
Història del motor de combustió interna

Autor:

Data de publicació: 15-08-2015

Els orígens dels motors de combustió interna són molt remots. Especialment si es consideren els inicis o precedents d'alguns elements constitutius dels motors, imprescindibles per al seu funcionament com a tals.

Considerats com a màquines completes i funcionals, i productores d'energia mecànica, hi ha alguns exemples de motors abans del segle XIX. A partir de la producció comercial de petroli a mitjan del segle XIX (1850) les millores i innovacions foren molt importants. A finals d'aquell segle hi havia una munió de varietats de motors usats en tota mena d'aplicacions.

Prototipus de motor de combustió interna presentat per Carl Benz en la seva sol·licitud de patent d'un automòbil el 29 de juny de 1886.

Els orígens dels motors de combustió interna són molt remots. Especialment si es consideren els inicis o precedents d'alguns elements constitutius dels motors, imprescindibles per al seu funcionament com a tals.

Considerats com a màquines completes i funcionals, i productores d'energia mecànica, hi ha alguns exemples de motors abans del segle XIX. A partir de la producció comercial de petroli a mitjan del segle XIX (1850) les millores i innovacions foren molt importants. A finals d'aquell segle hi havia una munió de varietats de motors usats en tota mena d'aplicacions.

En l'actualitat els motors de combustió interna, malgrat els problemes associats (crisis energètiques, dependència del petroli, contaminació de l'aire, augment dels nivells de CO₂,...), són encara imprescindibles i es fabriquen segons dissenys molt diferents i una gamma molt àmplia de potències que va des de pocs wats fins a milers de kW.

Taula de continguts

- 1 Precedents
- 2 Els primers assaigs reeixits
- 3 Innovacions a partir de 1860
- 4 Innovacions des de la Primera Guerra Mundial fins al final de la Segona
- 5 Període 1945-2000
- 6 Innovacions en el segle XXI
- 7 Referències
- 8 Enllaços externs

Precedents

Molí romà d'Hieràpolis per a una serreria. Del segle tercer de l'Era Cristiana, és la mostra més antiga del mecanisme biela-manovella.[1][2][3][4]

Prehistòria. El pistó foguer s'usava en el Sudest d'Àsia i en les illes de l'Pacífic per a encendre el foc, aprofitant la compressió adiabàtica de l'aire en un cilindre de fusta i un pistó.[5][6][7]

Segle III dC: Mecanisme de biela-manovella emprat en el molí d'aigua d'una serreria. Aquest mecanisme és bàsic en molts motors.[1]

673: Invenció del foc grec. Implicava la fabricació, l'emmagatzemat i la manipulació en combat d'un combustible líquid i perillós. I l'ús d'un sistema d'aire forçat (per manxes), i de vàlvules de pas.

1206: Al Jazarí [8]

S.XIII: els coets de pólvora negra (motors coet, de combustió interna) foren usats pels xinesos, mongols i àrabs.[8]

1509: Leonardo da Vinci descriu un motor "atmosfèric".

S.XVII: L'inventor Christian Huygens feu experiments amb un motor de pólvora negra.[9]

1772: Antoine Laurent Lavoisier determina la composició de l'aire atmosfèric, explicant que era una barreja d'oxigen i de nitrogen ("azot" en francès). La majoria de motors de combustió funcionen amb aire atmosfèric i, per tant, coneixer la seva composició és fonamental.

1780 :Alessandro Volta inventa una pistola de joguina que dispara un tap de suro per l'explosió d'una mescla d'aire i hidrogen inflamada per una guspira elèctrica.[10]

1790: Antoni de Martí i Franquès va presentar una memòria dels seus experiments sobre la composició de l'aire, millorant la precisió de Lavoisier.[11]

1791:John Barber proposa una turbina en la seva sol·licitud de la British patent #1833 ("A Method for Raising Inflammable Air for the Purposes of Producing Motion and Facilitating Metallurgical Operations").

1798: El soldà Tippu, governant de Mysore (India) fa el primer ús documentat de coets de ferro contra soldats britànics.

