

Különleges motorkonstrukciók

MDI sűrített levegős motor

Valamit feltalálni egy dolog, ezért elismerést és támogatást szerezni már egy egészen más kérdés. Ezt a saját bőrén tapasztalhatta meg Guy Nègre, a Motor Development International (MDI) alapítója és a sűrített levegővel működő dugattyús motor szellemi atyja. A történet csaknem két évtizede kezdődött, azonban ma is csupán szép ígéretnek tűnik az egész.



Guy Nègre neve motorfejlesztő berkekben ismerősen csenghet, hiszen csaknem 100 belső égésű motor fejlesztésében vett aktívan részt. Pályafutásának jelentősebb alkotásai a Renault R8 Gordini Wankel-motorja, könnyű repülőgépmotorok (SACMA), illetve a '80-as években egy 3,5 literes, W12-es Formula-1-es motor. Most egészen egyszerűen azt állítja, hogy Cyril nevű fiával kidolgozták és licenc formájában áruba bocsátják a jövő motorját. Azért hozta létre még 1991-ben az MDI holdingot Luxemburgban, hogy jövőbe mutató motortechnológiákat fejlessen ki. Két évvel később vetette bele magát a későbbi fejlesztési irányba, egy olyan motort vizionálva, amely sűrített levegővel működik. Hamarosan sor került az MDI-motor első prototípusának tesztelésére is. További számtalan prototípuson keresztül bő tíz év fejlesztőmunka eredményeként elkészült a 34 P04 kódjelű motortípus, egy szériaérett négyhengeres. A „sűrített levegős technológia” angol rövidítéséből adódóan korábban minden termékük (motor, jármű) nevében szerepelt a CAT (Compressed Air Technology) megnevezés. A közelmúltban azonban meggyeztek a motorfejlesztés/gyártás terüle-

tén már jóval nagyobb múltra visszatekintő Caterpillar céggel, hogy a továbbiakban nem használják az utóbbiak által „bejártott” rövidítést.

Levegős motor

Az MDI-motor alapötlete, hogy egy dugattyús motort sűrített levegővel hajtsanak meg, így a környezetszennyezés teljes egészében kiküszöbölhető. Számtalan szabadalmaztatott megoldást alkalmazva próbálták meg realizálni a leghatékonyabb expanziót, hogy egy tele tank sűrített levegővel a lehető legnagyobb távolságot

lehesse megtenni. A fejlesztőmunka eredménye egy olyan dupla forgattyús mechanizmus lett, amelynél a dugattyú a lehető legtávolabb van a felső holtpontri (FHP) helyzet közelében. Így ugyanis magas fordulatszámok esetén is elég idő áll rendelkezésre a dugattyú sűrített levegővel való megtöltésére. A különleges mechanizmusnak köszönhetően sikerült elérni, hogy a dugattyú 70 főtengelyfokig egészen közel van az FHP-hoz.

A motor további érdekessége, hogy a Scuderi motorhoz hasonlóan (Autótechnika 2009/10) ez is egy ikerdugattyús konstrukció. Az egyik henger elősűrítést



1. ábra

végez, vagyis a légköri levegőt 20 bar nyomásra sűrítve – miközben az 400 °C-ra hevül – benyomja a keverőtérbe. Itt egy adagolószelep a jármű magasnyomású légtartályából levegőt ad hozzá, ami a magasabb hőmérsékletet átvéve robbanásszerűen kitágul és az expanziós hengerben munkát végez.

Hogy az expanzió mennyire tökéletesen megy végbe, arról a kipufogott levegő hőmérséklete árulkodik igazán. Ez a levegő ugyanis egészen fagypont alá hűl, 0 és -15°C között hagyja el a járművet. Ez pedig kiválóan – és nem utolsósorban ingyenesen, vagyis külön hajtóteljesítmény nélkül – alkalmazható az utastér hűtésére forró nyári napokon.

Mégiscsak benzines

Innovatív sűrített levegős motorja köré dolgozta ki az MDI a CityFlowAir és a MiniFlowAir nevű városi autócskákat. Nem meglepő módon tisztán sűrített levegős meghajtással nem lehet gyorsulási versenyeket nyerni. Ez leegyszerűsítve egyfajta léggömbnek is felfogható, amit először is felfújunk, majd hagyunk ismét kiürülni.

