

Scramjet-hypernopeuslentokone



Tulevaisuudessa avaruussukkuloita ja jopa matkustajalentokoneita saattaa liikuttaa rakettimoottorin ja perinteisen suihkumoottorin välimaastoon sijoittuva yliäänipatoputkimoottori eli scramjet. Vaikka onnistuneita testilentoja onkin jo tehty, ei moniin ongelmiin vielä tunnetta ratkaisua.

HANNU TANSKANEN
NASA-LaRC, kuvat

Amerikkaan tunn - tai avaruuteen kiitoradalta?

Maailman ainoan ei-kerta-käyttöisen ja kahdeksantoista miljoonan osansa kanssa kamppailevan avaruussukkulan vaikeudet ovat saaneet tutkijat pohtimaan vaihtoehtoisia avaruuteenlentovälineitä, ja lupaavimmalta vaikuttaa patopaineilmiöön perustuvan patoputkimoottorin eli ramjetin yliääniversion, niin sanotun scramjetin (supersonic air combustion ramjet) uusimmat kehitelmät.

Scramjet ei voi lentää avaruudessa sen enempiä kuin "tavalliseen" ramjet, sillä kumpikin ottaa tarvitsemansa hapen ilmakehästä.

Tässä on kuitenkin juuri scramjetin valtti: avaruussukkulan lähtöpainosta peräti 75 prosenttia on nestemäistä happea, jota scramjet ei siis tarvitse ollenkaan. Sillä päästäisiin edullisesti avaruuden rajalle, josta kiitoradalle nousuun tarvittaisiin enää huomattavasti pienempi ponnistus rakettimoottorilta.

Scramjet-periaatetta hyödyntävä, NASA:n Hyper-X-ohjelmaan kuuluva Boeing X-43 -koekone pitää hallussaan ilmasyöttöisten lentokoneiden nopeusennätystä lukemalla 9,6 Mach eli 9,6-kertainen äänennopeus (noin 11 000 km/h), joka saavutettiin marraskuussa 2004. Nope-

us ei silti riitä kiitoradalle menoon (siihen tarvitaan noin 28 000 km/h loppunopeus), mutta scramjetin teoreettinen huippunopeus lienee jossain 15 Machin tienoilla, ja tarvittava lisänopeus voitaisiin tuottaa tuolla vaatimattomammalla rakettimoottorilla.

Toisaalta scramjet toimii vasta "supersonisen" eli yliääninopeuden "hypersoonisella" alueella, eli noin 5 Machin yläpuolella, joten myös tähän nopeuteen on päästävä ensin toisin keinoin – joko raketilla tai käyttämällä moottoria aluksi tavallisena patoputkimoottorina. Tämä monen käyttövoiman ongelma on

yksi scramjetin toistaiseksi ratkaisemattomista pulmista.

Ennätyskone X-43A oli kiinnitetty pienehköön rakettiin, joka puolestaan laukaistiin B-52-koneen siiven alta. Kun "kantoraketti" saavutti 30 kilometrin korkeuden ja hypersoonisen nopeuden, 3,7-metrinen X-43A irtosi ja kiihdytti oman scramjettinsä avulla 11 sekuntia. Suuremman koekoneen laukaisu tällä tavoin olisi ollut jo hankalampaa.

Yksinkertaisin rakenne

Tulevaisuuden suunnitelmissa scramjet kiihdyttäisi suoraan kiitoradalta, ja matkustajakoneversiona sillä ku-



KOEKONE X-43A (musta osuus) kiinnitettyinä modifioituihin Pegasus-rakettiin. Yhdistelmä lähti matkaan lentokoneen siiven alta, ja oikeassa nopeudessa X-43A erkani raketista ja scramjet-moottori käynnistettiin.



VAIKKA scramjet-moottorin periaate on hyvin yksinkertainen, oli X-43A-koekoneessa valtavasti tekniikkaa. Lyhyen kiihdytyksen jälkeen moottorin jo sammuttua kone vielä liisi pitkän aikaa, ja sitä pystyttiin ohjailemaan. Lopulta koneen annettiin syöksyä mereen.

issa

tistettäisiin nyt rasittavan pitkä lento Atlantin yli vain tunnin luokkaan, jolloin "kokopäiväretki" Amerikkaan olisi mahdollinen! Ratkaistavat tekniset ongelmat ovat kuitenkin vielä suuria, mutta ehkä eivät ylikäymättömän vaikeita edes jo tunnetulla teknologialla.

Nykyisin lentokoneissa käytetty suihkumoottori mahdollistaa parhaimmillaan noin kolminkertaisen äänennopeuden, mutta siitä yli mentäessä moottoriin imettävän ilman hidastuminen ja paineen kasvu kehittävät niin korkean lämpötilan, etteivät kompressorin ja turbiinin siivet sitä enää kestä.