Els primers assaigs reeixits

Modelo del motor Barsanti-Matteucci (1853) al Osservatorio Ximeniano en Florencia

Còpia de la patent del motor de compressió, sol·licitada el 1863 per Niklaus Otto i Eugen Langen per a un motor de gas,

a Anglaterra i altres països considerat el primer motor de combustió eficient pels jutges de l'Exposició de París, en contrast amb el de Lenoir

1800: Alessandro Volta. Bateria d'elements "secs".[12]

1807: Nicéphore Niépce instal·la un motor Pyrèolophore en una barca i navega pel riu Saona. El motor anava amb una barreja de molsa, carbó en pols i resina. N'obté la patent el 28 de juliol de 1807 per part de l'emperador Napoleon Bonaparte.[13][14][15][16]

1807: L'enginyer suís François Isaac de Rivaz construeix un motor de combustió interna propulsat per una mescla d'oxigen i hidrogen, amb ignició per guspira elèctrica.[17][18]

1823: Samuel Brown patentà el primer motor de combustió interna aplicat en la indústria. Era "atmosfèric" (sense compressió) i es basava en el "cicle de Leonardo"-segons Hardenberg-, amb una tecnologia ja anticuada en aquella època.[19][20][21]

1824: El físic francès Sadi Carnot va publicar la teoria termodinàmica dels motors tèrmics. Amb la justificació teòrica de la necessitat d'una compressió dels gasos per a augmentar la diferència entre les temperatures de treball superior i inferior. I l'increment del rendiment associat.[22]

1826: L'americà Samuel Morey obté una patent per a un motor de gasolina o vapor sense compressió.

1832: El francès Hyppolyte Pixii construeix una dinamo amb un imant permanent (que de fet era una "magneto"). La magneto i sistemes derivats ("plats magnètics") s'usarien després en motors d'aviació, automòbils de competició i motocicletes.

1883: Siegfried Marcus. Patent d'un sistema de ignició per magneto.

1838: L'anglès William Barnet obté una patent per a un motor amb compressió. Primera referència documentada d'una compressió en l'interior del cilindre d'un motor.[23][24]

1839: Isaac Babbitt inventà l'aliatge anomenat metall babbitt amb propietats antifregament i usat en coixinets. Els coixinets dels motors de combustió moderns són una versió modificada d'aquells.[25]

1854-1857: Els italians Eugenio Barsanti i Felipe Matteucci inventen un motor de 4 cilindres en línia. La patent sembla perduda.

1856: L'italià Pietro Benini construeix un prototipus de motor amb una potència de 5 CV. En els anys següents fabrica motors d'un o dos cilindres més potents usats en aplicacions estàtiques en substitució de màquines de vapor.

1859: Gaston Planté. Bateria de plom recarregable.[26]

Innovacions a partir de 1860

Un motor dièsel construït per MAN AG (1906)

Motor d'un Ford T, de 4 cilindres, 2.896 cc. Amb vàlvules laterals i 20 CV/15kW (fabricat des de 1908)

Avió de combat Spad S.XIII amb motor Hispano Suiza 8B (1916)

1860: El belga Jean Joseph Etienne Lenoir fabrica un motor de combustió interna semblant a un motor de vapor de doble efecte amb cilindre horitzontal. Amb cilindres, pistons, bieles i volant. Fou el primer motor que va ser construït en quantitats importants.

1860: Philander i Francis Roots patentaren un compressor volumètric, que aviat fou aplicat a la sobrealimentació de motors.[27]

1861: Primera patent confirmada d'un motor de 4 temps, a càrrec d' Alphonse Beau de Rochas. Un any abans sembla que Christian Reithmann havia fet un motor semblant però no es pot confirmar a manca d'una patent concreta.

1862: L'alemany Nikolaus Otto comença a fabricar un motor de gas. Es tractava d'una llicència del motor sense compressió de Lenoir (no funciona gaire bé i decideix millorar-lo).[28]

1863: Nikolaus Otto, patenta a Anglaterra i altres països el primer motor de gas amb cicle de 4 temps (a compressió) dissenyat en col·laboració amb Eugen Langen i el comença a fabricar el 1864.[29]

1864: Nikolaus Otto fou el primer en fabricar i vendre un motor de gas. Es tractava d'un motor amb compressió amb un pistó lliure patentat el 1963 amb un bon rendiment en la seva època. A l'exposició Universal de Paris de 1867, el jurat li dona el primer premi, atès que té unes prestacions molt més altes comparant-lo amb el de Lenoir que no és de compressió. Funcionava amb un mecanisme de pinyó cremallera com es pot apreciar a la figura. Tingué un gran èxit en el mercat de petits motors estacionaris.[28]

1866: Georges Leclanché.[30]

1870: Siegfried Marcus fou el primer en instal·lar un motor de gasolina en un carretó manual.

1872: George Brayton va sol·licitar una patent per a un motor de combustió externa (es considera de combustió externa, però les explicacions semblen afirmar el contrari) funcionant segons el cicle Brayton. Que és el que utilitzen les turbines de gas.[31]

1876: Nikolaus Otto, en col·laboració amb Gottlieb Daimler i Wilhelm Maybach, va perfeccionar el motor amb cicle de 4 temps. Els tribunals alemanys no li concediren l'exclusiva de motors amb compressió ni del cicle de 4 temps. A partir d'aquesta decisió la compressió en els motors es generalitzà.

