

Czifra László mk. ezredes, főiskolai adjunktus:

A REPÜLŐGÉP HAJTÓMŰVEK FEJLESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Jelenleg a világ repülőgép hajtóműveinek fejlesztése két irányban történik. Az egyik irány a hiperszónikus ($M \geq 5$) repülőszerkezetek hajtóműveinek a megalkotása, az eddig elért eredmények, az elméleti és kísérleti kutatások alapján. A másik irány, jelentősen jobb fajlagos jellemzőkkel rendelkező repülőgép és helikopter hajtóművek új nemzedékének a létrehozása.

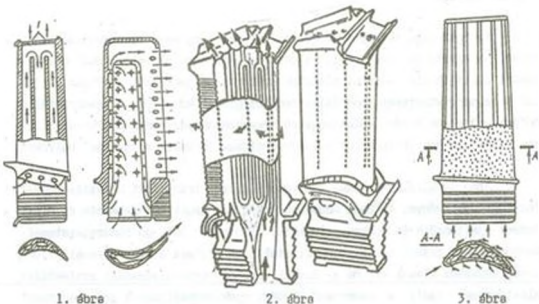
Az említett újgenerációs hajtóművekkel szemben támasztott követelményeket a következőképpen gondolják realizálni:

- a körfolyamat alapvető gázdinamikai paramétereinek, így a turbina előtti gázhőmérsékletnek (T_3^*) és a kompresszor sűrítési nyomóviszonyának (π_K) növelésével;
- a hajtóművek szerkezeti, kialakításbeli változatainak tökéletesítésével;
- a turbina- és kompresszorlapátok olyan kialakításával, amely a legnagyobb hatékonyságot biztosítja;
- új anyagok és technológiai eljárások alkalmazásával.

Köztudomású, hogy a gázturbinás hajtóművek termodinamikailag legterheltebb, igen bonyolult géprésze a turbina. Jó példa erre, hogy egy korszerű hajtómű turbinalapát tollrészre, amelynek tömege 150 g, kerületi sebessége 400 m/s, a 750 mm-es középtámrón vett 950°C lapáthőmérséklet mellett, 32 kN centrifugális erő hat. A lapáthőmérséklet az áramló közeg hőmérsékletétől és a hűtés hatékonyságától függ.

A szakemberek egy része azt vallja, hogy T_3^* növelése mellett, a kerületi sebesség növelésével csökkenteni lehet a lapát hőterhelését. A fent említett hatáson kívül ez azt is eredményezi, hogy egyetlen fokozatban nagyobb hőesést lehet megvalósítani, következésképpen adott teljesítmény eléréséhez kevesebb turbinafokozatra van szükség. Ugyanakkor a fordulatszám

emelésével növekedik a turbina centrifugális erőktől származó terhelése, az pedig szilárdságának fokozását követeli meg.



Azért, hogy csökkentsék a nagyobb turbina előtti gázhőmérsékletnek az anyag szilárdsági tulajdonságaira gyakorolt hatását, a lapátokat a kompresszortól elvezetett levegővel hűtik. Az álló- és forgólapátok hűtése különbözőféle változatokban lehetséges. A konvektív (áramoltatásos) hűtésnél a hűtőlevegő a lapátok belsejében hossz- (1. ábra), kereszt vagy mindkét irányban kiképzett csatornában halad. A kombinációs hűtési eljárásnál a konvektív belső hűtés mellett a levegőhártyás külső hűtést is megvalósítják, ahol a hűtőlevegő a lapátok belsejéből furatokon át a lapátprofilok körüli térbe jut (2. ábra). Leghatékonyabb a porózus szerkezetű turbinalapátok hűtése (3. ábra), de alacsonyabb hőszilárdságuk jelenleg még nem ad lehetőséget jelentősebb kihasználásukra.

A magas hőmérsékleten üzemelő gázturbinás hajtóműveknél az ún. "forró géprészek" anyagaként bonyolult összetevőjű szuperötvözeteket alkalmaznak. Például a turbina állórész lapátokat az oxidációnak legjobban ellenálló kobalt alapú ötvözetekből készítik. Mivel az állólapátokra a hőterhelésen

kívül csak a gőzerőkből származó hajlító igénybevétel hat, ezért intenzív kutatómunka folyik a keramikus, illetve fémkeramikus anyagok felhasználásával kapcsolatosan is. Alkalmazásukat ridegségük, alacsony húzószilárdságuk még akadályozza.

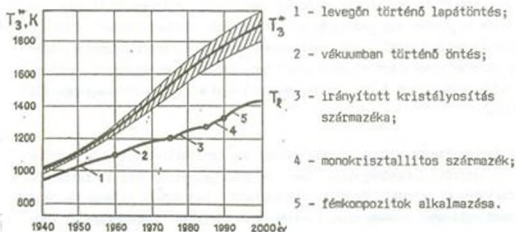
Az igen nagy terhelésnek kitett turbina forgórész tárcsákat és lapátokat, az égésterek tűzcsöveit, a gőzsebességfokozó elemeit nikkel ötvözetekből állítják elő. A turbinalapátok szilárdsági jellemzői javítása céljából a szuperötvözeteket speciális technológiával készítik. A tradicionális öntési eljárások során véletlenszerű szemcseelhelyezkedésű polikrisztallitos struktúra jön létre, ahol a szemcsehatárok jelentik a "gyenge" helyeket.