A hajtóanyaggal való takarékoság akkor is fontos, ha az szinte ingyen van, és kimeríthetetlen tartalékokkal rendelkezünk belőle, hiszen a megfelelő hatótávolság csak így biztosítható. Különösen a város-határt átlépve válik ez fontossá. Ezt szem előtt tartva már nem sikerült megkerülni a hagyományos (fosszilis, ill. megújuló) tüzelőanyagokat, amelyeket egy levegő-előmelegítőben égetnek el. A többhengeres MDI-motorban többszörös expanzió játszódik le. Két expanziós fázis között a levegőt felmelegítve nagyobb nyomást és így nagyobb teljesítményt kapunk.

A levegő felhevítéséhez bármilyen tüzelőanyag megfelel, így akár az alternatív tüzelőanyagok is számításba jöhetnek.



A kettős hajtóanyagú MDI-motor működési elve



1. Sűrített levegő-tartály (szénszál erősítésű kompozit)
2. Szelep 1
3. Szelep 2
4. Külső égéstér/levegő előmelegítő
5. Szívószelep (szelep 3)
6. Hengerfej 2 dugattyúval
7. Hajtórudak és főtengely
8. Külső szívócsatorna
9. Kipufogócsatorna

2. ábra

Az 5 szívószelep nyitott állásában 30 bar nyomású sűrített levegő tolja lefelé a kisebb dugattyút, egészen az alsó holtponthoz közeléig, miközben a nagyobb dugattyú – a különleges forgattyús mechanizmusának köszönhetően – mindvégig a felső holtponthoz közelében tartózkodik. A szívószelep zárását követően a beáramlott sűrített levegő átáramlik az expanziós hengerbe, ahol az expanzió során lefelé mozdítja a nagyobb dugattyút. Amikor a dugattyú eléri az alsó holtponthoz, majd a levegő a nagyobb dugattyú felfelé mozgásával távozik a hengerből.

A nagyobb dugattyú tetején található egy koncentrikusan elhelyezkedő kisebb dugattyú, amely kisebb terhelések esetén légkompresszorként biztosíthatja a motor működéséhez szükséges sűrített levegő egy részét. A kompressziós ütemben ugyanis 30 bar nyomásra képes sűríteni az előzőleg beszívott légköri levegőt a nagyobb dugattyú „kinövése”. Ez a sűrített levegő aztán átmegy a külső égéstér/levegő-előmelegítőn. Mivel itt állandó nyomáson hevül fel, ezért a térfogata 3...5-szöröse lesz, mielőtt eléri a kisebb dugattyút.

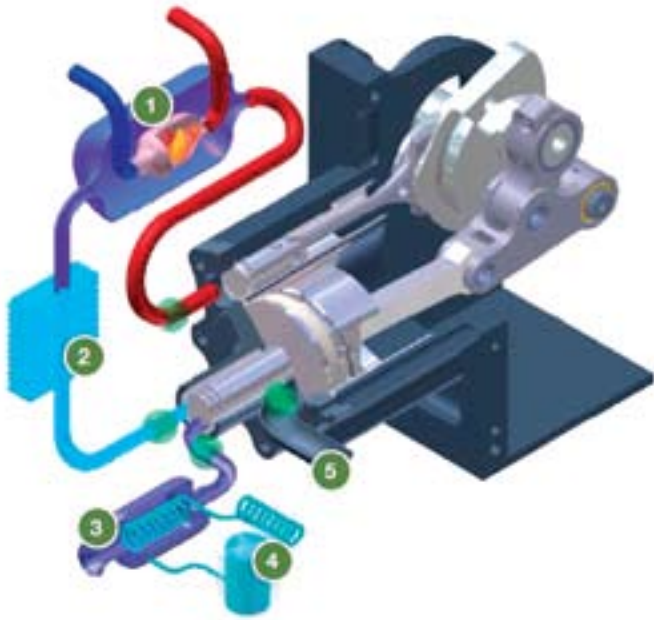
Az MDI-féle aktív kamra (a két dugattyú közös „égéstere”) tehát, egy hagyományos belső égésű motorral összevetve, kétszer akkora hatékonyságot tesz lehetővé, mivel ugyanaz a sűrített gázmennyiség kétszer kerül felhasználásra. További előny, hogy a különleges forgattyús mechanizmusnak köszönhetően a két dugattyú 270 fokos elforduláson keresztül hajtja a főtengelyt, szemben a hagyományos 180 fokkal.