1879: Karl Benz patentà un motor de 2 temps basat en la tecnologia del motor de 4 temps de Beau de Rochas. Posteriorment dissenyà i construí un motor de 4 temps segons idees pròpies. Motor que va muntar en els seus automòbils. Desenvolupat en el 1885 fou patentat el 1886. Foren els primers automòbils fabricats.

1881: Camille Faure. Millores en la bateria de plom.[32]

1882: James Atkinson patentà el motor amb cicle Atkinson, que oferia una fase de potència per cada revolució amb volums diferents d'aspiració i expansió.[33]

1885: Gottlieb Daimler va patentar un compressor volumètric.

1887: Gustaf de Laval . Tovera Laval.

1889: Patent per a obtenir alumini per electrolisi (procés Hall-Heroult). Aquest procés va convertir l'alumini en un metall assequible i va permetre el seu ús industrial. Moltes peces dels motors són d'aliatges d'alumini.[34]

1891: Herbert Akroyd Stuart, inventor i fabricant de motors semi-dièsel (motors de bulb calent, amb ignició per compressió) que empraven un sistema de injecció de combustible a pressió.[35]

1892: Rudolf Diesel

1896: Karl Benz . Motor "boxer".

1896: Lanchester "boxer".[36][37]

1896: Gustav Mees. Primera patent de vàlvules desmodròmiques.

1897: El que seria guanyador d'un premi Nobel , el suec Nils Gustaf Dalén va proposar una turbina de gas.

1900: Rudolf Diesel esposà el seu motor a l'Exposició Universal. L'oli de cacauet n'era el combustible.

1900: Wilhelm Maybach dissenyà un motor segons especificacions d' Emil Jellinek, per a ser fabricat a la fàbrica de Daimler Motoren Gessellschaft. El motor s'anomenà Daimler-Mercedes pel nom de la filla del senyor Jellinek. Automòbils amb aquest motor foren construïts des de 1902.[38][39]

1901: Packard. Avanç manual de l'encesa.

1901: George Herbert Skinner. Carburador SU.

1903: Konstantin Tsiolkovsky. Preconitzava l'ús de coets amb combustible líquid per a arribar a l'espai exterior, fora de l'atmosfera terrestre.

1903: Aegidius Elling construï una turbina de gas amb un compressor centífug. La primera turbina de gas que va funcionar.

1905: Alfred Buchi va patentar el turbocompressor i en va fabricar alguns.

1905: Cameron Waterman patentà un motor de foraborda de 4 temps. El 1907 en va fabricar uns 24. Els cinc anys següents en va vendre milers d'unitats.

1905: Bateria elèctrica usada en automòbils. Només per al sistema d'enllumenat.

1903-1906: L'equip format per Armengaud i Lemale construï una turbina de gas amb tres compressors accionat per una turbina. La relació de compressió era molt baixa, 3:1, i el rendiment massa petit (aproximadament d'un 3%) feu abandonar el projecte.

1907: Elwood Haynes patentà l'aliatge "Stellite". Encara usat en seients de vàlvules de motors.

1908: Ernest Godward, neozelandès, inventà un "economitzador" de combustible.[40]

1908: Hans Holzwarth investiga de forma pràctica en una turbina basada en el cicle Otto. La combustió es produïa a volum constant i, a igualtat de materials, havia de tenir més rendiment que les turbines de cicle Brayton. L'any 1927 havia assolit un rendiment del 13%.[41]

1908: René Lorin patentà un disseny de motor "ramjet".

1908: Comença la fabricació de l'automòbil Ford T, amb un motor de 4 cilindres.[42]

1910: Cadillac. Encesa per distribuïdors Delco.

1910: Charles Y. Knight. Patent del motor Knight, sense vàlvules amb camisa corredora. Sembla que hi ha una patent de 1906. [43][44] [45]

1912: Charles Kettering inventà el primer motor d'arrencament pràctic.[46]

1912: Peugeot va guanyar les 500 milles de Indianapolis amb un motor de 4 cilindres en línia i 2 arbres de lleves en culata, de 4.600 cc de cilindrada.[47]

1912: Delage Grand Prix. Vàlvules desmodròmiques.

Innovacions des de la Primera Guerra Mundial fins al final de la Segona

Motor de pistons lliures Pescara funcionant com a generador de gasos calents per a accionar una turbina.

Messerschmitt Me 262A al museu National Museum of the United States Air Force. Amb dos motors de reacció.

Morgan Super Sport amb un motor JAP (1934).

1913: Cadillac. Motors d'arrancament elèctrics en automòbils, accionats per bateria elèctrica.

1914: Motor Hispano Suiza per a avions, model 8A.

1914: Elektron, aliatge de magnesi, molt lleuger (densitat 1,8 g/cm³). Usat en diverses parts de motors.