Tästä ylöspäin, lähtien 2,5-kertaisesta äänennopeudesta (eli 2,5 Machista) aina viiteen tai kuuteen Machiin on käyttökelpoinen voimallähde raketien lisäksi vain tavallisen patoputkimoottori ramjet, jossa ei varsinaisesti ole liikkuvia osia. Patopainemoottori on periaatteessa vain putki, joka supistaa vauhdin sisään työntämää ilmaa ja samalla hidastaa ja paineistaa sitä. Alle äänennopeuteen hidastuva ilma sekoitetaan polttoaineeseen, ja syntyvät palokaasut purkautuvat suihkuputkesta taas ulos jopa yläääni-nopeudella.

Kun ylitetään noin 8 Machin no-

peus, kuumenee sisään virtaava, hidastuva ja puristuva ilma jo niin kuumaksi, etteivät materiaalit kestä sitä. Noin 4,5 Machista alkaen ja teoriassa aina noin 15 Machiin asti päästään patopainemoottorin scramjetiksi kutsutulla versiolla, jossa ilman virtaa ei hidastetakaan niin paljon kuin ramjetissä, vaan se virtaa koko moottorin matkalla yläääni-nopeudella.

Vanha keksintö

Vaikka ranskalainen **René Loren** patentoi patoputkimoottorin periaatteen jo vuonna 1908, lennätti keksintö oikeaa lentokonetta vasta

1949, tuolloin ranskalaisen insinööri **René Leducin** konstruktiona. Lentokoneissa patopainemoottoria ei kuitenkaan juuri ole sovellettu. Lähinnä sitä on käytetty muutamissa ohjuksissa, jotka raketimoottori kiihdyttää tarvittavaan alkuvauhtiin.

Patopainemoottorilla päästään samalle nopeusalueelle kuin raketeilla, mutta huomattavasti taloudellisemmin. Kun happi voidaan ottaa ilmasta, säästetään lähes toinen puoli painossa erillisen hapettimen käsittävään rakettiin verrattuna. Tällöin lentovälineen hyötysuhde kasvaa olennaisesti.

Työntövoima/paino-suhde on raketissa kuitenkin lyömätön, ja tämän ominaisuuden kohdalla melko epäedullinen scramjet on siksi kovan kiistelyn ja tutkimustyön kohteena.

Suihkumoottorikoneen nopeusennätys, noin 3,2 Machia, on SR-71 "Blackbirdin" (1964–99) hallussa. Blackbirdin moottorikaan ei enää ollut puhtasverinen suihkumoottori, vaan sen olennaisia komponentteja oli sisääntulovirtausta säättävä kartio, jota voitiin liikuttaa sen pituusakselin suunnassa eri nopeusalueilla, ja se toimi itse asiassa noilla huippunopeuksillaan jo jonkinlaisena suihkumoottorin ja patopainemoottorin välimuotona.

Vaikka patoputkimoottori onkin teoriassa erittäin yksinkertainen, sisältyy sen toimintaan erityisesti yläääni-nopeudessa eli supersoonisen virtauksen alueella monia ongelmia. Yksi suurista ongelmia on polttoaineen liekin pitäminen elossa ilmapirtauksessa, jossa ilma kulkee palosuuttimien ohi tuhannesosasekunneissa. Ongelmaa on verrattu kynttilän liekin säilyttämiseen pyörremyrskyssä.

SR-71:ssä ongelmaa ratkaistiin muun muassa syöttämällä moottoriin ilmaa itsestään syttyviä eli hypergolisia aineita, kuten tyypitetrokisidia ja monometyylihydratsiinia, ja samaa keinoa käytettäneen myös scramjeteissä.

Toinen ongelma on moottorin säätäminen. Tämänhetkiset scramjet-moottorit lentävät tasaisen ilmapvirran saavuttamiseksi vain korkeuden määräämällä vakionopeudella. Mitä korkeammalle siirrytään (ja ilma ohenee), sitä suurempi tämä nopeus on.

Polttoainevalintoja

Vaikka scramjetissä ilma ei suuren nopeutensa ansiosta enää puristukaan niin paljon kuin ramjetissä, se kuumentaa silti moottorin sisäosat yli minkä hyvänsä tunnetun materi-

Kuvas: SKOY

aalin sietopisteen. Vaikka moottorin osat ovat terästä ja eniten kuumenevat otsapinnat keraamista ainetta tai hiilikuitua, niille vaaditaan tehokas jäähdytys estämään niiden sulaminen tai palaminen poroksi. Ratkaisu voisi olla sama menetelmä kuin SR-71:ssä, jossa polttoainetta kierretään jäähdytysaineena ennen käyttöä.

