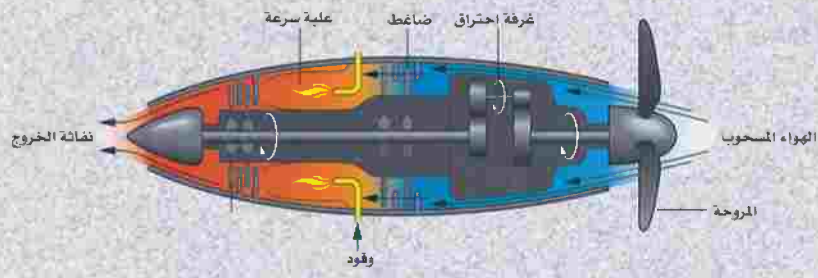
الأمان عن طريق التكرار :

يُسعى في الطيران إلى أعظم أمان ممكن (الأمان أولاً = Safety first). يتحقق الأمان بالدرجة الأولى عن طريق الوجود المتعدد لجميع وسائل الأمان الهامة، حيث يحكى عن الأنظمة المتكررة، غالباً ما تملك طائرات المواصلات عدة محركات دفع لأسباب أمنية بالدرجة الأولى. إلى جانب ذلك توجد جميع المعدات الهامة للتوجيه مرتين على الأقل (مثل وسائل الاتصال، والمولدات الكهربائية، والمضخات الهيدروليكية، والصمامات... إلخ).

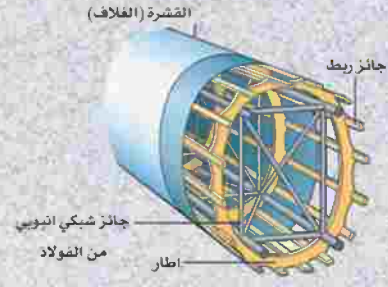
أيضاً في طائرات الرياضة الأحادية المحرك وللوصول إلى الأمان ضد انهيار عمل المحرك، توضع مجموعة الإشعال مرتين، لأنها الأكثر عرضة للاضطراب في محرك أوتو.

1 طائرة حديثة ذات محرك نفاث - عنفي - مروحي

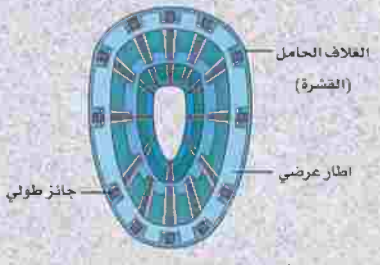
2 مخطط لمحرك نفاث عنفي مروحي



3 أسلوب بناء الطائرة



أسلوب بناء الجوائز الشبكية :
يتم تلقي القوى عن طريق الجائز الشبكي الأنبوبي.
الإطارات والحواجز تساعد في التشكيل.



أسلوب بناء القشريات :
يتم تلقي القوى عن طريق الغلاف
الخارجي المدعم طولياً وعرضياً بصلابة

الطائرات المروحية

الطائرات النفاثة

تتمتع الطائرات في هذه الأيام بالأهمية الكبرى في الطيران المدني والعسكري، فهي تجهز بمحركات نفاثة عنفية، وتحقق سرعات عالية. تصل سرعة طائرات النقل في العصر الحاضر عادة إلى حوالي ١٠٠٠كم/سا.

مبدأ الدفع

يتولد الدفع نحو الأمام المطلوب في الطائرات النفاثة عن طريق تيار غازات العادم. تؤثر الغازات المحترقة المتدفقة من المحرك إلى الخلف بقوة رد فعل على الطائرة موجهة نحو الأمام (الصدمة الارتدادية، الدفع). وكغاز احتراق يستخدم الهواء، الذي يمكن أن يُمتص باستمرار من الوسط المحيط ويحترق مع الوقود في غرفة الاحتراق. من جراء ارتفاع درجة الحرارة عند الاحتراق يحصل تمدد قوي للغازات المحترقة، لذلك تتدفق بسرعة عالية خلال العنفة ونفاثة الدفع.

نموذج (مبدأ) المحركات النفاثة العنفية ❶

من حيث المبدأ تمثل المحركات النفاثة العنفية تبسيطاً لمحرك عنفي مروحي. ونظراً لغياب المروحة وعلبة سرعة المروحة يتألف المحرك النفاث العنفي مبدئياً فقط من الضاغط وغرفة الاحتراق والعنفة. يتم امتصاص الهواء، ثم يضغط ويحرق مع الوقود في غرفة الاحتراق. بينما تستخدم في المحرك العنفي المروحي الغازات المتدفقة من غرفة الاحتراق بشكل كامل لتدوير المروحة، فإن للمحركات النفاثة العنفية فقط عنفات صغيرة تنتج استطاعة تكفي حاجة الضاغط وبعض الأجهزة المساعدة. لذلك تستطيع الغازات الخارجة أن تتدفق عبر النفاثة نحو الخلف إلى حد ما من دون عائق، وأن تنتج الدفع المطلوب. تُمكِّن السرعة العالية لخروج الغازات – والتي يمكن أن تبلغ أضعاف سرعة الصوت – من صنع طائرات نفاثة سريعة جداً. إلا أنه في المحركات النفاثة العنفية الحديثة (الشكل ١) لا يتم إيصال كامل الهواء الممتص عبر غرفة الاحتراق، وإنما يمرر قسم كبير منه في قناة حلقية تحيط بغرفة

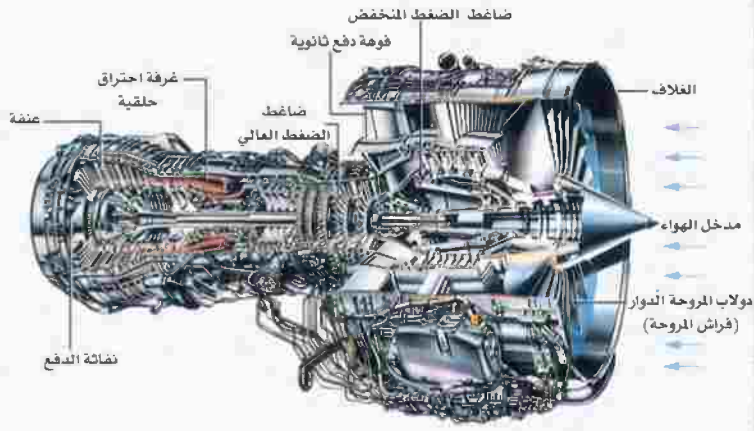
الاحتراق من الخارج، وبعدها يمزج مع الغازات المحترقة في النفاثة. تسخن فقط كمية الهواء في غرفة الاحتراق بالقدر الكافي لتدوير العنفة، وبالتالي الضاغط. محركات الدورة الثنائية أو المحركات ذات التيار المحيطي هذه لها مردود مُحسّن بشكل جوهري مقابل المحركات النفاثات العنفية البسيطة. ولدفع الطائرات الكبيرة الحجم تستخدم محركات نفاثة عنفية ذات دولاب نفخ (محركات تيار محيطي ذات تيار جانبي عالي النسبة). تميز المحركات النفاثة ذات تيار الهواء الجانبي عالي النسبة بدواليب النفخ الكبيرة (مروحة متعددة الريش على شكل دولاب) الموجودة في مدخل المحرك. حوالي ٧٠-٨٠٪ من الهواء الممتص يمرر كتيار ثانوي بارد حول المحرك الحقيقي، ثم تنفث بتسارع عالي في نفاثة دفع ثانوية، ويتولد عن هذا التيار الجانبي الجزء الأغلب من الدفع. وبالإضافة إلى المردود الجيد، والانخفاض في استهلاك الوقود فإن الضجيج الناتج عن الدوران البطيء نسبياً لدولاب النفخ أقل مما هو عليه في أنواع المحركات السابقة.