1916: Auguste Rateau suggerí usar els gasos d'escapament del motor per a accionar compressors i millorar les prestacions dels motors d'aviació a gran altitud.

1920: En un informe a la R.A.F. William Joseph Stern opinava que el motor de turbina no tenia futur en la aeronàutica. Basava les seves conclusions en el baix rendiment dels compressors de l'època.

1920?: Cambra de combustió Heron (dins del pistó amb culata plana). L'inventor, Samuel D.Heron patentaria després les vàlvules refredades amb sodi (1923 i 1929) i milloraria el motor Wright de 9 cil. en estrella amb que Charles Lindbergh va volar sense escales sobre l'Atlàntic en 1927.

1923: Maxime Guillaume patentà la turbina de gas de flux axial. Amb etapes múltiples en el compressor i la turbina i una cambra de combustió de grans dimensions.

1923: Tatra. Motor boxer 2 cilindres refredat per aire.

1924: Ferdinand Porsche. Motor boxer Daimler-Benz (F 7502) 2 cilindres refredat per aire.[48]

1925: Un informe d' Edgar Buckingham al National Bureau of Standards dels Estats Units sobre els motors de reacció declarava que tenien un rendiment insuficient, amb consums de combustible cinc vegades més grans que els motors de pistons.

1925: El suec Jonas Hesselman presentà un motor de gasolina amb injecció directa de combustible.[49]

[50]

1925: Clessie L.Cummins. Patent d'un injector de combustible.[51]

1925: Wilhelm Pape va patentar un motor de volum constant.

1926: Alan Arnold Griffith va publicar un estudi sobre el funcionament i les bases teòriques de les turbines de gas ("Aerodynamic Theory of Turbine Design"), indicant els errors de les tubines construïdes fins aleshores i les millores possibles. Va explicar la manera de construir un turbopropulsor.

1926: Robert Goddard va llançar el primer coet amb propergols líquids.

1927: Bomba de injecció Bosch, de tipus mecànic per a gasoli i destinada a motors dièsel.

1927: Publicació de l'obra "Steam and gas turbines" per Aurel Stodola. Referència dels futurs dissenys de motors a reacció.[52]

1927: Prova d'un turbocompressor d'arbre únic a la Royal Aircraft Establishment, amb àleps de secció aerodinàmica (tipus ala d'avió).

1928: Raul Pateras, marquès de Pescara i resident a Barcelona, patentà un motor de pistons lliures.[53][54]

1928: Motor Waukesha amb relació de compressió variable per a determinar l'índex d'octà.[55]

1928: Automòbil Opel mogut per coets de pólvora negra premsada. (Amb elements aerodinàmics mal dissenyats). A la vegada experimental i publicitari.[56]

[57]

1929: Wright R-975. Motor de 9 cilindres en estrella, refredat per aire.

1929: Lycoming R-680. Motor de 9 cilindres en estrella, refredat per aire.

1929: Frank Wittle va publicar les seves idees sobre motors de reacció.

1929: Motor pulsoreactor patentat a Alemanya per Schmidt.

1929: Patent per a una vàlvula amb sodi a l'interior. Des de 1910 hi havia hagut diversos intents de millorar el refredament de les vàlvules, amb dissenys de vàlvules buides i plenes de mercuri. L'ús del sodi fou un progrés important que s'ha mantingut fins a l'època actual.[58]

1929: Felix Wankel. Patent d'un motor rotatiu.[59]

1930: Studebaker. Avanç de l'encesa pel buit de l'admissió.

1930: Frank White va patentar el motor a reacció.

1930: Cadillac: Motor V16 per a automòbils.

1931: Chrysler. Avanç de l'encesa per buit i força centrífuga combinats.

1931: Tatra. Motor V12 refredat per aigua.[60]

1932: Presentació del motor Bourke, dissenyat per Russell Bourke. Amb sistema "scotch yoke".

1933: Heracio Alfaro. Patent d'un motor amb arbre central i cilindres en disposició de revòlver actuant sobre l'arbre a través d'un sistema de lleves.[61]

1934: Cuirassats Deutschland, Admiral Graf Spee i Admiral Scheer cadascun amb 8 motors dièsel de dos temps i doble acció i una potència total de 52.050 CV.[62]

1935: La firma Opel aplica el granallatge a les molles de vàlvula dels motors. Es tracta d'un procediment que augmenta

molt la resistència a la fatiga.[63]

1936: El francès René Leduc fa funcionar un prototipus de "ramjet".

1937: Patent de Michael Kadenacy (sobre l'efecte Kadenacy en motors de dos temps). Hi ha patents angleses prèvies.[64]

1937: Motor Jumo 204.