Vety on hyvä valinta scramjet-moottorin polttoaineeksi, sisältäen se kaksi kertaa enemmän energiaa massayksikköä kohden kuin hiilivedyt. Nesteytettyinä noin 20 kelvinasteeseen lämpötilaan (noin -253 celsiusasteeseen) sen lämmönsiirtokyky on omaa luokkaansa. Mutta vedyllä on yksi ratkaisevan huono ominaisuus: tilantarve.

Nesteytettyinäkin kuutiometriin saadaan mahtumaan vetyä vain noin 71 kg, kun esimerkiksi hiilivedyt mahtuu kuutiometriin 800–900 kilogrammaa. Tämä tulee havainnollisesti ilmi avaruussukkulan suuressa vetysäiliössä. Hitaahkosti kiihdyttävässä ja pian ilmakehän läpäisevässä sukkulassa se ei ole suuri ongelma, mutta jatkuvasti ilmakehässä lennettäessä ei suurta tankkia voida ajatella.

Varsin suuriin nopeuksiin on kuitenkin päästy käyttämällä SR-71:een kehitettyä, korkean leimahduspis-

teen hiilivety pohjaista JP-7-polttoainetta. Vaikka hyvin korkeissa lämpötiloissa kuumien pintojen ohi virtaava hiilivety polttoaine saattaa hajota ja tuottaa suuttimet tukkivaa hiiltä, on sitä erään JP-7:n erityisominaisuuden johdosta voitu menestyksellisesti käyttää aina 8 Machin nopeuksiin asti. JP-7 on niin kutsuttu endoterminen neste, eli kun lämpötila nousee riittävän korkealle, sen pitkät molekyyliketjut pilkkoutuvat pienemmiksi, ja tämä reaktio sitoo lämpöä jopa viisi kertaa tavallista enemmän. Lisäksi kaasumaiseksi muuttuneesta hiilivedystä saadaan kymmenisen prosenttia enemmän energiaa kuin nestehiilivedystä.

Vedyn lisäksi toistakin "kryo-polttoainetta" on spekuloitu, nimittäin nesteytettyä metaania eli maakaasua. Sen lämmönsiirtokapasiteetti on vain osa vedyn vastaavasta, mutta tiheys nesteytettyinä olennaisesti suurempi, ja se tuottaa noin puolet vedyn energiasta. Esimerkiksi spekuloidun salaisen Aurora-hävittäjän, SR-71:n seuraajan, oletetaan käyttävän nestemetaania.

Tunnissa Amerikkaan?

Kahdeksankymmentäluvulla Yhdysvalloissa otettiin tavoitteeksi rakentaa lentokone, joka lentäisi kahdes-



VAKOILUKONE SR-71 pitää hallussaan perinteisten suihkumoottorikoneiden nopeusennätystä. Senkin moottoreissa on jo hieman patoputkimoottorin piirteitä, kuten imuaukkojen kartioista voi päätellä.

jon muitakin edellä kuvattuja ominaisuuksia – esimerkiksi kyky nousta kustannustehokkaasti ilmakehän ylärajalle.

Tämä vuonna 1985 alkanut ja nimellä X-30 kulkenut projekti näytti jo paikoitellen varsin lupaaval-

ta, kun rahahanat suljettiin vuonna 1993. Oletettavasti X-30 olisi käyttänyt juuri scramjet-moottoria.

Sittemmin henkiin herätetty ylläniapatoputkimoottorikone ja sen tällä hetkellä edistynein versio X-43 onkin paljon velkaa X-30-projektille. Onnistuneiden kenttäkokeiden jälkeen on taas vetäydytty rakennuspajoihin ja suunnittelupöytien taakse. Vaikka tuleva suunta on tiedossa, emme silti voine vielä aivan lähivuosina astua scramjet-koneeseen kukonlaulun aikaan Helsingissä, nauttia aamukahvista New Yorkissa ja ehtiä vielä mainoslauseita myötäillen "illaksi kotiin".

Teknisiä ongelmia on vielä ratkottava, ja alan tutkijat myöntävät, että yli 10 Machin nopeuksiin meillä ei kerta kaikkiaan ole vielä olemassa tarvittavia lämpötiloja ja rasituksia kestäviä materiaaleja. Materiaali- ja nanotekniikka kuitenkin kehittyy huimaa vauhtia. Avaruushissin superkaapelista ei enää pelkää haaveilla, ja komposiittimateriaalien kehitystä tukevat lentokoneiteollisuuden ja asevoimien lisäksi jopa formula-autokisat.

Kenties lennämme scramjet-koneella jo muutaman vuosikymmenen päästä, mutta päätään ei tässä kannata pantata. Paras siis on edelleen varustautua lentosukilla ja nauttia nykyisten lentokoneiden turistiluokan jalkapuussa maittavia lentokoneaterioita tuuman paksuisen pehmeäkantisen matkakirjan seurassa. *ZZZ*

