

Repülőgépfedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok

**Szilvássy László mérnök százados
főiskolai tanársegéd
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
Vezetés- és Szervezéstudományi Kar
Fedélzeti Rendszerek Tanszék**

A szerző célja bemutatni a repülőgép- fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagokat, azok összetételét és a különböző hajtóanyag formákat.

Bevezetés

A napjainkban alkalmazott modern vadászipülőgépek leggyakoribb fegyvere a fedélzeti rakéta, melyeket különböző speciális hajtóművek juttatnak célba, legyen a cél akár a levegőben, akár a felszínen.

Ezeken a rakétákon alkalmazott hajtóművek — kevés kivételtől eltekintve szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek (SzHRH), melyekben valamilyen robbanóanyagot — nagyon gyakran lőport — alkalmaznak hajtóanyagként.

Ezek a hajtóanyagok többfajta molekulából állnak, melyek között mindig találunk egy vagy több alapelemet (C, H, O, N), amelyekhez más elemek is csatlakozhatnak (Cl, K, Na, Al, Mg, stb.). A molekulák lehetnek oxidáló-redukálóak, ami azt jelenti, hogy ugyanabban a molekulában egyesítették kémiaiilag a tüzelőanyagot és az oxidálószer. Ezek lesznek a homogén vagy kolloid hajtóanyagok. Ezzel szemben a kompozit vagy más néven heterogén hajtóanyagokban a tüzelőanyag és az oxidálószer molekulái kémiaiilag különbözőek, csak fizikailag alkotnak keveréket.

A mai követelményeknek megfelelően a hajtóanyag kémiai összetételét úgy választják meg, hogy égése során 5000 kJ/kg nagyságrendű fajlagos hőmennyiséget szabadítson fel, 2000 és 4000 K közötti hőmérsékleten, amelyet a ma rendelkezésre álló hőszigetelő anyagok még kibírnak.

A hajtóanyagoknak több más fontos kritériumot is ki kell elégíteniük. Ezek a következők:

- a hajtóanyag sűrűsége, fajlagos energiája lehetőleg nagy legyen, mert ezáltal az égőtér kisebb lehet, a tömegviszony pedig nagyobb;
- az égési folyamatnak még a lehető legkisebb nyomásnál sem szabad megszakadnia;
- mechanikai szilárdsága nagy legyen, vagy az anyag legyen rugalmas. (Ez azért fontos követelmény, mert a töltet nagy nyomás alatt áll, azonkívül a gyorsító erők hatására tekintélyes igénybevételek is fellépnek. Az égési folyamat alatt a törésvonalak mentén az égőfelület megnövekedik, ami a nyomás növekedéséhez, ezáltal robbanáshoz és a rakéta megsemmisüléséhez vezetne.);
- a hajtóanyagban hosszú tárolás után sem szabad vegyi változásnak fellépnie;
- ne legyen nedvszívó és égése ne függjön jelentősen a külső környezeti hőmérséklettől, előállítása legyen olcsó és veszélytelen.

1. Homogén hajtóanyagok

Tüzelőanyag és oxidálószer egy molekulát alkotó kémiai vegyülete. Egyik alapvető típusa az úgynevezett füstnélküli lőpor, amelyet tüzérségi lövedékekben is felhasználnak.

A kolloid hajtóanyagok fő összetevője a nitrocellulóz (cellulóz-nitrát) vagy más néven a lögyapot, melyet alkohollal, acetonnal, vagy leggyakrabban nitroglicerinnel mint oldószerrel keverve alkalmaznak. Általában a különböző homogén hajtóanyagoknak a nitrocellulóz tartalma 40-60 % között változik. Ezenkívül a hajtóanyagok különböző adalékokat is tartalmaznak, melyekkel a hajtóanyag fizikai-kémiai tulajdonságait lehet befolyásolni. Ilyenek lehetnek:

- katalizátorok (égésgyorsítók), esetleg flegmatizátorok (égésslassítók), melyek az égési sebességet szabályozzák oly módon, hogy az gyakorlatilag független legyen a nyomástól;
- stabilizátorok, melyek a hajtóanyag tárolása során biztosítják annak kémiai állandóságát;
- plasztifikálók, amelyek az előállítás folyamán elősegítik a zselatinná válást és javítják a hajtóanyag mechanikai sajátosságait. Százalékarányuk a 10 %-ot is elérheti.

Az oldószer nélküli hajtóanyagokat keverés és hengerlés után a felhasználáshoz szükséges kaliberen préselik át - extrudálják. Az így előállított hajtóanyag átmérője technológiai okok miatt 500 mm-re korlátozott. Repülőgép-fedélzeti rakétákban gyakran alkalmazzák.