1937: El motor de reacció experimental Heinkel HeS 1, amb compressor centrífug i hidrogen com a combustible fa les primeres proves a Hirth.

1937: Patent per a un sistema de compressor amb refredament de l'aire comprimit ("intercooler"). Louis Birkitt (familiar de Marc Birkitt de Hispano Suïça?).[65]

1938: Volkswagen. Motor de 4 cilindres boxer refredat per aire.

1940: Alfa Romeo 6C2500. Sistema elèctric de injecció de gasolina Caproni-Fuscaldo.[66]

1940: Brown Boveri. Compressor Compres, per ones de pressió.[67]

1941: Jeep.

1941: Tanc Sherman. Amb motor Wright (vegeu Wright R-975, any 1929) fabricat per Continental.

1942: Primer vol d'un avió amb motor de reacció, amb el Messerschmitt Me 262.[68]

1942: Tanc Tiger amb motor Maybach HL 230 P45, de 12 cilindres en V.

1942: Motor Rolls-Royce Merlin 61. Primer motor d'aviació amb compressor centrífug de dues etapes amb "intercooler" i "aftercooler".[69]

1945: Stuart Hillborn. Sistema de injecció per a automòbils "hot rod".

Període 1945-2000

Motor d'aviació Continental O-520. De 6 cilindres oposats en pla (bóxer) i refredats per aire

Motor Ferrari 125 "Testa Rossa" de 1961, amb sis carburadors Weber de doble cos. Vegeu les trompetes d'admissió just al damunt

Automòbil de competició STP Oil amb motor de turbina de gas. 500 Milles de Indianapolis, 1967. Vegeu la turbina disposada longitudinalment a l'esquerra del pilot

1947: Primer motor Ferrari V12, dissenyat per Gioacchino Colombo. Dues vàlvules per cilindre, un arbre de lleves en cada culata i una cilindrada total de 1.496,77 cc. Amb una relació de compressió de 7,5:1 donava una potència de 118 CV (88kW) a 6.800 rpm.

1947: Dykes. Patent per a un anell de pistó en forma de L. Paul de Kantzow Dykes (UK).[70]

1948: Citroën 2 CV. Motor de 2 cilindres boxer refredat per aire.

1949: Motor BRM V16.[71]

1950: Motor Napier Deltic.

1950: Rover Jet. Automòbil de turbina de gas.

1951: Tony Vanderwell. Primers èxits dels coixinets llisos de paret prima (Thin-Wall bushings o Thin wall bearings en anglès) en motors de competició.[72]

1951: Daniel Zimmermann. Primera vàlvula rotativa en motors de 2 temps? [73]

1952: Bosch. Sistema de injecció de gasolina en automòbils de turisme (Goliath GP700, Gutbrod Superior 600).

1953: Walter Kaaden. Va perfeccionar la vàlvula rotativa o vàlvula de disc en els motors de dos temps a la firma de motocicletes MZ. [73]

1954: Primer prototipus funcional del motor rotatiu de Felix Wankel.[74]

1956: Injecció de combustible Lucas, per sistema mecànic. Usada per primer cop en els automòbils Jaguar tipus D.[75]

1956: W.C. Bubniak. Patent per a un recuperador de calor rotatiu. Usat en algunes turbines de gas posteriors.[76]

1957: Motor Napier Deltic Turbocompound.

1957: A la Zona Franca de Barcelona s'inicià la producció del SEAT 600. Amb un motor de gasolina de 4 temps, 4 cilindres i 633 cc.

1957?: Coixinets aerodinàmics ("Foil bearings" o "foil-air bearings" en anglès). Usats en turbines de gas. No necessiten ni oli, ni aire a pressió per a funcionar.

1959: Chevrolet Corvair. Motor 6 cilindres boxer refredat per aire.

1961: Delco Division (General Motors). Distribuïdor sense contactes ni condensadors, basat en l'electrònica.

1963: Motor Porsche 6 cilindres oposats en pla (bóxer), refredat per aire forçat. Originalment tenia una cilindrada de 2000 cc i equipava el model 911.

1963: Rover-BRM. Automòbil esportiu que participà en les 24 hores de Le Mans.[77][78]

1963: Automòbil de turbina Chrysler Turbine, fabricat en petita sèrie per a proves reals en carretera.

1966: Motor BRM H16 (Referència BRM P75). Aquest motor de competició, dissenyat per Tony Rudd i Geoff Johnson, estava format per dos motors de 8 cilindres bòxer superposats amb dos cigonyals connectats entre sí. Va tenir molts problemes per manca de fiabilitat.

1966: Wesley V. Taylor. Patent per a una turbina de gas amb recuperador rotatiu de calor.[79]

1967: Motor Ford Cosworth per a Fórmula 1, 3000 cc, V8.