Szintén az aktív kamrának tulajdonítható, hogy a motor nyomatéki görbéje igen lapos, ami azt jelenti, hogy mind a nyomaték, mind a motorikus hatásfok minden fordulatszám-tartományban közel állandó. Ez autóiipari felhasználás esetén egyszerűbb tengelykapcsolót és nyomatékváltót eredményezhet, stabil motorok esetében pedig nagyobb teljesítményszintet.

Jelen állapotában az MDI-motor hatásfoka körülbelül 40%. A mérnökök azonban már tovább gondolkodtak, és 80%-os hatásfoknál tartanak (kivett energia per befektetett energia). Mindez a közeljövőben bevetésre kerülő „hideg égésfolyamattal” és szolartermikus vagy hőszivattyús levegőmelegítéssel érhető el. A vízió szerint a jelenlegi 2,5 liter/100 km-es fogyasztás helyett a jövőben az 1 l/100 km-es fogyasztás is elérhető lesz.

A motor valóban „mindenevő”, tehát nem szükséges például a növényi olajokat biodízzelé finomítani, vagy a bioetanolt vízmentesíteni. Amennyiben ezek a tüzelőanyagok nem robbanásszerűen heves fo-

lyamat során égnek el, mint egy dugattyús motorban, hanem folyamatosan, akkor ez kevesebb káros anyag képződéséhez vezet. Ezt a lényegesen csekélyebb nyers emissziót pedig a jelenlegi szabályozási



3. ábra: 1 – külső hőközlés; 2 – hőcserélő; 3 – levegőbelépés; 4 – hűtőszivattyú; 5 – levegőkilépés

környezetet alapul véve nem is szükséges tovább mérsékelni különböző kipufogógáz-utókezelési technikákkal.

Az előzőeket a számok nyelvére lefordítva azt kapjuk, hogy egy ilyen előmelegítővel – mint hatósugár-növelővel – ellátott MDI-jármű nitrogén-oxidokat (NO_x) gyakorlatilag nem bocsát ki, elégtelen szénhidrogén-kibocsátása 3–4000-szer kevesebb, CO_2 -kibocsátása pedig csupán harmada egy hasonló teljesítményű hagyományos dugattyús motorral hajtott járművel összevetve.

A gyakorlatban

A 34-es motortípus egy 800 köbcéntiméter összlökettérfogatú, boxer hengerelrendezésű, négyhengeres motor. Ez az erőforrás a kispolszki olvasóink számára nem ismeretlen 25 lóerő teljesítményt és 60 Nm nyomatékot szolgáltat. A normál állapotában 90 köbméternyi hajtóanyagot 300 bar nyomással 3 tartályba sűrítik, amelyek a minél alacsonyabb súlypont érdekében az A- és B-osztályos Mercedesekhez hasonlóan a szendvicsszerkezetű padlóban helyezkednek el.

A sűrített levegős dugattyús motorhoz egy elektromotor is csatlakozik. Ez szolgál indítómotorként és generátorként, illetve biztosítja, hogy a sűrített levegős tartályok az elektromos hálózatról is feltölthetőek legyenek az MDI-motor dugattyús kompresszorként történő alkalmazásával. Egy ilyen teletankolás mintegy 3-4 órát vesz igénybe.

Útközben a gázpedált felengedve az elektromotor generátorüzemben, mintegy motorfékként, lassítja a járművet. Ezzel két legyet ütnek egy csapásra, hiszen az MDI-motor amúgy nem rendelkezik motorféküzemmel, és így még a mozgási energia egy része is visszanyerhető.

Tengelykapcsolóra nincsen szükség. A jármű indítása egy mágneses lemez segítségével történik, amely visszavezeti a motort ilyenkor magas nyomáson elhagyó levegőt, hogy aztán ott további munkát végezve végül meginduljon a jármű. Parkolásnál és kis sebességű manőverezésnél

igazi fullhibrid módjára az előbb említett, 5 kW teljesítményű elektromotor is képes mozgatni a járművet.