2. Kompozit hajtóanyagok

Ezt a típusú hajtóanyagot oxidáló és redukáló molekulák keveréke alkotja. Tulajdonképpen ebbe a csoportba sorolhatjuk a fekete lőport is, amely salétrom (oxidálószer), kén és szén (redukálószer, tüzelőanyag) keveréke. Nyilvánvaló azonban, hogy a fekete lőpor nem elégíti ki a megfelelő szilárdsági követelményeket, ezért hajtóanyagként nem alkalmazható.

Az első modern kompozit hajtóanyagot 1942-ben valósították meg, Pasadena-ban (USA), a Jet Propulsion Laboratory-ban. Ebben a hajtóanyagban, amely a Kalcit 53 nevet kapta, a redukálószer molekuláit egy plasztik kötőanyagban helyezték el, amely tüzelőanyagként szolgált.

A keverék hajtóanyagok tüzelőanyagaként rendszerint kaucsuk- és gyantaszerű anyagok (természetes és mesterséges kaucsuk, karbamid és fenolgyanták, szurok, polimer-butadének, poliuretánok, stb.) szolgálnak. A robbanóanyag tömegének 10-15 %-át teszik ki.

Oxidátorként felhasználhatók, nagy oxigén tartalmú szervesetlen vegyületek (ammónia-, nátrium-, kálium-, lítiumperklorátok és nitrátok). A tömeg 65-70 %-át teszik ki.

A különböző komponenseket összekötő (ragasztó) elem maga a hajtóanyag, vagy speciális adalék lehet.

A hajtóanyag energetikai jellemzői fémporok (alumínium, magnézium, stb.) bevitelével javíthatók! A tömeg 15-20 %-a lehet.

Az első táblázat a kompozit hajtóanyagokban alkalmazott oldószereket mutatja be, míg a másodikból néhány kompozit hajtóanyag összetételét ismerhetjük meg.

Oxidálószer	ρ kg/m ³	Szabad oxigén tömeg %	Bomlási hőfok K	Megjegyzés
Ammónium perklorát NH ₄ ClO ₄	1,95	34,0	> 540	Különböző szemcse- nagyságban fordul elő, olcsó
Káliumperklorát KClO ₄	2,53	46,2	> 770	Az égéstermékek KCl-t tartalmaznak
Ammóniumnitrát NH ₄ NO ₃	1,72	20,0	igen stabil	Közepes teljesítményű, füstmentes
Káliumnitrát KNO ₃	2,11	40,0	-	Gyenge teljesítményű, olcsó

1. számú táblázat A kompozit hajtóanyagokban alkalmazott oxidálószer

Összetétel	Hajtóanyag verzió			
	1	2	3	4
KClO ₄	76 %			
NH ₄ ClO ₄		80 %		68 %
NH ₄ NO ₃			80%	
Aszfalt	17 %			
Kőolaj	7 %			
Szerves kötőanyag		20 %	18 %	14 %
Fémpor tüzelőanyag				16 %
Egyéb			2 %	2 %

2. számú táblázat Néhány hajtóanyag összetétele

3. Hajtóanyag formák

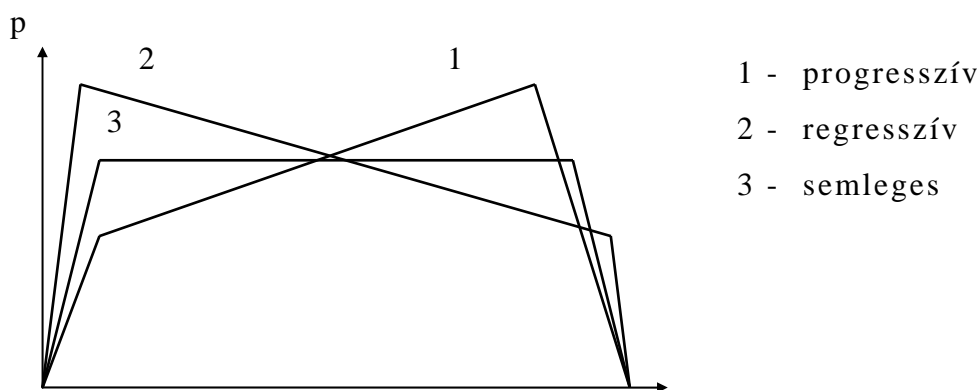
Az egységnyi idő alatt keletkezett gázok mennyisége (mg) arányos a töltet égési felületével (S):

$$mg = S \rho u \quad (3.1)[1]$$

ahol ρ - a töltet sűrűsége $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

u - az égés sebessége $\left[\frac{m}{s} \right]$

Ha az égés folyamán az S felület növekszik progresszív, ha csökken degresszív, ha pedig változatlan semleges égésről beszélünk (lásd 1. számú ábra)