1967: Un STP Oil Special amb motor de turbina participà (i va estar a punt de guanyar) a les 500 milles de Indianapolis.

1967: Motor BMW Apfelbeck per a Fórmula 2. Amb 4 vàlvules en disposició radial.[80]

1968: Harry Ricardo; Libre "The high-speed internal combustion engine".

1968: Howmet. Automòbil esportiu amb motor de turbina de gas.

1973: Camió dúmper prototipus Terex 33-19 "Titan". Amb un motor de 16 cilindres en V de 169,49 litres i una potència de 3300 CV(2500 kW).

1980: Renault Fórmula 1. Vàlvules amb molla pneumàtica.

1983: Porsche 917/30. Motor 12 cilindres en V de 180 graus (cilindres en pla però no del tipus bóxer). Amb dos turbocompressors i 1580 CV (1180 kW).

1983: La societat Agip proporciona a Ferrari una gasolina amb aigua emulsionada per a Fórmula 1.[81]

1983?: Artés Jet (Barcelona). Primera microturbina axial per a aeromodels.[82][83]

1984: Michael L. McKay. Patent d'un sistema de injecció de combustible a baixa pressió assitit per aire. Propietat de l'empresa australiana Orbital.[84][85]

1990: George J. Coates. Patent d'una vàlvula rotativa.[86]

1991: Victòria d'un Mazda 787 B a les 24 Hores de Le Mans. Amb un motor Wankel de 4 rotors.

1995: Patent d'un sistema termo-fotoelèctric de generació d'electricitat a partir de la combustió de gas.[87][88]

1997: Patent d'un motor de turbina amb cicle de detonació ("Detonation Cycle Gas Turbine engine").[89]

1997: Viking 29. Automòbil construït amb motor elèctric i generadors termo-fotoelèctrics per combustió de gas.[90]

1997: Honda, mini motor de 4 temps. Cilindrada 22 cc. Potència 0.74 kW (1hp) a 7000 rpm.[91][92]

Innovacions en el segle XXI

El vaixell portacontenidors Emma Mærsk , amb un motor principal Wärtsilä , dièsel de 14 cilindres i 109.000 CV

2001: Motor de 4 temps amb distribució per camisa rotativa.[93][94]
 2004: Camió dúmper Liebherr T 282B. Càrrega útil de 347 Tm. Amb un motor de 20 cilindres en V de 90.000 cc (90 litres).
 2003: Motor dièsel per a aeronàutica. 93 kg, 100 CV.[95]
 2005: Audi R10. LMP1 (Le Mans Prototype). Amb motor turbo dièsel, V12, 5500 cc, potència de més de 650 CV. Guanyador de les 24 Hores de Le Mans de 2006, 2007 i 2008.
 2005: Julian A. Decuir i altres. Patent per a un sistema desmodròmic per a vàlvules.[96][97]
 2005: Fundació d'una empresa que dissenya i fabrica microturbines de gas amb seu a Mataró[98][99]
 2006: Motor Wärsilä dièsel de dos temps, catorze cilindres i 80 MW (109.000 hp) de potència.[100]
 2006: Microturbina de gas. Potència de 100 W a 500.000 rpm.[101]
 2010: Una de les patents sobre el sistema Gerotor. Es tracta d'una mena de turbina que disposa de compressor i expansionador de gasos a base d'engrenatges "sense fregament", evitant les pèrdues aerodinàmiques del àleps de les turbines convencionals.[102]
 2010: Motor Mazda amb injecció directa de gasolina i relació de compressió 14:1.[103]