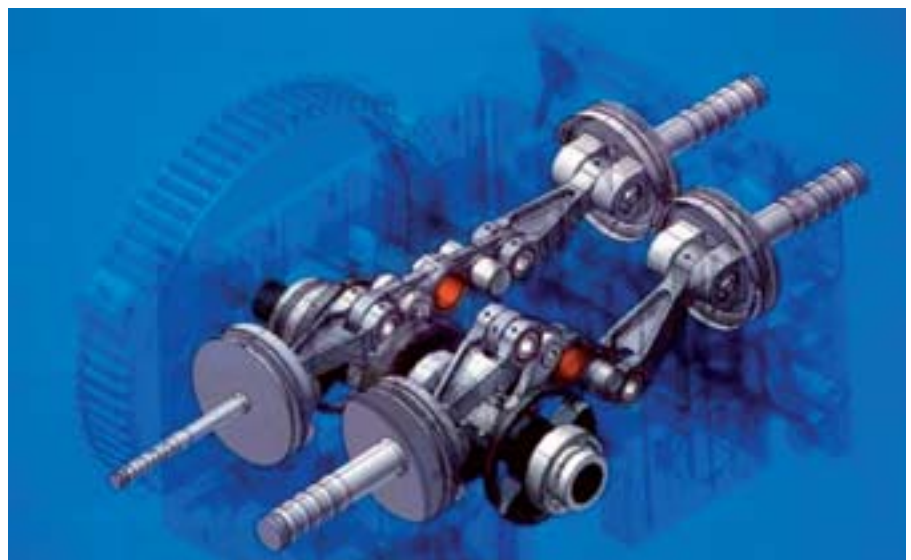
Könnyűszerkezetes

Egy jármű energiahatékonyságának, ill. ezzel együtt a hatótávolságának a növelésére a leginkább kézenfekvő megoldás a menetkész tömeg lehető legalacsonyabb szinten tartása. Ennek megfelelően az MDI alumíniumprofilokból hegesztett vázra építi a járművei karosszériáját, amely üvegszálás műanyagból és poliuretán habból készül.

A szó hagyományos értelmében autónak vehető járművek közül a legkisebb a 2,65 méter hosszú, háromszemélyes MiniFlowAir. Ezen méreteiben és használati értékében egyaránt túlmutat a 4,1 méter hosszúságú CityFlowAir modellcsalád, amelynek ötajtós, pick up és zárt áruszállító kivitele is létezik már – legalábbis a tervezőasztalon. 600, ill. 800 kg körüli tömegüknek köszönhetően egy „nagy levegővétellel” mintegy 100 km-t lehet megtenni e járművekkel a városban vagy annak környékén, maximum 130 km/h sebességgel.

MDI Indiában

2006 végén az MDI számára elérkezett a nagy áttörés – legalábbis így gondolták –, amikor is sikerült eladniuk fejlesztési eredményeik licencét Ratan Tata indiai autómágnásnak. Az ő ambiciózus terve – miszerint az egymilliárd fő körüli indiai lakosság számára elérhetővé kell tenni, hogy a kétütemű motorkerékpárjaikat fe-



4. ábra

dett autóra cserélik -, azt eredményezte, hogy tavaly piacra dobták a világ legolcsóbb autóját, a Tata Nanót. A Nano logikus választás lenne a Tata részéről az MDI-motor licencének hasznosítására, hiszen az indiai változat soros kéthengeres motorjának 33 lóerejéhez képest a 25 lóerős sűrített levegős motor nem jelentene olyan komoly visszalépést, ugyanakkor fillérekből (rúpiákból) fenntarthatónak ígérkezik (ehhez nagymértékben hozzájárul az MDI által 50 000 kilométerenként megadott szervizintervallum - ami persze a szervizipari vállalkozásoknak inkább hátrány). A valószínűsíthetően nagy darabszám miatt a fejlesztési költség is sokfelé oszlik, némi felárat pedig még nyilván az indiai vásárlók is hajlandók megfizetni, ha az a későbbi használat során megtérül. Ennek az egésznek a legnagyobb nyertese pedig kétségkívül a környezet lehet.