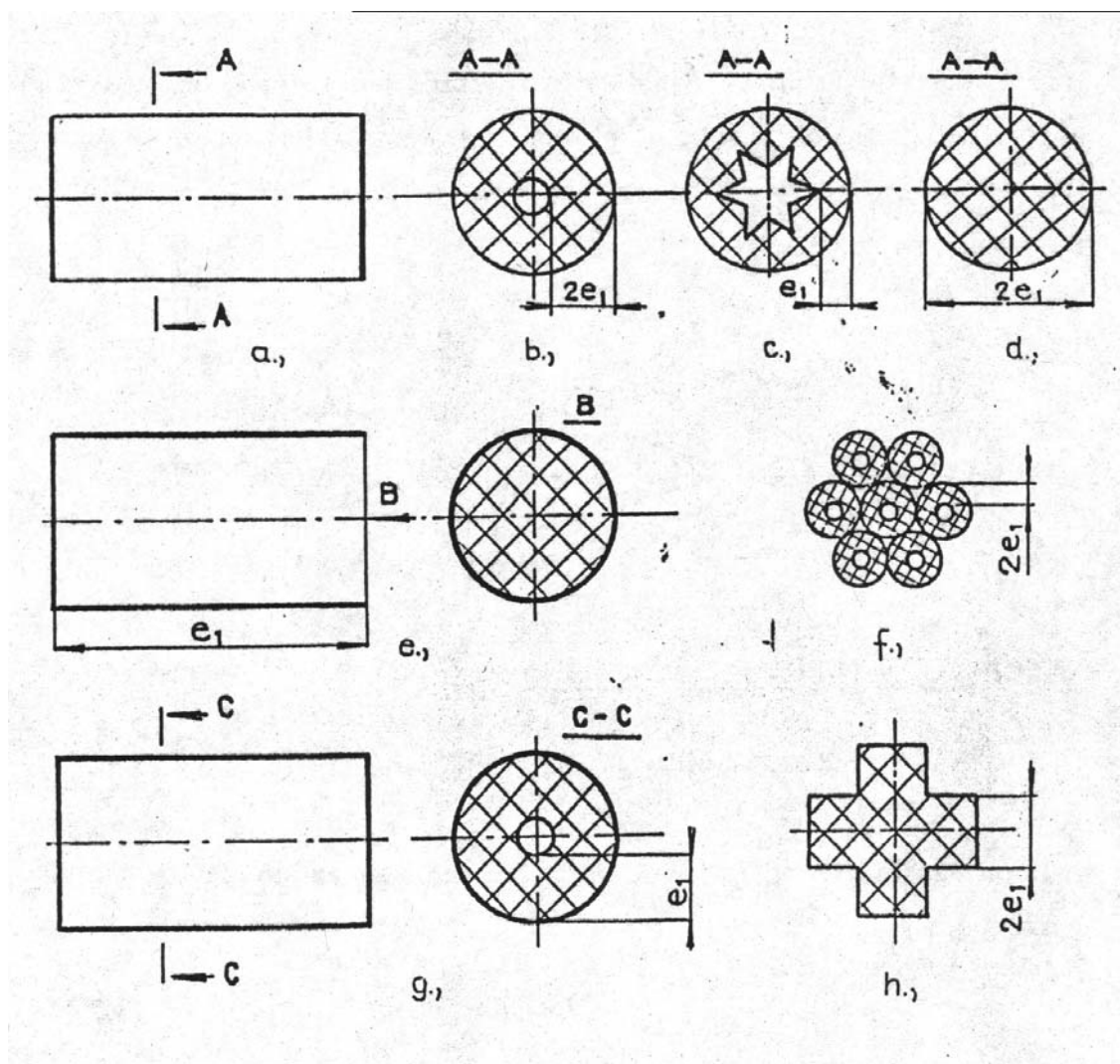
1. ábra
Különböző égési módozatok

A töltet égési ideje mindhárom esetben t_a és ez alatt az idő alatt a hajtómű összimpulzusa

$$I = \Sigma I = \int_0^{t_a} p(t) dt \quad (3.2)[1]$$

ahol a $p(t)$ az égőtérben uralkodó nyomás.

Az ábrából jól látható, hogy a gázok maximális nyomása semleges égés esetén a legkisebb, ami lehetővé teszi az égőtér falvastagságának csökkentését. Az égés jellege a töltet formájával, keresztmetszetével befolyásolható. Lényeges paraméter még az égő réteg vastagsága is, amely gyakorlatilag egyenlő a töltet legvékonyabb falvastagságával, vagy annak felével (lásd 2. ábra) és a hajtómű működési idejének meghatározásához kiinduló adatként szolgál.