Referències

? to: 1,0 1,1 Ritti, Grewe & Kessener 2007, p. 161(anglès)
 ? «La máquina romana de serrar piedras. La representación en bajorrelieve de una sierra de piedras de la antigüedad, en Hierápolis de Frigia y su relevancia para la historia técnica (traducción al castellano: Miguel Ordóñez)», Las técnicas y las construcciones de la Ingeniería Romana, V Congreso de las Obras, 2010, pp. 381–401, http://www.traianvs.net/pdfs/2010_15_grewe.pdf
 ? «Die Reliefdarstellung einer antiken Steinsägemaschine aus Hierapolis in Phrygien und ihre Bedeutung für die Technikgeschichte. Internationale Konferenz 13.–16. Juni 2007 in Istanbul» (en alemany), Bautechnik im antiken und vorantiken Kleinasien, Byzas, 9, Istanbul: Ege Yayınları/Zero Prod. Ltd., 2009, pp. 429–454 (429), ISBN 978-975-807-223-1, <http://www.freundeskreis-roemerkanal.de/Text/BAUTECHNIK%20IM%20ANTIKEN%20UND.pdf>
 ? «A Relief of a Water-powered Stone Saw Mill on a Sarcophagus at Hierapolis and its Implications» (en anglès), Journal of Roman Archaeology 20: 138–163 (161), 2007
 ? OGATA, Masanori; Yorikazu SHIMOTSUMA. «Origin of Diesel Engine is in Fire Piston of Mountainous People Lived in Southeast Asia». First International Conference on Business and technology Transfer. Japan Society of Mechanical Engineers, October 20-21, 2002. [Consulta: 2007-05-28].
 ? Raghavan, M. D.. «The Fire-Piston in South India.». Man p. 104–106. Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, July 1935. [Consulta: 2007-08-04].
 ? Pistó foguer. Relació amb el motor dièsel.
 ? to: 8,0 8,1 Donald Routledge Hill (1998). Studies in Medieval Islamic Technology II, p. 231-232.
 ? Onkar Singh. Engineering Thermodynamics. New Age International, 1 January 2007, p. 367–. ISBN 9788122417500 [Consulta: 16 octubre 2010].
 ? Electric Pistol
 ? Antoni Quintana i Marí. Aportació dels primers aeronautes al coneixement de la química de l'aire a les darreries del segle XVIIIè: reconstrucció i valoració de les ascensions de l'italià Vincenzo Lunardi a Madrid el 12 d'agost de 1792 i el 8 de gener de 1793. Institut d'Estudis Catalans, 1996, p. 13–. ISBN 9788472833517 [Consulta: 18 octubre 2010].
 ? Volta. Piles i bateries.
 ? Curley, Robert. The 100 Most Influential Inventors Of All Time (en anglès). The Rosen Publishing Group, 2009, p.59. ISBN 1615300031.
 ? (francès) Le Pyrèolophore, PDF
 ? (francès) Nicéphore Niepce
 ? (francès) Pyrèolophore
 ? «The History of the Automobile - Gas Engines». About.com, 2009-09-11. [Consulta: 2009-10-19].
 ? Howard B. Rockman; IEEE Antennas and Propagation Society. Intellectual property law for engineers and scientists. Wiley-IEEE, 24 May 2004, p. 171–. ISBN 9780471449980 [Consulta: 16 octubre 2010].
 ? T. Gill (1826), The Technical repository, p.383
 ? Engine cooling Summary
 ? Car History 4U - History of Gas Powered Motorised Vehicles
 ? Sadi Carnot. Réflexions sur la puissance motrice du feu, et sur les machines propres à développer oette puissance Gauthier-Villars, 1824, p. 69– [Consulta: 15 octubre 2010].(francès)
 ? John W. Klooster. Icons of Invention: The Makers of the Modern World from Gutenberg to Gates. ABC-CLIO, 2009, p. 221–. ISBN 9780313347450 [Consulta: 17 octubre 2010].(anglès)
 ? The Steam-Engine and Other Heat-Engines. CUP Archive, p. 585–. GGKEY:ETWFXD37U2D [Consulta: 18 octubre 2010].(anglès)
 ? Plantilla:The Timetables of Science

? Bateria d'elements "secs".

? Earl Davis; Diane Perkins-Davis. Supercharging, Turbocharging and Nitrous Oxide Performance. MotorBooks International, 28 January 2002, p. 40–. ISBN 9780760308370 [Consulta: 18 octubre 2010]. Informació sobre la patent del compressor Roots.(anglès)

? to: 28,0 28,1 Máquinas una historia ilustrada; Sigvard Strandh ISBN:84-86115-20-5

? <http://services.eng.uts.edu.au/~johnd/ICEngines/HISTORY%20OF%20THE%20OTTO.pdf>

? «Battery History and Development» (en anglès).

? Article sobre el motor Ready de George Brayton.(anglès)

? [1]

? Animació d'un motor Atkinson (anglès)

? Plantilla:US patent reference

? Ransome-Wallis, Patrick. Illustrated Encyclopedia of World Railway Locomotives. Courier Dover Publications, 2001, p. 27. ISBN 0486412474.

? Georgano, G.N. Cars: Early and Vintage 1886-1930 (London: Grange-Universal, 1990), p.22.

? Ronald Barker; Anthony Harding. Automobile design: great designers and their work. David & Charles, 19 November 1970 [Consulta: 13 octubre 2010]. Motor de dos cilindres horitzontals oposats i dos cigonyals. Pàg. 60

? NNDB Mapper:"Wilhelm Maybach"

? The history behind the Mercedes-Benz brand and the three-pointed star. eMercedesBenz.com. April 17, 2008.

? Una de les 72 patents d'economitzadors.(anglès)

? Turbina de gas pulsant.(anglès)

? <http://library.thinkquest.org/27629/chronicle/1908.html>

? Patent d'un motor amb "sleeve valve"(anglès)

? Video de funcionament d'un motor Knight.(anglès)

? [2](anglès)

? [3]

? Darke, p.1686 & 1688.

