

Az ejtőernyő

220 éves a ma is használatos körkupolás ejtőernyő elődje

Kutasi Csaba

Kulcsszavak: Ejtőernyő, Körkupolás ejtőernyő, Légcellás ejtőernyő, Siklóernyő, Teher-, fék- és különleges ejtőernyő, Kupolaszövet, Rip-stop szövet, Szalagszövött termékek, Fonatolt és körszövött zsinór, Szárnyas ruha

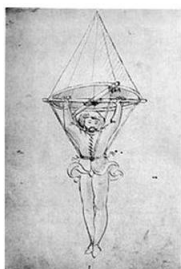
Az ejtőernyő az egyébként szabadon eső test zuhanását a légellenállás következtében, ill. a formájából eredő felhajtóerő révén csökkenti, az így elért kisebb sebességgel biztonságos a földetérés. Az ún. aerodinamikus felhajtóerő az áramló közegben levő testre ható erőnek az áramlás irányára felfelé merőlegesen ható komponense.

Egy ernyőszerű, vagy egyéb módon kialakítható eszköz igénye már az ókorban is felmerült. Számos kísérletezés után 1797. október 27-én *André-Jacques Garnerin* hajtott végre sikeres „ejtőernyőzést” Párizsban. Jelentős fejlődést a II. világháborúval kapcsolatos fejlesztések tettek lehetővé, majd ettől kezdve három szakaszban jutunk el a napjainkban használatos katonai és sportejtőernyőkhöz, amelyek a szálanyagok és a textilipari technológiák innovatív fejlesztésének köszönhetőek.

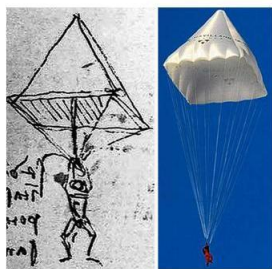
Az ejtőernyő rövid története

1250-ben *Roger Bacon* matematikus határozta meg az ejtőernyő fogalmát, ő egy homorú felületet tartott erre alkalmasnak. Kínában 1306-ban *Fokien* császár koronázási ünnepségén egyesek tornyokból és magas fákról hajtottak végre ugrásokat, bambuszrudakra feszített bőrkupolával, amelyet a kezükre erősített kötelekkel tartottak. 1480 után *Leonardo da Vincinek* sikerült kiszámítania a fékezett ugráshoz szükséges ernyő méretét, de kutatásai feledésbe merültek (1. ábra).

1650-ben XIV. *Lajos* francia király sziámi követét tudósított arról, hogy náluk gomba alakú, nádból és vászonból előállított ejtőernyővel emberek a bambuszfák tetejéről sikeres ugrásokat végeznek. 1767-ből származó írás szerint Franciaországban egy *Vicent Lavini* nevű rab a miolansi erődítmény tornyából kiugrott az általa ruhákból, vászondarabokból összetákolt ernyővel, sikeresen leért a vár alatti vízbe. (Szökése ugyan nem volt eredményes, elfogták, de bátorsága miatt nem végezték ki.) 1777-ben *Joseph Montgolfier* – az első hőlégballont kifejlesztő testvérpár egyike – végzett sikeres ejtőernyős ugró kísérletet. *Louis-Sébastien Lenormand* 1783-ban



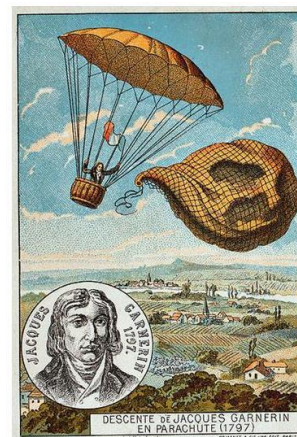
az ejtőernyő legrégebb ismert ábrázolása az 1470-es évekből, ismeretlen személytől



Leonardo da Vinci 1485-ben készült rajza és a 2000-ben végzett ugrás ilyen kupolával