الطيران الفوق صوتي ❷

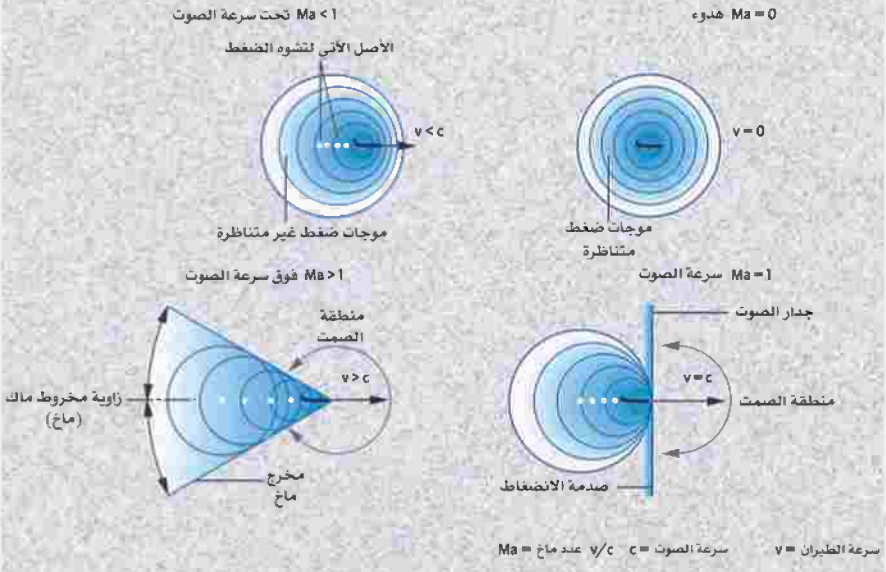
تمكن المحركات النفاثة من الوصول إلى سرعات تفوق سرعة الصوت. إلا أن سرعة الصوت ليس لها قيمة ثابتة، وإنما تتعلق بضغط الهواء وبالتالي بدرجة الحرارة، التي تتناقص باستمرار مع تزايد الارتفاع. قيمة ماخ الواحدية (عدد ماخ = ١ : ١ = Ma) تعطي سرعة الصوت المتعلقة بالارتفاع. فكما تنتج السفن حولها أمواجاً، كذلك تنشأ حول الطائرة اهتزازات هوائية، تنتشر في كل الاتجاهات على شكل أمواج صوتية كروية (الشكل ٢). إذا كانت الطائرة في حالة هدوء، تكون الأمواج الصوتية متناظرة، ومع ذلك يدرك المراقب البعيد اهتزازات ضغط الهواء كضجيج منتظم. وعندما تقترب الطائرة من سرعة الصوت يتناقص باستمرار مجال جبهة الأمواج أمام الطائرة، لأن الطائرة تلحق بالأمواج المنتشرة. وعندما تصل الطائرة إلى سرعة الصوت، تتجمع جبهات الأمواج في جبهة واحدة ذات كثافة عالية تدعى جدار الصوت. المراقب الموجود أمام جدار الصوت لا يشعر باقتراب طائرة،

لأنه موجود في منطقة الصمت. عند الطيران بسرعة تفوق سرعة الصوت (الطيران الفوق صوتي) بتحدد مجال الصوت بحجم مخروطي الشكل خلف الطائرة. تتعلق زاوية المخروط u بسرعة الطائرة الفوق صوتية السائدة. يدرك المراقب الصوت كانفجار بعد أن ينسحب مبتعداً من فوق مخروط الصوت.

❶ مخطط لمحرك نفاث ذي دارة ثنائية



❷ انتشار الصوت حول الطائرة عند سرعات مختلفة



الطائرات النفاثة

الحوّامات

(المروحيات السمتيات، الطوافات، طائرات الهيلوكبتر)

بينما يجب على الطائرات التقليدية الثابتة الجناح التحرك دوماً إلى الأمام بسرعة تفوق السرعة الحدية الدنيا التي تمكن الأجنحة الحاملة من تأمين قوة الرفع المطلوبة، تملك الحوامات أجنحة حاملة متحركة تستطيع أن تولد قوة رفع أيضاً من دون أن تتحرك الحوامة نحو الأمام، وبذلك تستطيع الحوّامة أن تطير بسرعات منخفضة جداً، أو أن تبقى ثابتة في الحوامات، أو حتى أن تتراجع إلى الوراء.

مبدأ رفع المروحيات ❶

يتألف الجناح الحامل المتحرك (الدوّار) في الحوامة من عدة شفرات أو ريش ذات مقطع عرضي محدب يشابه المقطع العرضي للجناح الثابت (← مبدأ الطائرة). عند تشغيل دوّار الحوامة بواسطة محركها (حالياً أغلب المحركات عنفية)، تنشأ عن جريان الهواء حول شفرات الدوار قوة رفع تؤدي إلى رفع الحوامة عمودياً نحو الأعلى (الشكل ١). وبذلك تتحدد شدة قوة الرفع ليس فقط بشكل المقطع العرضي لشفرات الدوار، وسرعة دورانه، وإنما أيضاً بزاوية ورود الهواء (مواجهة شفرات الدوار للهواء). يمكن تكبير أو تصغير زاوية المواجهة لشفرات الدوار عن طريق مجموعة من الأذرع. وهكذا يتم عن طريق تكبير زاوية المواجهة زيادة قوة الرفع وبالتالي سرعة ارتفاع الحوامة.

الدفع نحو الأمام ❷ ❸

لتحقيق حركة نمو الأمام إضافة إلى الحركة العمودية يجب إمالة الحوّامة، بحيث لا يبقى محور الدوار عمودياً، وإنما مائلاً على سطح الأرض. بعدها يولد الدوار إضافة إلى قوة الرفع، قوة دفع مائلة نحو الأمام الشكل ٢). يتحقق التوضع المائل للمروحية المطلوب لتأمين الحركة نحو الأمام، أي رفع مؤخرتها، بأن تنتج كل شفرة من شفرات الدوار لحظة مرورها فوق مؤخرة المروحية قوة رفع أكبر. يتم الوصول

إلى قوة رفع كبيرة على مؤخرة المروحية وقوة رفع صغيرة على مقدمتها عن طريق التغيير الموافق لزاوية المواجهة لشفرات الدوار.