2. ábra
Hajtóanyag formák

A hajtómű töltet formáján kívül az égés jellege befolyásolható még az egyes felületek hőszigetelő réteggel történő bevonásával is.

A 2. ábrán látható hajtóanyag formák közül a d és a h degresszív, az a és a g progresszív, a többi pedig semleges égést biztosít.

A formák közül a legelterjedtebb a csöves töltet (2. ábra a , b), amely kör keresztmetszetű csatornával ellátott hengeres test. A töltet homlokfelületeit hőálló réteg borítja.

Az égés sebessége a belső és külső homlokfelületeken megegyezik, az azonos mértékben növekvő és csökkenő felületek összege nem változik.

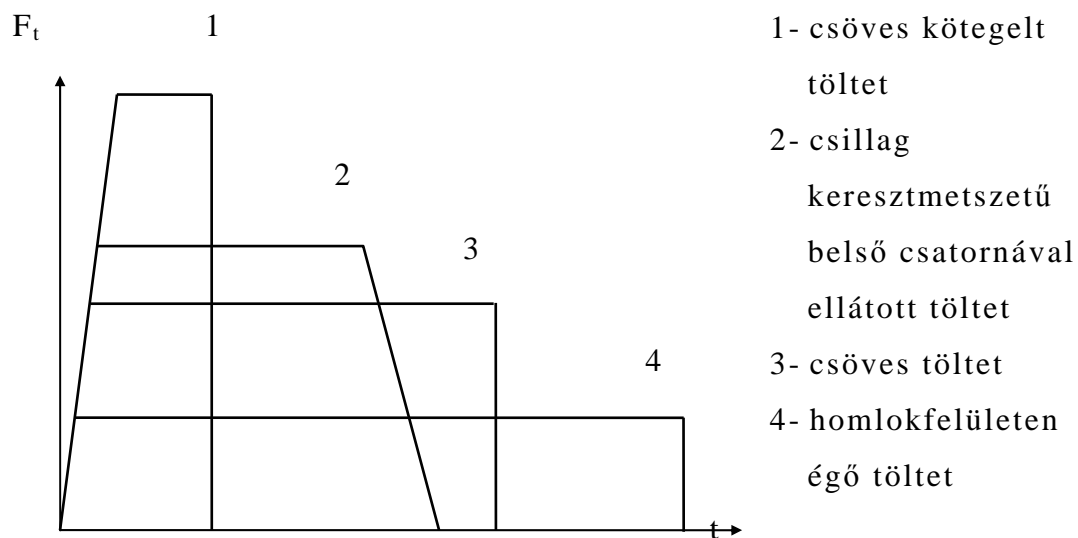
Ez igaz a 2/f ábrán látható csöves kötegelt töltetre is. Ezt a formát gyakran alkalmazzák nem irányítható rakétákban, ahol rövid idő alatt nagy tolóerőt lehet kifejteni, ami a találati valószínűséget javítja (rövidebb a rakéta repülési ideje).

A csillag (2/c) ábra) keresztmetszetű belső csatornával ellátott töltet csak a belső felületen ég (a két homlokfelület hőálló réteg védi, a külső palástfelület az öntési eljárás következtében rés nélkül érintkezik az égőtér falával). A belső csatorna csillag formájával biztosítható az égési felület állandósága az e_1 réteg elégésének idejéig.

A b és a d formájú hajtóanyag töltetek esetében rést kell biztosítani az égőtér belső felülete és a hajtóanyag között, hogy a külső felület égésekor keletkező gázok a fúvócsőbe juthassanak. Természetesen az égőteret ebben az esetben hőálló bevonattal kell ellátni.

A homlok felületén égő töltet (2/e ábra) viszonylag kis égési felülettel és nagy vastagsággal rendelkezik. Utazó vagy menet hajtóművekben alkalmazzák, mivel viszonylag kis tolóerőt hosszú időn keresztül képes biztosítani.

A 3. ábrán a hajtómű tipikus tolóerő diagramjai láthatók azonos összimpulzussal rendelkező hajtóanyag töltetek esetén, különböző keresztmetszetek alkalmazásával.



3.ábra
Tolóerő diagramok

Felhasznált irodalom:

[1] Kakula János mk.őrnagy: Rakéták szerkezetana, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok 1989

[2] Kakula János mk. őrnagy: Robbanóanyagok és a robbanás hatásai, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, , Szolnok 1990

[3] A. N. Dorofjev, A. P. Morozov: Aviacionije bojepripaszi, Vojennaja Vozdusnaja Inzsenyernaja Akagyémija imenyi prof. N E. Zsukovszkova, Moszkva 1978

The purpose of the author is to review engine propellants of on-board missiles and their composition, and also different propellant forms.