Ejtőernyő-történeti érdekességek

1. ábra



André-Jacques Garnerin

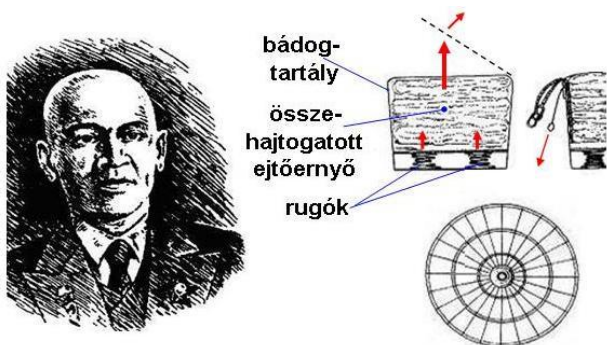
egy léggömből leválva ejtőernyővel leereszkedik 1797-ben (19. század végi illusztráció)

2. ábra

maga építette vázas ejtőernyővel a 40 méter magas montpellier-i csillagvizsgáló tetejéről ugrott le. (Látszólag ugyan épségben ért földet, de belső vérzések miatt rövidesen mégis meghalt.) 1797. október 27-én *André-Jacques Garnerin* nevéhez fűződik (a Párizs melletti Monceau parkban) az első nem merevvázaz, 10 m átmérőjű, 36 zsinóros vászonernyővel végrehajtott sértetlen ereszkedés, miután egy 600 méter magasságban levő hidrogénballonról (amely felrobbant) levált (2. ábra). *Charles Leroux* ejtőernyős akrobata a könnyű selyemből készített ejtőernyő kupolájának belépő élénél egy zsinórt körbe vezetett, ennek végeit kezében tudta tartani. A zsinór meghúzásával a kupola átmérőjét képes volt csökkenteni, így sebességet önmaga szabályozhatta. Több mint 500 sikeres ejtőernyős ugrás után érte egy végzetes baleset: ereszkedés közben az erős szél miatt egy sziklához csapódott. Három léghajós – az angol *Thomas Scott Baldwin*, a német *Hermann Latteman* és *Käthe Paulus* – a mentésre szolgáló ejtőernyőt már nem nyitott állapotban, hanem egy automatikusan nyíló kis csomaggá összegöngyölve rögzítette a ballon oldalára. Az I. világháborúban több léggömbbel felszálló tűzérési felderítő életét sikerült így megmenteni.

Az első ejtőernyős ugrást az USA-ban – a New York állambeli Long Islandon – 1819 nyarán hajtotta végre *Charles Guille*, egy hidrogénnel töltött ballon kosarából. 1853-ban Olaszországban született az első ejtőernyős világrekord, amikor *Niort Marais Poitevin* léghajós 1800 méter magasságból 43 másodperces lebegés után épen földet ért. 1880-ban a francia *Jovis* felismerte, hogy az ejtőernyő katonai célokra is alkalmas. Az 1800-as évek végén a késleltetett nyitást Európában bemutatókon népszerűsítették. A hevederrel történő automatikus nyitást *Otto Heinecke* léghajós fejlesztette ki.

Tragikus baleset adott inspirációt *Gleb Jevgenyevics Kotyelnikov* orosz fejlesztőnek, aki látta