يتم التغيير المستمر لزاوية مواجهة الشفرات أثناء دوران الدوّار عن طريق القرص المتأرجح (الشكل ٣). طبقاً لاتجاه الطيران المرغوب يضع قائد الحوّامة عن طريق قضيبي التحكم الجزء السفلي من القرص المتأرجح في وضع مائل محدد. بينما لا يقوم الجزء السفلي من القرص المتأرجح بأية حركة دورانية، يدور الجزء العلوي منه مع الدوار منزلقاً على الجزء السفلي. يؤدي الوضع المائل للقرص المتأرجح إلى ارتفاع وانخفاض قضيبي الوصل، وأثناء الدوران يؤدي ذلك إلى تغير مستمر في زاوية الورود لشفرات المروحة.

مفاصل الموازنة:

عند وصل شفرات المروحة مع رأس الدوار بشكل صلب، فأثناء الطيران إلى الأمام قد تؤدي قوى الرفع المختلفة على كل شفرة من شفرات الدوار إلى ميلان الحوامة وانقلابها. من الممكن نشوء عزوم الانقلاب هذه عندما يكون لقوى الرفع المؤثرة على شفرات المروحة تأثير رافعة (عزم) على رأس الدوار. ولتجنب ذلك يتم في العديد من تصاميم المروحيات الحديثة وصل شفرات المروحة مع رأس الدوار عن طريق مفاصل. بذلك تؤثر فقط قوى رفع شاقولية على رأس الدوار إضافة إلى القوى الطاردة المركزية لشفرات الدوار والمتجهة نحو الخارج، إذ لم يعد هناك وجود لعزوم الفتل التي تؤدي إلى انقلاب الحوامة أو تسبب إجهاداً شديداً لرأس الدوار وللشفرات. تقوم الشفرات من خلال التثبيت المفصلي بحركات مرفرفة (تشابه رفرفة جناح طير)، لأنه أثناء الدورة الواحدة تتغير القوى المؤثرة على شفرات الدوار باستمرار، وطبقاً لتأثير القوى المتغيرة تتأرجح الشفرات إلى الأعلى والأسفل. في التصاميم الحديثة للحوامات تثبت الشفرات مع رأس الدوار حقيقة بشكل صلب، ولكن تستخدم شفرات مرنة بحيث تعطي سلوك حركة مماثل للشفرات المثبتة بشكل مفصلي.

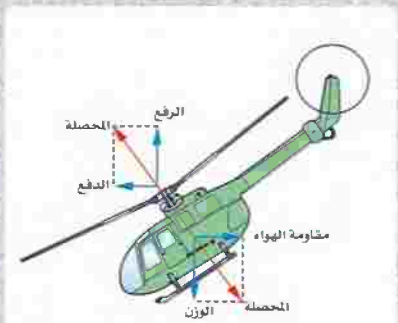
التوجه الجانبي 4

حسب مبدأ نيوتن «الفعل = رد الفعل» (← مبدأ الصواريخ) فإنه في الحوّامة الأحاديّة الدوار سوف يدور جذع الحوامة باتجاه يعاكس جهة دوران الدوار إذا لم تتم حمايته ومنعه من الدوران عن طريق قوة إضافية. لذلك يستخدم الدوار الخلفي المركب على جانب مؤخرة الحوامة (الشكل ٤). يستهلك الدوار الخلفي حوالي ١٠٪ من استطاعة محرك الدفع، وهو يحافظ على استقرار اتجاه الحوامة، حيث يعمل على مقاومة عزم دوران الجذع. من خلال تغيير زاوية الورود لشفرات الدوار الخلفي يستطيع قائد الحومة ليس فقط الطيران باتجاه مستقيم، وإنما أيضاً أن يدير المروحية باتجاه الهدف.

❶ الاقلاع العمودي

دوران الريش يولد قوة الرفع التي تؤثر شاقولياً نحو الأعلى

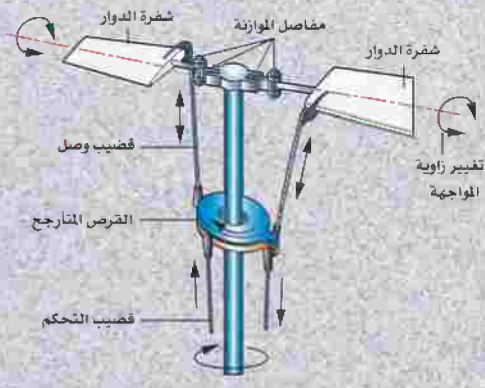
❷ الطيران نحو الأمام



من خلال تقوية قوة الرفع عند المؤخرة تميل الحوامة الى الأمام وتطير نحو الأمام

❸ رأس الدوار مع القرص المتأرجح

يتم التحكم بزاوية ورود الشفرات للدوار عن طريق القرص المتأرجح وقضبان الوصل وقضبان التحكم



❹ الحوامة

يمنع الدوار الخلفي دوران جذع الحوامة ويساعد في الحفاظ على الاتجاه بشكل مستقر

الحوّامات

الطائرات الشراعية

تعطي الطائرات الشراعية انطباعاً عن شكل البنية الخاصة للطائرات، لأنها غير مزودة بأي محرك دفع، وتستعمل بالدرجة الأولى كأجهزة رياضية، وهي بشكلها تشبه الطائرات العادية، إلا أنها تمتاز بخفة الوزن وكبر الأجنحة. لا تستطيع الطائرات الشراعية الإقلاع ذاتياً لعدم وجود محركات الدفع، لذلك تستخدم طائرات سحب آلية (ذات محرك)، أو بكرات حبال لسحب الطائرات الشراعية وإكسابها تسارعاً وارتفاعاً. وهنا تولد الأجنحة الحاملة للطائرة الشراعية قوة الرفع الضرورية (← مبدأ الطائرة).

القوى المؤثرة على الطائرة الشراعية 1

يتم كبح طيران الطائرة الشراعية التي حققت سرعةً وارتفاعاً عن طريق مقاومتها للهواء. ولمواصلة الحصول على قوة رفع كافية من خلال جريان الهواء، يجب على الطائرة الشراعية تنفيذ طيران انسيابي (انزلاق) موجه نحو الأسفل. وهنا تكون «قوة دفع» الطائرة الشراعية هي قوة الجاذبية الأرضية، وهي التي تبقي عليها في حالة حركة. أثناء الطيران الانسيابي نحو الأسفل تؤثر على الطائرة الشراعية القوة v التي تشكل مركبة قوة الثقل G على اتجاه الطيران، وتعاكس قوة المقاومة w (الشكل ١). تؤثر مركبة القوة هذه باتجاه الطيران وتحرك الطائرة الشراعية نحو الأمام. أما المركبة الثانية لقوة الثقل فتؤثر عمودياً على اتجاه الطيران ولا تسهم في تحريك الطائرة الشراعية، ويجب موازنتها من خلال قوة رفع الأجنحة الحاملة.