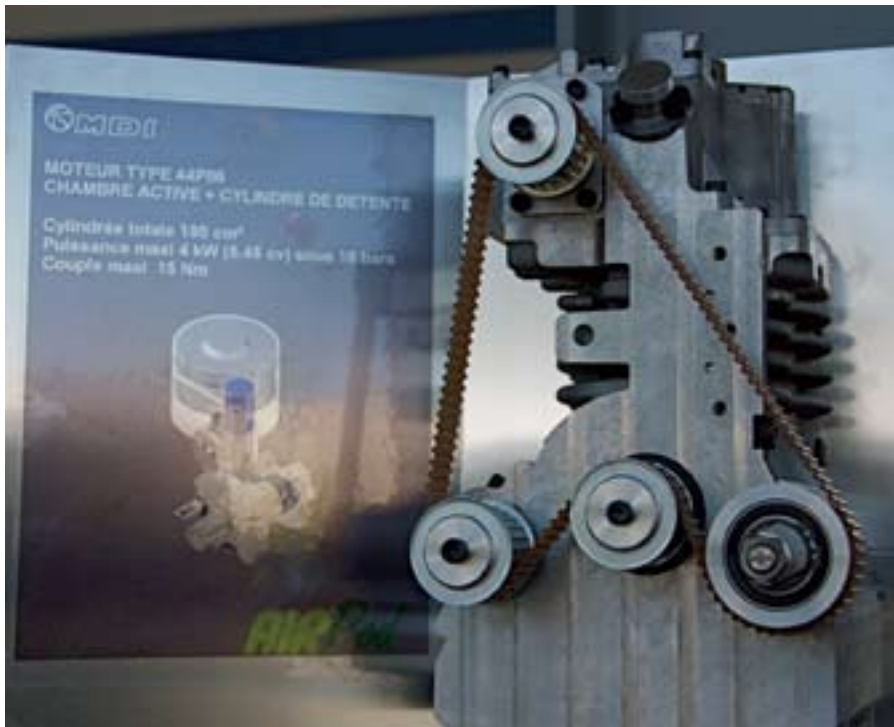
Persze az is lehet, hogy a Tata is egy teljes egészében az MDI által tervezett járművet visz majd gyártásba, jóllehet a lehetséges modellek még csak a tervezőasztalon léteznek. Ezek egyike az - egyszerűségében egy vasgolyóval vetekedő - OneFlowAir, amely nyitott változatban 3500 euró körüli áron lenne gyártható, és a valamivel jobban felszerelt, zárt változat ára sem haladná meg az 5300 eurót. Egy MiniFlowAir ennél 1300, egy CityFlowAir 4000 euróval kerülne többbe, adók nélkül. Az euróban kalkulált árból persze arra lehet következtetni, hogy az élömunka nyugat-európai árával készültek a számítások, így az indiai változatok minden bizonnyal még olcsóbbak lennének.



A benzines léghevítővel támogatott sűrített levegős motorral ellátott OneFlowAir esetében az MDI 800 km-es hatótávolságot valószínűsít, miközben a benzinfogyasztás csupán 1,5 l/100 km, a CO₂-kibocsátás pedig 30-35 g/km.

MDI Belgiumban

2007-ben egy belga vállalkozó megvásárolta az MDI-től a sűrített levegős motorral hajtott MiniFlowAir gyártási jogát. Az eredeti - igen ambiciózus - tervekben az szerepelt, hogy az első példányokat már 2008 végén leszállítják a boldog tulajdonosoknak, 4000 euró körüli irányáron, azonban ez mind a mai napig nem történt meg, és napról napra kisebb az esélye, hogy valaha is bekövetkezik. Jan Peetermans azonban már egy második gyártósor szükségességét is vizionálta, hogy



aztán évente 7500 járművel láthassák el a piacot. A belga üzletember részben azzal magyarázza az általa megadott viszonylag kedvező irányarat, hogy a helyi gyártás következtében megspórolják a szállítási költséget és a vámot. Másrészt nyilván bealkalkulálta a világ szerencsésebb történelmi fejlődésű országaiban az ilyen környezetbarát járművekre érvényes adókedvezményeket is.

Realitás

A leginkább kidolgozott, szériaérettséghez közeli állapotban az AirPOD fantáziavető, háromkerékű (bár az első kerék bizonyos esetekben dupla) autóska áll. Néhány darabos flottákkal már megkezdődtek a tesztek – így például a KLM főhadiszállásán, az amszterdami Schiphol reptéren. Következő lépésként a franciaországi Nizzában szeretnék egy „fogd és vidd” rendszerű automata autókölcsönző hálózatot kiépíteni. Az erről szóló szándéknyilatkozatot már alá is írták a felek, és további városok érdeklődnek a technológia iránt.