? Daimler-Benz (F 7502)

? Scania fordonshistoria 1891-1991 (en suec), 1992. ISBN 91-7886-074-1. (Translated title: Vehicle history of Scania 1891-1991)

? Volvo – Lastbilarna igår och idag (en swedish), 1987. ISBN 91-86442-76-7. (Translated title: Volvo trucks yesterday and today)

? Primera patent Cummins d'un injector per a motors dièsel. (anglès)

? Korpela, Seppo A. Principles of Turbomachinery (en anglès). John Wiley & Sons, 2012, p.10. ISBN 1118162447.

? Patent de 1928 d'un motor de pistons lliures.

? Marca forçosa de Barcelona amb un prototipus de motor de pistons lliures. (francès)

? [4] (anglès)

? [5] (anglès)

? [6] (anglès)

? Patent d'una vàlvula amb sodi a l'interior (anglès)

? A. Golovin; V. Tarabarin. Russian Models from the Mechanisms Collection of Bauman University. ??????????????????, 7 November 2008, p. 169–. ISBN 9781402087752 [Consulta: 23 octubre 2010].

? Georgano, G. N. Cars: Early and Vintage, 1886–1930. (London: Grange-Universal, 1985)

? Motor Alfaro, Vegeu Dyna-Cam (anglès)

? A Short History of Naval and Marine Engineering. CUP Archive, p. 337–. GGKEY:07FJ5RRB9XX [Consulta: 14 octubre 2010].

? George E. Totten. Handbook of residual stress and deformation of steel. ASM International, 2002, p. 345–. ISBN 9780871707291 [Consulta: 22 març 2011].(anglès)

? Patent USA de l'efecte Kadenacy. (anglès)

? Patent per a un sistema "intercooler" (anglès)

? Sistema de injecció de gasolina Caproni

? [7] (anglès)

? Hecht, Heinrich. The World's First Turbojet Fighter - Messerschmitt Me 262. Atglen, Pennsylvania: Schiffer Publishing, 1990. ISBN 0-88740-234-8.Plantilla:Page needed

? David B. Thurston. The world's most significant and magnificent aircraft: evolution of the modern airplane. SAE, August 2000, p. 116–. ISBN 9780768005370 [Consulta: 15 octubre 2010].(anglès)

? Patent per a segments de pistó Dykes (anglès)

? BRM V16(anglès)

? "Vandervell was running his own Ferrari 375 as the Thinwall Special using his own thinwall bearings which were to become the established norm for engine bearings in the future".(anglès)

? to: 73,0 73,1 [8](anglès)

-
- ? Patent USA del motor rotatiu per Felix Wankel
 - ? Colin Campbell. Design of racing sports cars. R. Bentley, 1973. ISBN 9780837600819 [Consulta: 18 octubre 2010]. Injecció Lucas.Pàg.199(anglès)
 - ? Recuperador de calor rotatiu. Vegeu turbines de gas per a automòbils: BRM-Rover, Chrysler, ...(anglès)
 - ? Automòbils BRM amb turbina de gas.(anglès)
 - ? Article BRM Turbina , 24 hores de Le Mans(anglès)
 - ? [9](anglès)
 - ? [10](alemany)
 - ? Web sobre injecció d'aigua als motors.(anglès)
 - ? Història de la primera microturbina de gas axial.(castellà)
 - ? Fabricants de microturbines.(anglès)
 - ? [11](anglès)
 - ? Orbital. Any 1988.(anglès)
 - ? Spherical rotary valve assembly for an internal combustion engine(anglès)
 - ? [12](anglès)
 - ? [13](anglès)
 - ? US Patent n. 6.000.214.(anglès)
 - ? [14](anglès)
 - ? [15](anglès)
 - ? [16](anglès)
 - ? Funcionament camisa rotativa.(anglès)
 - ? Patent camisa rotativa.(anglès)
 - ? Imatges.(anglès)
 - ? [17](anglès)
 - ? Video(anglès)
 - ? Microturbines a Catalunya.
 - ? Web de la societat de microturbines.(castellà)
 - ? admin. «Worlds largest most efficient diesel engine - Wartsila | Claverton Group». Claverton-energy.com, 2009-06-19. [Consulta: 2010-04-03].
 - ? Notícia i imatge.(anglès)
 - ? Una de les patents Gerotor.
 - ? Motor de gasolina per a turismes amb la relació de compressió més alta del món.(anglès)

Enllaços externs

Pàgina que tracta de motors experimentals i innovacions(anglès)
Fabricants de motors per a avions ultralleugers. Amb enllaços.