معامل الانسياب (الانزلاق) 1 2

تمتاز الطائرات الشراعية المصممة بشكل مناسب قوة رفع كبيرة عند مقاومة صغيرة، وتسمح بتحقيق طيران انسيابي مسطح جداً، وبذلك يمكن الوصول إلى مسافة طيران كبيرة عند خسارة قليلة في الارتفاع. تدعى نسبة قوة المقاومة إلى قوة

الرفع بمعامل الانسياب، ويمكن حساب معامل الانسياب من ظل زاوية الانسياب ، أي ظل الزاوية بين مسار الطيران والمستوي الأفقي (الشكل ١). تتعلق هذه الزاوية بتصميم الطائرة الشراعية وبسرعة الطيران. عند سرعة الانسياب الأمثل يكون لمعامل الانسياب قيمة صغيرة. تملك الطائرات الشراعية الحديثة إضافة إلى الوزن الخفيف شكلاً مناسباً جداً للجريان، ومدىً واسعاً لامتداد الجناحين. وعلى هذا الأساس تحقق حالياً الطائرات الشراعية عالية الاستطاعة (الشكل ٢) معامل الانسياب (٠١٨.٠)، ويدعى مقلوب معامل الانسياب بنسبة الانسياب أو الجودة الديناميكية الهوائية. تحدد نسبة الانسياب هذه - لطائرة شراعية تنساب في هواء ساكن - النسبة بين مسافة الطيران الأفقي إلى الخسارة في الارتفاع المتعلقة بهذه المسافة. فالطائرة الشراعية ذات نسبة انسياب ٣٠ تستطيع من على ارتفاع ٥٠٠ متر أن تطير مسافة ١٥ كم.

الاستفادة من تيارات الهواء:

في التطبيقات العملية لا يحول قادة الطائرات الشراعية الارتفاع المكتسب أثناء الإقلاع إلى مسافات طيران فحسب، وإنما يحولون تمديد مسافة وزمن الطيران من خلال الاستفادة من تيارات الهواء الموجهة نحو الأعلى. فمثلاً تنشأ التيارات الهوائية الصاعدة نحو الأعلى في المناطق الجبلية عن طريق الرياح. بالاستعمال اللبق للرياح الصاعدة من جانب الجبل الموجه للريح (جانب الريح) يستطيع ملاحو الطائرات الشراعية اكتساب ارتفاعات. كما تنشأ تيارات الهواء الموجهة نحو الأعلى أيضاً من جراء تسخين الهواء القريب منه. عن طريق أشعة الشمس يسخن سطح الأرض وطبقات الهواء القريبة من سطح الأرض وتسخن الهواء المتوضع فوقها، والذي يرتفع نتيجة لذلك مشكلاً الرياح الصاعدة. ما تسمى تيارات الهواء الصاعدة هذه يمكن أن تستغل من قبل ملاحي الطائرات الشراعية، بحيث يحومون بطاراتهم في الهواء الصاعد ويكسبون ارتفاعاً.

الطائرة الشراعية الآلية (ذات المحرك):

تشبه الطائرات الشراعية الآلية في شكلها الطائرات الشراعية البحتة، ولها مثلها أجنحة حاملة واسعة المدى ونحيفة، وبناء خفيف. حتى تتمكن من الإقلاع الذاتي، تزود الطائرات الشراعية الآلية بمحركات مساعدة صغيرة، وبذلك فإنه من الممكن أيضاً الحفاظ على الارتفاع حتى عند غياب جريانات الهوءا الصاعدة نحو الأعلى. وعند عدم وجود حاجة للمحرك المساعد، فإنه من الممكن في بعض أنواع الطائرات الشرعية الآلية سحبه إلى داخل جذع الطائرة. وفي النماذج الأخرى يتم على الأقل وضع مروحة الدفع في حالة مناسبة قدر الإمكان لجريان الهواء.

المظلات الانسيابية ❸

بينما تصمم الطائرات الشراعية التقليدية والآلية بشكل يشابه الطائرات ذات المحركات إلى حد بعيد، وتزود على سبيل المثال بتجهيزات قيادة وتوجيه مماثلة، فإن المظلات الإنسيابية والتنين الطائر – المنتشرة منذ زمن قريب في الرياضة الجوية – لا تزود بدفات للتوجيه. تملأ قبة المظلة المستطيلة الشكل أثناء التحليق بالهواء المتراكم، وتكسب من خلال ذلك شكلاً يشابه المقطع العرضي للجناح الحامل الذي يولد قوة الرفع. يتأثر اتجاه وموقع التحليق من خلال تغيير موقع المظلي (الطيار)، أو يتم التحكم من خلال سحب حبال التحكم، التي بواسطتها يتم تغيير جهاز الطيران وبالنتيجة تغيير سلوك الاتجاه وقوة الرفع له (الشكل ٣).

❶

A قوة الرفع

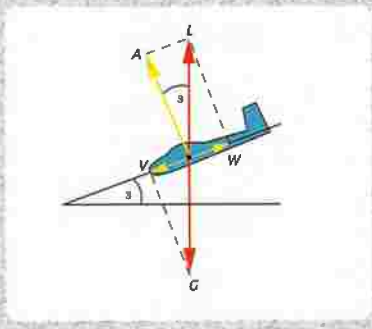
ε زاوية الانسياب

G قوة الثقل

L قوة الهواء

V قوة الدفع (مركبة قوة الثقل في اتجاه الطيران)

W المقاومة



❷ طائرة شراعية حديثة ذات معامل انسيابي صغير (نسبة انسياب كبيرة)

❸ مظلة انسيابية أثناء التحليق الانسيابي

الطائرات الشراعية

المناطيد والسفن الهوائية الصلبة (مناطد تسبلين)

كانت المناطيد أولى وسائل النقل التي ارتقى بها الإنسان إلى الجو. وعلى العكس من الطيران الذي نشأ مؤخراً بواسطة «طائرات أثقل من الهواء» تنشأ قوة الرفع في المناطيد وفق مبدأ دافعة أرخميدس (← مبدأ السفينة).