Gleb Jevgenyevics Kotyelnikov és az általa kifejlesztett ejtőernyő

3. ábra

1910-ben, hogy *Lev Makarovics Macijevics* pilóta kizuhant a repülőgépéből és szörnyethalt. Ő 1911-ben – egy újabb halálos pilótabaleset megelőzése érdekében – modellel végzett sikeres kísérletek után hozott létre egy újabb ejtőernyőt (3. ábra). A kupola textilsávokból készült a benne átfutó zsinórzattal, a zsinórok végei két tartó hevederben végződtek. A kupolát a pilóta hátára csatlakoztatható zárt bádogtartályba helyezték, ennek aljára belül spirálrugók kerültek. Egy zsinór meghúzásával a bádogtartály fedele kinyílt, az ejtőernyő-kupolát a rugók az tárolóból kilökték. Kotyelnikov által kifejlesztett ejtőernyővel *Albert Berry* pilóta 1912-ben elsőként hajtott végre sikeres ugrást repülőgépből. 1919-ben az USA hadseregének ejtőernyő-fejlesztő kísérleti egységében, a *Leslie Leroy Irvin* által kifejlesztett első kézi nyitású ejtőernyővel bizonyítást nyert, hogy a tartós szabadesést az ember túlélheti, eközben helyzetét és



A körkupolás személyi ejtőernyő főbb részei

4. ábra

Hazai vonatkozások

Egy magyar pilóta 1919 augusztusában, az olaszországi Piave fölött (az Osztrák-Magyar Monarchia hadseregében végzett repülés során) végzett először ugrást egy nemrég kifejlesztett



Kovács Endre repülő főhadnagy

5. ábra

sebességét is változtathatja. *Otto Heinecke* német mérnök 1917 nyár elején próbálta ki saját fejlesztését, a kettős zsákrendszert. Az ejtőernyő-kupola a belső zsákba került, a külső zsákban a hevederek voltak. 1938-ban az ejtőernyő kupolájából kismetszett szeletekkel egy angol fejlesztő létrehozta az irányítható, fordulásra alkalmas eszközt (4. ábra).

zetközi Légi Mentésügyi Bizottság első tanácskozása alkalmával tartott bemutatón ejtőernyős ugrást végzett. Elsőként hazai katonai ejtőernyős csoport 1938-ban Szombathelyen alakult meg, *Bertalan Árpád* őrnagy parancsnoksága alatt.

Az ejtőernyő fejlesztésének kapcsán fontos megemlíkezni *Hehs Ákos* (1903-1994) munkásságáról, aki gépészmérnök, jeles pilóta, berepülőpilóta, repülőgép- és ejtőernyő-tervező volt (6. ábra). A Műgyetem elvégzése után a Légügyi Hivatalban dolgozott, a pilótakiképzést 1929-ben Szegeden fejezte be. Ezután a Székesfehérvári Repülőgép Javító Üzem mérnökeként dolgozott, 1930-tól kinevezték a légszavar-, ill. a faműhely, az ejtőernyő-javító, a szerelde és a berepülés vezetőjévé. Irányításával készültek a Hungaria típusú iskolagép sorozatok és számos vitorlázó repülőgép sarkánya. A Nemere megnevezésű vitorlázógép az 1936. évi nyári olimpiai játékokon elismerésben részesült. A katonaságnál alkalmazott ejtőernyőtípusok egyetlen típusra fejlesztésével is foglalkozott. A magyar ernyőzsák kifejlesztése nagy sikert aratott. Egy repülőgép-baleset kapcsán (amikor az eszköz az ernyőnyitás után szétrobbant) kialakította a fékernyős módszert. 1937-ben, számos fabábus kísérlet után, éles ugrással ő maga próbálta ki az általa megtervezett ejtőernyőt. Az ernyőt és technikai újításait szabadalmaztatta, ezeket 1941-ben az Amerikai Egyesült Államok is megvásárolta. A második világháborút követően Hehs Ákos Amerikába költözött, ahol egy űrszondákat gyártó vállalat főmérnöke lett. Az általa kidolgozott elméletek alapján megvalósított ejtőernyők elveit alkalmazták az űreszközök, űrhajók visszatérő eszközeinél.

A másik, hazai gyártással kapcsolatos fejlesztés az ernyő alapanyagának előállítás. A Magyar Selyemipar Vállalatnál (Szentgotthárdi Szövőgyár, Óbudán a Selyemkikészítőgyár) eleinte valódi hernyóselyemből készítették ejtőernyőszövetet, majd nagyszilárdságú poli-amidból (sávolykötéssel) ejtőernyő-, ill. poliészterből (rip-stop kötéssel) repülőgép-fékernyő szöveteket is gyártottak.