Az AirPOD-ban nem a négyhengeres motor található, hanem egy 44P06 jelű, egyhengeres, 180 köbcentiméteres. Ennek maximális teljesítménye 4 kW (5,45 LE), csúcnyomatéka 15 Nm. A kompakt méretnek (HxSxM: 2,07m x 1,60m x 1,74 m) és a poliuretán habbal fedett kompozit térháló szerkezetnek köszönhetően csupán 220 kg-os

száraz tömeg jóvoltából azonban 70 km/óra a jármű műszaki végsebessége. Lesz azonban mopedautóként forgalomba helyezhető változat is – annak minden előnyével és hátrányával (bár NY-Európában kétségtelenül az előnyök vannak többségben). A hatóságilag engedélyezett legnagyobb sebesség ez utóbbi esetben 45 km/óra. A 175 literes szénzsal erősítésű termoplast tartályban 350 bar nyomáson tárolt sűrített levegővel akár 220 km is megtehető, így 100 km megtétele mindössze 0,5 euróba kerül! Az AirPOD-nak létezik egy 3 személyes polgári és egy áruszállító változata. Utóbbival akár 1,1 köbméter áru is szállítható, 300 kg-os terhelhetőség mellett.

A jármű két további érdekességgel is bír. Az egyik, hogy az irányváloztatás nem az első kerék elfordításával történik, hanem az irányító joystick oldalirányú kitérítése következtében a hátsó kerekekhez oldalanként különböző mértékű hajtóerő jut, aminek köszönhetően a fordulókör átmérője csupán 3,8 m. A másik érdekességet a jármű passzív biztonságának újraértelmezése jelenti. A légszások ugyanis az AirPOD-on kívül vannak. Amennyiben a jármű úgy érzékeli, hogy az ütközés elkerülhetetlen, felfúvódnak a légszások és a mozgási energia (legalábbis annak egy jelentős része) már a járművön kívül elnyelődik. A fedélzeti sűrített levegő szükség esetén tehát „lufifújásra” is bevethető. További érdekesség, hogy – noha ez a jár-

mű tűnik a leginkább kidolgozottnak – az MDI éppen az AirPOD-ra nem közöl a honlapján irányarat.

Hogyan tovább?

Az MDI mérnökiroda autók nagy sorozatú előállításával nem foglalkozik, csupán különböző modelleket tervez a sűrített levegős motorjai köré, amelyeknek a gyártási dokumentációját – természetesen megfelelő ellentételezésért cserébe – bárki számára elérhetővé teszik, hogy aztán a szintén általuk kidolgozott üzleti modellt alkalmazva helyi szinten lássák el a vállalkozó szellemű iparosok a piacokat ezen környezetbarát járművekkel. Néhány prototípusnál és előszériás példánynál tovább még nem jutottak, a távlati tervekben azonban már MDI-motorral hajtott városi buszok és teherautók is szerepelnek. A 25 lóerős 34 P04 motortípushoz képest természetesen növelni kell a lökettérfogatot és a hengerszámot, hogy a haszonjárművek mozgatásához minimálisan szükséges 200 lóerőt elérjék, ez azonban a flexibilis és moduláris tervezésnek köszönhetően nem okozhat gondot.

A technológia mindenesetre ígéretesnek tűnik, és nemcsak azért, mert a Time magazin a 2007-es év innovációjának választotta. A már említettekén kívül igen komoly érdeklődésre tart számot az MDI munkássága Dél-Amerikában, az Egyesült Államokban (Zero Pollution Motors), Új-Zélandon, Hollandiában, Spanyolországban, és ezzel a lista még korántsem teljes.

A magunk részéről szívesen szentelnénk majd pár oldalt az MDI-járművek szerkezeltetésének, amennyiben az elkövetkező években úgy adódik, hogy hazánkban is megveti a lábát. Reméljük a legjobbakat!

HEGEDÜS TAMÁS

Forrás:

www.mdi.lu

<http://www.aircarcompressedairtechnology.com/engine-eng.php>

<http://www.amt.nl/web/Nieuws/Autotechniek/Tonen-Nieuws-Autotechniek/MDI-luchtmotor-luchtfietserij2.htm>

http://www.thefuture.net.nz/mdi_tech.htm

<http://www.higherlevel.nl/forum/index.php?board=26;action=display;threadid=18117>

<http://cid-c5ec3bac63621b8f.skydrive.live.com/browse.aspx/aircars/AIRPOD>

<http://users.telenet.be/sarahgrimonprez/didier/aircars/html/AIRpodENG.html>

http://www.itmdi-energy.com/news/airpod_launch-091008.php