مبدأ الرفع

تملك المناطيد والسفن الهوائية جسم رفع كبير، يتألف من غلاف كتيم للغازات، ومملوء بغاز حامل. عندما تكون كثافة جسم الرفع أقل من كثافة الهواء المحيط به، يرتفع المنطاد، حتى أنه يستطيع عند اللزوم أن يرفع حمولة نافعة مثل المقصورة والمسافرين. ولأن الهواء ذو كثافة ٣.١ كغ/م٣ تقريباً (عند ضغط ١ بار ودرجة حرارة صفر دردة مئوية) وهو عبارة عن مزيج غازي خفيف، فإن الغازات المحتملة للتعبئة قليلة. بشكل أساسي يستخدم كغاز للتعبئة الهيدروجين الصافي الذي هو أخف من الهواء بحوالي ١٤ مرة، أو غاز الهليوم الذي هو أخف من الهواء بحوالي سبع مرات. الهيدروجين غاز سهل التحضير ورخيص الثمن نسبياً، إلا أن من مساوئه أنه يتحد مع الأكسجين مشكلاً غاز الفرقعة الشديد الانفجار. أما الغاز «الخامل» الهليوم فهو غير قابل للاحتراق، ولكنه غالي الثمن. يملك الهواء المسخن تحت الشروط الطبيعية كثافة أقل من كثافة الهواء، لهذا يعتبر الهواء المسخن غاز حامل مناسب.

المناطيد الغازية 1

للمناطيد الغازية غلاف كروي الشكل مغلق مملوء غالباً بغاز الهيدروجين أو الهليوم (الشكل ١). فوق الغلاف توجد شبكة لتعليق السلة. يستطيع قادة المناطيد التأثير على الحركة العمودية للمناطيد بالإضافة إلى التخلص الموجه من كتل الموازنة (رمي أكياس الرمل)، أيضاً بواسطة الصمام الموجود على الجهة العلوية للمنطاد. من خلال تسرب الغاز يتناقص حجم المنطاد وبالتالي تتناقص قوة الرفع بحيث ينخفض المنطاد. ولمنع

جرجرة المنطاد على الأرض بعد الهبوط يمكن عن طريق شد حبل أن تفتح ثغرة (شريحة متحركة) بحيث يتسرب الغاز بسرعة ويهوي غلاف المنطاد على نفسه.

المناطيد الحرارية (مناطيد الهواء الساخن) ❷

لاقت مناطيد الهواء الساخن الحديثة انتشاراً واسعاً كأجهزة رياضية، وهي لا تختلف كثيراً عن المنطاد الأول الذي اخترعه الأخوين مونتغولفير: Montgolfir في عام ١٧٨٣. يتكون غلاف المنطاد من شرائح طويلة من القماش الخفيف مخيطة إلى بعضها، وهو مفتوح من الأسفل (الشكل ٢). توجد تحت فتحة المنطاد السلة وفيها حرَّاق لغاز البروبان، بواسطته يُسخِّن قادة المنطاد الهواء في المنطاد حتى يرتفع، وهناك شراع لوقاية الحرِّاق من الرياح.

توجد فتحة في الجهة العليا لغلاف المنطاد (ثقب القبة) تكون عادة مربوطة إلى المظلة عن طريق الضغط الداخلي للمنطاد. من خلال حبال التوجيه يمكن سحب المظلة إلى الأسفل بحيث يتسرب الهواء الساخن وينخفض المنطاد.

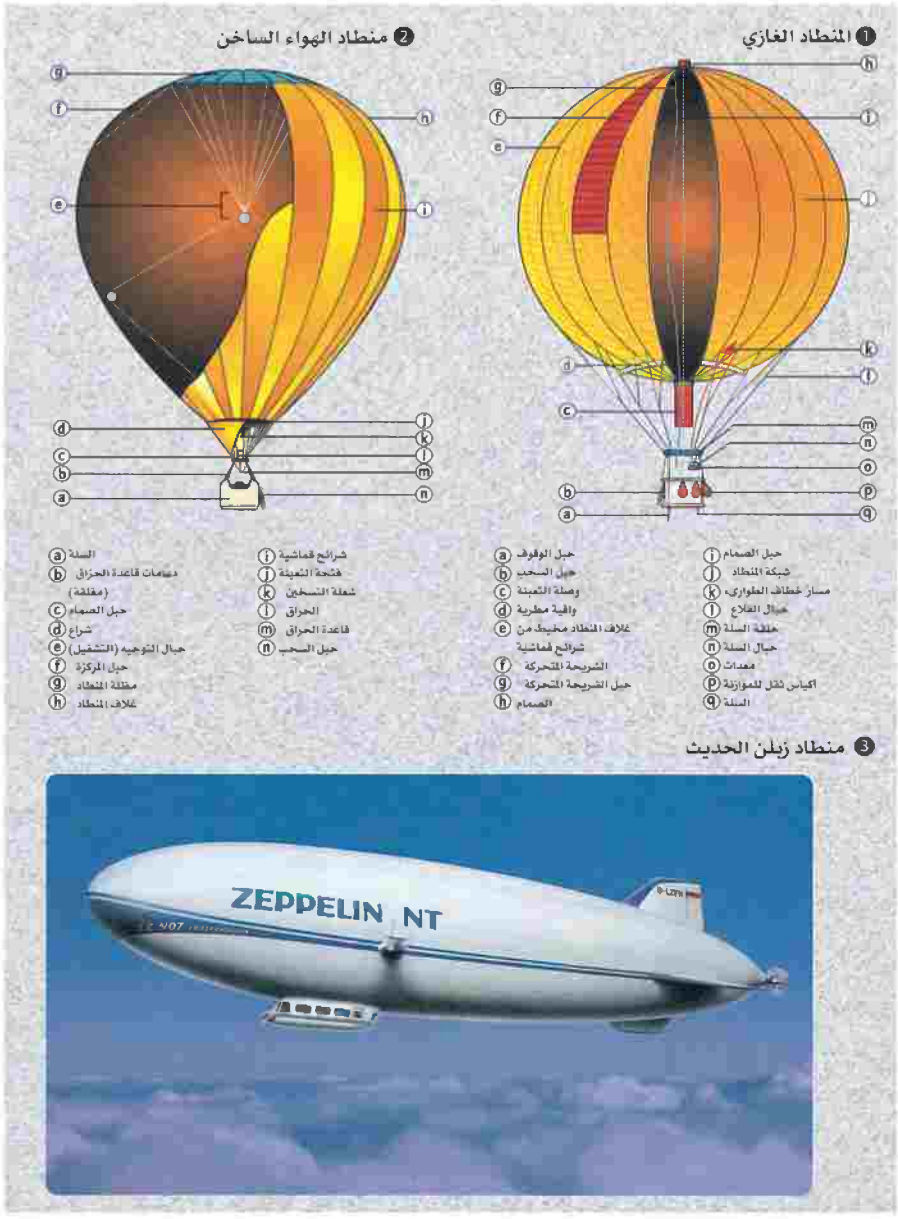
السفينة الهوائية الصلبة «منطاد تسبلين»

تتحرك المناطيد عديمة الدفع مع الرياح، وبالكاد يمكن التأثير على اتجاهها. أما المنطاد ذو قوة الدفع (السفينة الهوائية) فيمكن توجيه بواسطة دفع التوجيه. بعد اختراع محرك الاحتراق والمراوح، تم اختراع ما تسمى السفينة الهوائية الصلبة أو منطاد تسبلين. وفيها يبنى جسم الرفع من خلال هيكل شبكي معدني على شكل السيجار، ويشد عليه قماش، ويملأ بالهيدروجين في أكياس منفصلة. في نهاية جسم الرفع توجد آلية التوجيه ذات الدفات الجانبية والعالية. تربط مقصورة طاقم المنطاد والمسافرين إلى جسم الرفع بإحكام. وتوجد محركات ومراوح الدفع في مقصورة مستقلة خاصة بمجموعة الدفع. بعد انفجار منطاد تسبلين الألماني «هندنبرغ Hindenberg» عام ١٩٣٧ في ليكهورست: Lakehurst في الولايات المتحدة الأمريكية توقف بناء السفن الهوائية الصلبة لمدة أكثر من خمسين عاماً.