Az ejtőernyő 20. századi fejlesztésének jellemzői

Az ejtőernyő használatának, fejlesztésének során három jellegzetes időszak különböztethető meg:

- A II. világháborútól kb. az 1960-as évekig a fejlesztők és a gyártók az életmentésre koncentráltak. A kivitelezési lehetőségeket főleg a rendelkezésre álló textilanyagok korlátozták, így a kellő légáteresztő képességű, nagy kupolafelületek voltak jellemzőek. A fő felhasználó a katonaság volt.

- Az 1960-80 közötti időszakban előtérbe került az ejtőernyők sportcélú felhasználása is. A személyi ejtőernyők területén egyre jobban elterjedt a korábban már –



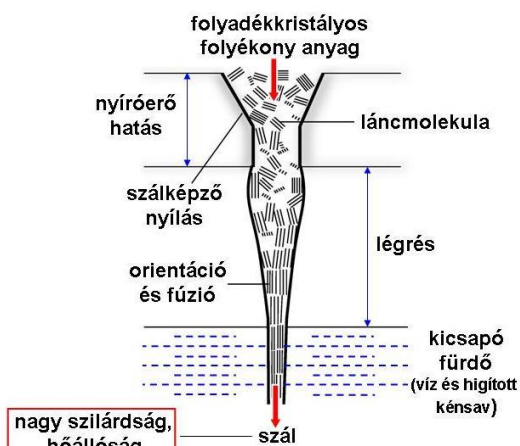
Hehs Ákos repülőgép- és ejtőernyő tervező

6. ábra



Légcellás ejtőernyő

7. ábra



Példa a száltengely irányába orientálódó, pálcikaszerű szálszerkezetre

8. ábra

főleg teher-ernyőként – kifejlesztett torlókupolás, légcéllás (paplan-) változat alkalmazása (7. ábra).

Az újszerű textilipari szálanyagok és technológiák fejlődésével az ejtőernyők kialakításánál jelentős változások következtek be. A nagyteljesítményű szálak a száltengely irányába orientálódó merev (pálcikaszerű) láncmolekulás szerkezetük révén biztosították a nagy szilárdságot és szívósságot, továbbá hőstabil tulajdonságukkal együtt teret hódítottak az ejtőernyőgyártásban is (kupola, zsinórok, hevederek, szalagok anyagaiként) (8. ábra).

- A harmadik, az 1980–90-es évektől napjainkig tartó időszakban az anyagfejlődés eredményeként az mintegy forradalmi változások következtek be. A kupolaszöveteknél azonos szilárdsági képességek mellett a nagyfelületű változatokról áttértek a kisebbekre (pl. 60, 80 ill. 100 ft² (négyzetláb), azaz 5,574, 7,432 ill. 9,290 m²), továbbá a szövetanyagoknál (a fonal- és szövetszerkezet, ill. bevonatképzés módosításával) a légáteresztő képességet megszüntették. Ezzel az ugró mozgáslehetősége és sebessége megnőtt a levegőben. Az ejtőernyő tömegcsökkentéséhez nagyban hozzájárultak a kisebb-területű sűrűségű (55–60 g/m² helyett 32–49 g/m²-es), az igénybevételekkel szemben azonos ellenállású kelmeanyagok (9. ábra).

Emlékeztet, hogy *Felix Baumgartner* osztrák ejtőernyős, helikopterpilóta, többszörös világrekorder bázisugró volt az első ember, aki ejtőernyős ugrás alkalmával átlépte



Személyi ernyőkre példák

9. ábra



Felix Baumgartner ugrása 39.045 m-es magasságból

10. ábra

a hangsebességet. Ez a levegőben 20 °C hőmérsékleten 343 m/másodperc sebességet jelent, ami 1234,8 km/órának felel meg. 2012. október 14-én 39 045 méterről – ahová kabinját léggömb vitte fel – ugrott ki. A hangsebesség 1,24-szeresével zuhant a Föld felé, 4 perc 19 másodpercet töltött szabadesésben, majd egy torlólevegős ejtőernyővel sikeresen landolt (10. ábra).