Azon turbinalapátoknak, amelyeknek anyaga irányított kristályosodási folyamat eredménye, 40°C -al magasabb lehet az üzemi hőmérséklete és kifaradási jellemzőik is jobbak. További, több mint 30°C -os hőmérsékletemelkedést lehet elérni az ún. monokrisztallitos ötvözet előállításával. Ilyen anyagszerkezet alakul ki, ha az öntési formában kristályosodási szelektálót alkalmaznak, amely a szemcsenövekedést csak meghatározott irányban teszi lehetővé. A 90-es évek elejére olyan kompozíciós ötvözetek létrehozása várható, amelyek feltételezetten újabb 30°C üzemi hőmérsékletnövekedést biztosítanak. Ezek közül a külföldi szakirodalom olyan kompozíciós ötvözetről tesz említést, amely igen hőálló, magas olvadáspontú wolfram szákkal van erősítve. Hasonló kompozitokat gondolnak előállítani impregnáló anyagok olvadékának felhasználásával vagy a porkohászati eljárásokon alapuló technológiák felhasználásával.

A monokrisztallitok magas hőmérsékleten történő kiegészítő kezelésével további $15-20^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletnövelésre lehet számítani. Összességében a 80-as évek hajtóműveivel összehasonlítva mintegy $115-120^{\circ}\text{C}$ -al emelhető a lapátok üzemi hőmérséklete (T_1) és az ilyen módon elérhető az $1050-1070^{\circ}\text{C}$ -t.

A szakemberek véleménye az, hogy a 90-es évek végére a turbina előtti gázhőt a hajtóművek új nemzedékénél $1900-2000\text{ K}$ -re is növelni lehet (4. ábra).

A 4. ábrán a turbina előtti maximális gőzhőmérséklet alakulása és a lapátok megengedett hőmérsékletének változási tendenciája látható.



4. ábra

A magas hőmérsékleten üzemelő hajtóművek gazdaságosságának javítása céljából munkálatok folynak a gőzcsatornák áramlási veszteségei csökkentése érdekében is. Abból a célból, hogy térbeli profilozású turbina és kompresszor lapátokat tudjanak tervezni, a lapátok közti csatornában végbemenő háromdimenziós áramlásra pontos és hatékony számítási módszereket kell kidolgozni.

Az újgenerációs hajtóművek tervezése már folyamatban van. Meglepő a szakembereknek az a véleménye, hogy pl. $T_3^* = 1900 \text{ K}$ és $\pi_K = 22-25$ értékre tervezett hajtómű esetén - a nagy tolóerő következtében, utánégetés alkalmazása nélkül - hangsebesség feletti utazó üzemmódot lehet biztosítani. Ehhez kapcsolódik az az állítás is, hogy az új hajtómű gazdaságossága utánégetés alkalmazásakor 20-25 %-kal lesz jobb, mint a jelenlegi legkorszerűbb hajtómű.

A kutatók arra is törekednek, hogy a hajtóművek fajlagos tömege (egységnyi tolóerő létrehozásához szükséges hajtómű tömeg) a lehető legkisebb legyen. Ezt az előbbieken említett új hajtóműnél pl. 0,1 kg/daN-ra próbálják csökkenteni, mert csak így biztosíthatók az új repülőeszközök tervezett tömeg- és térfogati adatai. A feladat megoldásának fő tendenciája

aerodinamikailag nagymértékben terhelt kompresszor- és turbinafokozatok tervezése, ami a fokozatszám csökkentését teszi lehetővé. Ily módon az előbbivel összefüggésben jelentősen csökkenthető az alkatrészek száma és a szerkezet bonyolultsága. Egyik változat szerint pl. az Egyesült Államok új-generációs hajtóműve egy utánégetéssel rendelkező, kétforgórészes, kétáramú gázturbinás sugárhajtómű lenne, egyfokozatú kisnyomású kompresszorral, széles lapátokkal rendelkező háromfokozatú nagynyomású kompresszorral, amelyek meghajtása megfelelően a kis- és nagynyomású egyfokozatú turbinaegységektől történe.

Természetesen jelen publikációban nem lehetett szólni a fejlesztés más területeiről, lehetőségeiről, ahol még igen jelentős, jórészt feltáratlan tartalékok vannak. Ezek közé sorolható a hajtóművek zajának és légszennyező hatásának csökkentése, élettartamuk növelése, üzemeltetési módszereik korszerűsítése, a modern diagnosztikai, hibamegelőző eljárások széleskörű kifejlesztése és bevezetése.

Felhasznált irodalom

- 1./ V. Kulesov: Korszerű és perspektivikus repülőgép gázturbinás hajtóművek szerkezete.
VVIA Moszkva, 1974.
- 2./ V. Fjodorov: Repülőgép hajtóművek fejlődése.
Technika, voruzsenyie, 1990.
- 3./ Dr. Pásztor Endre: A gázturbinás repülőgép hajtóművek fejlődése és alkalmazási területeik.
Közlekedéstudományi Szemle, 1979.