حالياً تم تطوير وبناء سفن هوائية صلبة من جديد. يفترض أن تستخدم في طيران المراقبة الطويلة (مثلاً في خفر السواحل) حيث يكون الاستهلاك الخفيف للوقود ذا فائدة. تملأ الأنواع الحديثة من منطاد تسلبين (الشكل ٣) بغاز الهليوم، وتزود بمجموعات دفع مروحية متحركة تؤمن للسفينة الهوائية حرية حركة كبيرة.

السفن الهوائية المنفوخة:

تحتل تقنية السفن الهوائية المنفوخة مركزاً وسطاً بين تقنية المناطيد الغازية ومناطيد تسبلين، فلها جسم رفع على شكل السيجار أو القطرة، ولكن بدون هيكل شبكي معدني. يعطي الشكل الانسيابي فقط من خلال النفخ الشديد لجسم الرفع. تعلق مقصورة الركاب بجسم الرفع، وتثبت على المقصورة أيضاً مجموعات الدفع، وبالتالي ينتج عن لك بالمقارنة مع السفن الهوائية الصلبة إمكانية مناورة أسوأ، ومستوى ضجيج عال للمسافرين. تبنى السفن الهوائية المنفوخة منذ زمن بعيد بأعداد قليلة، وتستخدم بالدرجة الأولى للجولات السياحية والدعاية.



المناطيد وبالونات النقل (زبلن)

البوصلة

تستخدم البوصلة لتحديد الموقع والحفاظ على الاتجاه المرغوب فيه براً، وبحراً وجواً (الملاحة). فعلى السفينة مثلاً يمكن بواسطة البوصلة تحديد اتجاه المسار الخاص بالنسبة إلى اتجاه الشمال.

انحراف البوصلة 1 2

يميل المحور المغناطيسي الأرضي بحوالي ١٣+ على (محور الأرض) محور دوران الأرض (الشكل ١). وبالتالي لا ينطبق القطبان المغناطيسيان على القطبين الجغرافيين الشمالي والجنوبي للأرض. لذلك أيضاً لا تؤشر الإبرة المغناطيسية على اتجاه القطب الشمالي، الذي وجهت جميع الخرائط باتجاهه (اتجاه المؤشر الصحيح)، وإنما تؤشر باتجاه القطب الشمالي المغناطيسي.

يوجد في العديد من مناطق الأرض توفُّر كبير من المواد الحاوية على الحديد، التي إليها تعود انحرافات المتغيرة باستمرار لمؤشر البوصلة (مؤشر الشمال الخاطئ في ألمانيا يقع بين ٢° - ٤°). لهذا السبب تزود كافة الخرائط الملاحية بمعطيات عن أخطاء التوجيه، وللحصول على اتجاه الخريطة (اتجاه الشمال الحقيقي) يجب تصحيح اتجاه الشمال الخاطئ المقاس بالبوصلة بمقدار الخطأ في الاتجاه (الانسياق). تنحرف البوصلة أيضاً بتأثير كتل الحديد في السفينة، أو الطائرة، أو السيارة (الانحراف). لتقويم هذه الانحرافات يوجد مغانط معايرة صغيرة على العلبة (الشكل ٢). تُدرج الانحرافات المتبقية الموجودة في جداول الانحرافات، وفقاً لهذه الجداول يتم تصحيح كل قراءات البوصلة (الاتجاهات) بما يناسب.

البوصلة الكروية 2

يوضع (الشكل ٢) البوصلة الكروية (بوصلة مغناطيسية) الموضوعة في مضجع زيتي والمستخدمة في إحدى السفن. تستخدم البوصلة الكروية التأثير العمودي الذي

يمارسه الحقل المغناطيسي للأرض على قرص مغناطيسي (وردة البوصلة) مثبت على مفصل قابل للدوران بسهولة. يقسم قرص البوصلة بالدرجات، وتوضع عليه الاتجاهات السماوية الأربعة، ويستطيع الدوران مقابل خط المسير (اتجاه إبحار السفينة)، بحيث يمكن قراءة اتجاه التوجيه اللحظي مباشرة.

يعلق قرص البوصلة بشكل كرداني (قابل للدوران في جميع الاتجاهات) ويُثقَّل من الأسفل بالرصاص للحصول على وضعية هادئة قدر الإمكان. إلا أنه بالقرب من القطبين الشمالي والجنوبي لا تعمل البوصلة الكروية بموثوقية، لأنه لم يعد باستطاعة خيوط الحقل المغناطيسي المتعامدة مع سطح الأرض تقريباً ممارسة أية قوة تلحظ على المغناطيس.

الرادار :

الرادار هو وسيلة توجيه إلكترونية، وجهاز تحديد مواقع في الملاحة الجوية والبحرية، ويمكن بواسطته في حالات الرؤية السيئة حتى على مسافات بعيدة توجيه حركة هبوط وإقلاع الطائرات وعبور السفن من الممرات المائية الضيقة. فضلاً عن ذلك فإن من ضمن استعمالات الرادار خدمة الأرصاد الجوية (مثل تحديد موقع الأعاصير ومراقبتها، جبهات الطقس السيئة)، والفلك (مثل بحث ودراسة سطوح الكواكب)، وقياس سرعة السيارات (النفخ الراداري لمخالفة السيارات المسرعة).