Az ejtőernyők típusai

Az ejtőernyők több típusa ismert, ezek a kupola formájában, alakjában és nagyságában, valamint a zsinórzat hosszában és felfüggesztőrendszerében különböznek egymástól, a rendeltetés figyelembevételével. A felhasználási szempontok alapján személyi (gyakorló, deszant stb.), ill. egyéb (teher-, fék-, különleges) rendeltetésű ejtőernyőket különböztetnek meg. A *fékernyők* a repülőgépek leszállósebességét és kigurulási útját csökkentik. A *teherernyőket* főként a katonaság, esetenként humanitárius szervezetek használják különböző anyagok és eszközök (pl. élelmiszer, gyógyszer, lőszer, haditechnikai felszerelés stb.) biztonságos földre juttatására. Egyes kisrepülőgépeken a vészhelyzeti leszállító egységet egy megfelelő méretű ejtőernyő képezi. A *különleges rendeltetésű* ejtőernyőkre egyedi képességek és manőverezési sajátosságok jellemzők (pl. pilótaernyő, sportejtőernyők, tartalékernyő) (11. ábra).



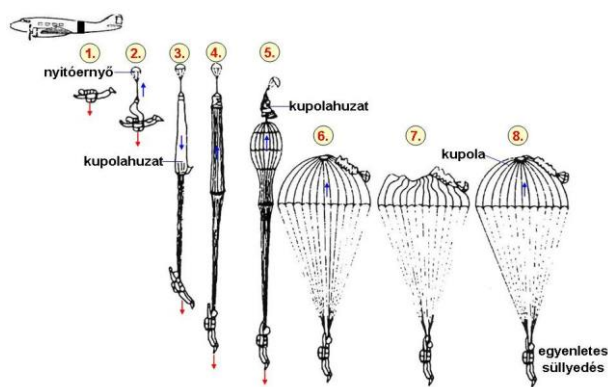
Teher-, fék- és különleges ernyőkre példák

11. ábra

Az ejtőernyők főbb egységei, részei

Az ejtőernyők főbb egységei, részei a következők (részben a korábbi változatok figyelembevételével):

- A *nyitóernyő* több változata ismert, ezek felülete 0,45–0,8 m², anyaguk megegyezik a kupoláéval. A régebben használt rugós nyitóernyőnél a beépített csavar-



Az ejtőernyő működésének fő szakaszai

12. ábra

rugó (vagy egyéb kialakítású rugó) a hajtogatáskor összenyomva került a tokba. Előfordult, hogy a nyitóernyő rugója alá egy műanyag lapot helyeztek a határozottabb kilökődés érdekében és a terhelés egyenletesebb eloszlása céljából. A nyitás során a felszabaduló rugóerő lökte el a nyitóernyőt a zuhanó ejtőernyőstől távolabbra. A zuhanó test mögötti turbulens zóna kikerülése érdekében a nyitóernyőt általában a tok oldalára helyezték el (néha két nyitóernyő alkalmazására is sor kerül). A ki dobós nyitóernyő korszerű nyitási módot tesz lehetővé. Ezt a nyitóernyőt egy erős gumival lezárt szájú zsebben, vagy a hevederrendszeren helyezik el. Nyitáskor egy kis fogantyú működtetésével történik a nyitóernyő zsebből történő kihúzása. Az ejtőernyős kinyújtott karjával biztosítja, hogy zavartalan légáramlásba kerüljön az elengedett nyitóernyő.