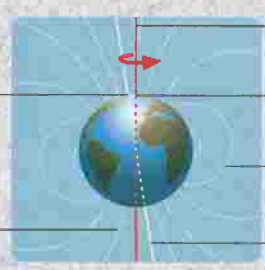
الرادار: إرسال، واستقبال، وقياس زمن ❸

ترسل حزمة قوية من الأمواج (في مجال الأمواج المكروية ← أجهزة الأمواج المكروية) على شكل نبضات قصيرة من هوائي ذي عاكس مقعر على شكل قطع مكافئ. إذا اصدمت هذه الأمواج بحاجز، فإنها سوف تنعكس بشدة تزيد أو تنقص حسب نوع مادته، ويتم استقبالها من جديد بنفس الهوائي في الاستراحات النبضية. يمكن جعل نبضات الصدى مرئية على شاشة إظهار (الشكل ٣). في هذه الأثناء يتم قياس الفاصل الزمني بين الإرسال ورجع الصدى، وبما أن إرسال الموجة يتم بسرعة

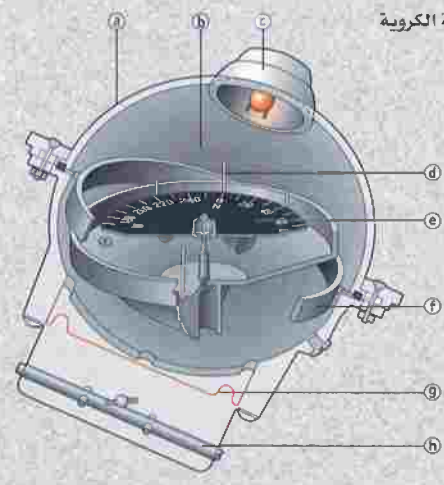
الضوء، فإنه من الممكن حساب البعد بدقة عن الجسم / الحاجز. عن طريق قياس الهدف مرتين متتاليتين في فترة زمنية قصيرة ومن تغير موقع الهدف خلال زمن القياس يمكن تحديد سرعته أيضاً.

يدور هوائي الرادار بسرعة ثابتة، بحيث يكون موقعه الخاص في منتصف شاشة الإظهار، ثم تظهر حوله صورة الصدى الرادارية للوسط المحيط (الشكل ٣). يرسم على الشاشة بمسافات محددة (كل ٥ أميال مثلاً) دوائر، بحيث يمكن قراءة البعد عن الجسم مباشرة. بينما تكون في الملاحة البحرية كلاً من الأجسام الثابتة (خطوط الشاطئ، معالم البحر)، والأجسام المتحركة (السفن الأخرى) موضع اهتمام، تراعي في الملاحة الجوية بشكل رئيسي حركة الطائرات فيما بينها. يعطي إخفاء الأهداف الثابتة (عدم إظهار الأجسام غير المتحركة) لمرشدي الطيران صورة واضحة عن حالة الحركة في المجال الجوي الذي يرصده الرادار، بحيث تظهر الطائرات فقط كنقاط مضيئة. وعن طريق نبض التشخصي بواسطة الرادار يتم بنفس الوقت نقل معلومات عن ارتفاع الطائرة وسرعتها، وإظهارها على الشاشة.

❶ الحقل المغناطيسي للأرض

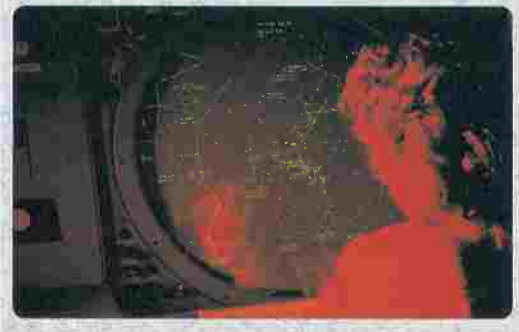


❷ البوصلة الكروية



ⓐ قبة زجاجية
ⓑ زيت البوصلة
ⓒ اضاءة (حمراء)
ⓓ خط المسير (إلى الأمام)
ⓔ قرص (وردة) البوصلة
ⓕ تعليقة كسروانية
ⓖ غشاء تمدد
ⓗ براغي تثبيت لمفاتيح التعويض

❸ الرادار



صورة الصدى الراداري للوسط المحيط بموقع الرادار (نقطة الوسط)

البوصلة

نظام الإرشاد بالأقمار الصناعية GPS

يستخدم الـ (Global Positioning System = GPS) كنظام إرشاد بالأقمار الصناعية في جميع أنحاء العالم، وهو يساعد على تحديد موضع أية نقطة على سطح الأرض بدقة. لذلك فإن له فوائد كثيرة؛ مثلاً في الملاحة البحريّة إذا ترافقت أحوال الطقس السيئة (عواصف شديدة أو رؤيا سيئة أوغير ذلك..) مع ظروف قيادة صعبة في الوقت نفسه.

منشأ عسكري واستخدامات مدنية:

استخدم الـ GPS أصلاً في الولايات المتحدة الأمريكية لأغراض عسكرية، فقد سُخّر في حرب الخليج لتوجيه الصواريخ. وتبلغ دقته في الاستخدام العسكري حوالي ٢م في محيط الهدف. لكن هذه الدقة تخفض في الولايات المتحدة الأمريكية في الاستخدامات المدنية كالملاحة البحرية أو في أنظمة توجيه المواصلات في البر والجو في حدود ١٠٠م، ويمكن رفع هذه الدقة عن طريق نظام إضافي يعتمد على مرسلات تعديل أرضية (GPS تفاضلي).

مبدأ الإرشاد بالأقمار الصناعية ❶ ❷

يتألف نظام الإرشاد من ٢٤ قمراً صناعياً موزعة على ستة مسارات يحوي كل منها أربعة أقمار تدور حول الأرض (الشكل ١) على ارتفاع ٢٠٢٠٠ كم تقريباً وتتم دورتها حول الأرض في اثنتي عشرة ساعة. تفصل بين مسارات الأقمار الصناعية زاوية قدرها ٦٠° في مستوي خط الاستواء (٦ × ٦٠+ = ٣٦٠°)، حيث يمكن باستمرار من أية نقطة على سطح الأرض استقبال المعلومات من أربعة أقمار صناعية على الأقل. يستلزم تحديد نقطة ما على سطح البحر ثلاثة أقمار على الأقل، أما لتحديد النقاط الواقعة على المسارات الجوية أو على الطرق البريّة فيلزم أربعة أقمار على الأقل.

يعتمد نظام الإرشاد بالأقمار الصناعية على قياس فروق التأخر الزمني للإشارات المرسلة من الأقمار. لذلك فمن الضروري معرفة الوقت الدقيق الذي التقطت فيه إشارات القمر على الأرض.

يوجد على لوحة كل قمر صناعي أربع ساعات ذرّية. بالإضافة إلى ذلك ومن أجل حساب الوقت ترسل معلومات عن مسار القمر وعدد كبير من معلومات التصحيح التابعة مُرمّزة. تستقبل معلومات أحد الأقمار الصناعية على أحد مستقبلات GPS على الأرض وتقارن مع المعلومات الواردة من قمر آخر.

من حساب مسافة بعد القمر نحصل على دائرة الموقع التي يكون مركزها هو المسقط الشاقولي للقمر الصناعي على سطح الأرض (الشكل ٢). وهي تمثل جميع النقاط التي تبعد عن القمر مسافة مساوية لبعد المستقبل عنه. ومن موقع القمر ونقاط تقاطع دائرته مع دوائر الموقع لأقمار أخرى يمكن تحديد موقع المستقبل.

ساعة المستقبل :

مع أن للقمر الصناعي أربع ساعات ذرية، فإن المستقبل لا يضم سوى ساعة كوارتز واحدة ذات دقة أقل، وهي لا تكفي لتحديد الموقع بدقة لأن فرقاً زمنياً، بمقدار ١٠ ميكروثانية يعطي تغيّراً قدره ٣ كم في تحدي الموقع. لكن هناك معلومات خاصة مرمّزة ترسل من القمر الصناعي مساعِدة على رفع مستوى الدقة.

تحديد الموقع ❸

ترسل الأقمار الصناعية رمزاً بطول ١ ميلي ثانية تقريباً، ويتم توليد رمز مماثل له في جهاز الاستقبال أيضاً بالتردد ذاته. يستمر تغيير رمز العنصر بالمقارنة مع الرمز الوارد من القمر الصناعي حتى يتطابق مع المعطيات الواردة في إشارة القمر (معطيات المسار، البعد، التصحيح الناتج عن تضاريس الأرض). ويحتاج المرء لمعلومات من ثلاثة أقمار على الأقل من أجل تصحيح ساعة المستقبل، ففي حالة

الخطأ تصنيع دوائر الموقع المعلقة بالأقمار المرسلة مثلث خطأ في موقع المستقبل (الشكل ٣ - آ) يتم تصحيحه من خلال إزاحة هذه الدوائر الثلاث فتتلاقى جميعها في الموقع الحقيقي للمستقبِل.

تداعيات نظام الـ GPS

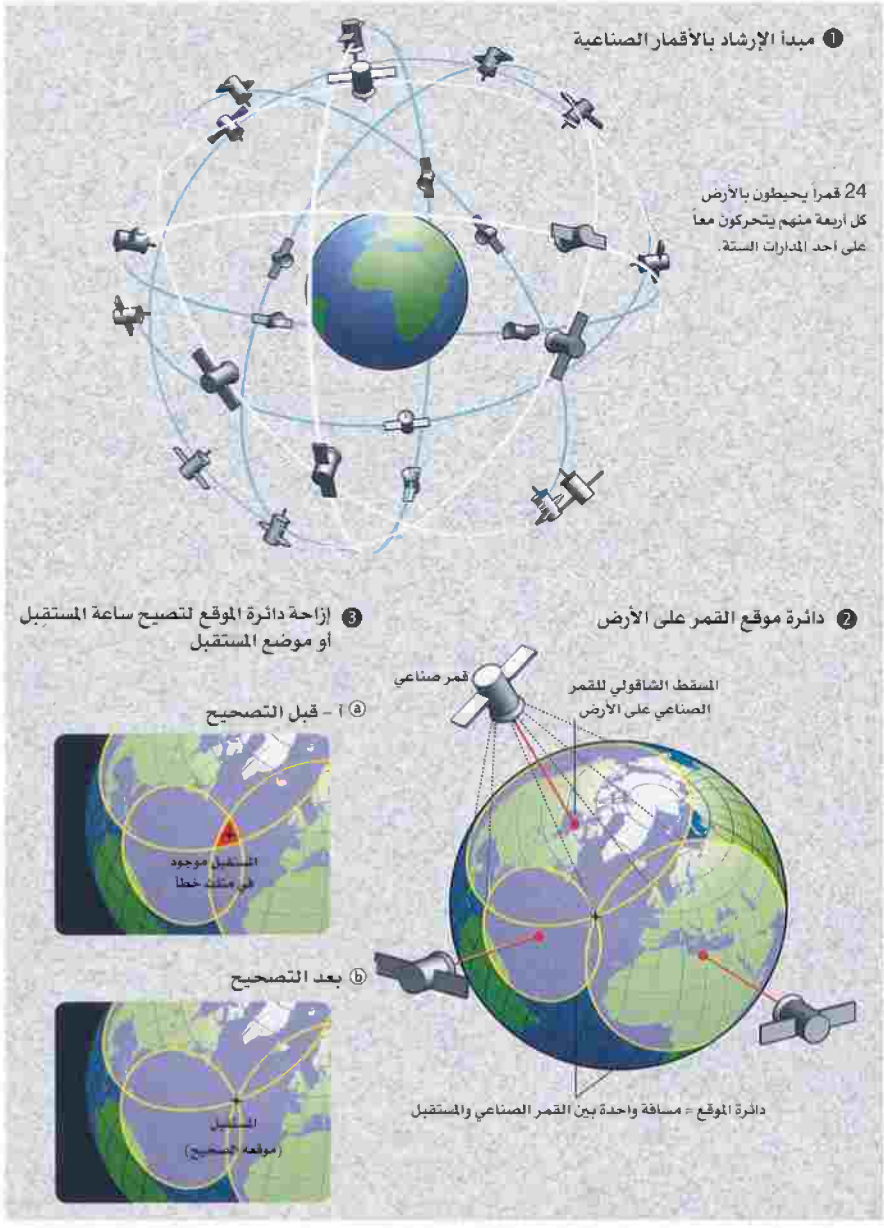
إن الدقة التي يحققها نظام الـ GPS طغت على كل الطرق السابقة المستخدمة في تحديد المواقع. لذلك فإن الحاجة لنظم الملاحة الأخرى (Decca) ستنتهي قريباً. وفي الوقت نفسه فإن عدد نقاط العلاّم البحرية (برملة* مسار السفن، الإضاءة بالنيران، وغير ذلك) سوف ينخفض بسبب تكاليفها.

إن تطور الـ GPS كنظام إرشاد أساسي تعتمد عليه الرحلات البحرية يؤدي إلى تعطيل هذه الرحلات في حال توقفه (في حالة استخدامه عسكرياً على سبيل المثال). كذلك فإن استخدام الخرائط البحرية المدعومة ببرامج الملاحة بمساعدة الحاسوب، وتتم قراءة الموقع بشكل مباشر عن طريق بطاقة تدخل إلى جهاز الـ GPS، ومن ثم يجري تدوين الموقع في (مصنف الكتروني) مشفوعاً بصورة الرادار إن وجدت.

ويتزايد كذلك استخدام نظاكم الإرشاد GPS على البّر في أنظمة إدارة المرور. إذ سيجري مستقبلاً تزويد السيارات الشاحنة بأجهزة GPS لتساعدها على استرشاد طريقها بواسطة خرائط الكترونية.

---

* البَرملة : تعليم مسار السفن بوساطة براميل مغلقة مرتبطة بمرساة.


1 مبدأ الإرشاد بالأقمار الصناعية
24 قمراً يحيطون بالأرض
كل أربعة منهم يتحركون معاً
على أحد المدارات الستة.
2 دائرة موقع القمر على الأرض
قمر صناعي
المسقط الشاقولي للقمر
الصناعي على الأرض
دائرة الموقع = مسافة واحدة بين القمر الصناعي والمستقبل
3 إزاحة دائرة الموقع لتصحيح ساعة المستقبل
أو موضع المستقبل
ⓐ أ - قبل التصحيح
المستقبل موجود
في منتصف خطأ
ⓑ بعد التصحيح
المستقبل
(موقعه المصحح)