• A *kupolahuzatot* (az ún. belső zsákot) 1936-tól próbálták alkalmazni, azonban a kupolával egyező anyag miatt a gyors kihúzódás során fellépő súrlódás következtében bekövetkező felforrósodás megégéssel károsította a textíliákat. A megfelelő, másféle anyagból készült huzatot 1947 óta alkalmazzák. A kupolahuzat egyrészt a kupola feltöltődésének kezdetén a kupola és az ejtőernyő zsinórok összekeveredését gátolja, másrészt lassítja a nyitási folyamatot, amivel csökkenti az ejtőernyőre ható dinamikus terhelést. A tömlőszerű zsinórok alsó részén beépített és cserélhető gumihurkok vannak. A kupolahuzat hosszán végig elhelyezett erősítő felső végén a nyitóernyő összekapcsolására alkalmas hurkot alakítanak ki.

• A *kupola* képezi azt a fő hordfelületet, ami az ejtőernyős szabadesését megakadályozva a szükséges ellenállást biztosítja, így a sebességet 4–7 m/s mértékre

csökkenti. A kupolák központi részén egy nyílást (ún. kéménynyílást) képeznek ki az aerodinamikai stabilitás érdekében – így az ejtőernyő kinyílása után folyamatosan levegővel töltődik fel a kupola. Kéménynyílás hiányában a kupola belépő élénél távozna a felesleges levegő, emiatt kedvezőtlen hatású lengés következne be. Speciális igények (pl. célbaugrás) esetén nagy homlokfelületű ernyőket használnak. A kupola területe korábban kb. 22–83 m², eseteként több is volt. A korszerű ernyők 10 m² alattiak (felületük kb. 5,6–9,3 m²), gyakorlatilag nem légáteresztők. A kupola a zsinórok közvetítésével csatlakozik a felfüggesztő rendszerhez. A zsinórok száma (1250–2000 N terhelhetőséggel) a típustól függően változó. Hosszuk kialakításánál vezérelv, hogy a kupola a levegőben a legnagyobb ellenállást tanúsítsa és stabil legyen.

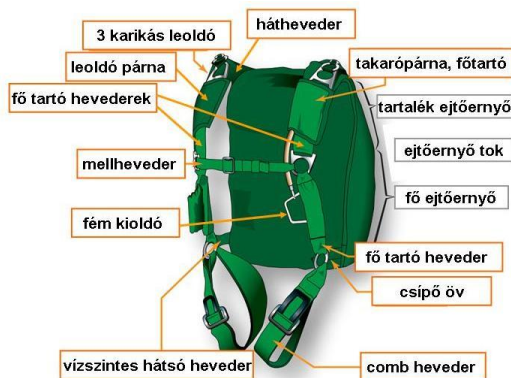
• Az *ejtőernyőtök* (13. ábra) az ejtőernyő meghatározott sorrendben behelyezett fő részeit foglalja magában, feszes kapcsolatot tartva a benne elhelyezett darabokkal. Szintén a tokon helyezik el a nyitóegység zsebet is. A lezárt tok állandóan használatra kész állapotban tartja az ejtőernyőt, védi a kupolát és tartozékait a szennyeződéstől és a külső mechanikai behatásoktól, valamint megakadályozza az idő előtti kioldást. A tokon vannak a lerántó gumik, a lerántó szalagok kapocsszelei, továbbá a kioldó szerkezet hajlékony csövei.

• A *kioldó rendszerrel* történik az ejtőernyő kívánt időben való kinyitása. A kioldó karikával lehet a tokot kinyitni, a kioldó huzallal és a zárótüskék kihúzásával. Az általában pirosra festett kioldó fogantyú négyzetes, trapéz vagy háromszög alakú. A sodronykötelet kb. 2,5 mm átmérőjű fémszálakból álló drótfonat alkotja, végét acélhuzalból leszabott (1000 N szakítóerős ellenállással berögzített) tüskék zárják. A textilborítású hajlékony gégecsőben vannak a nyitást biztosító kioldó huzalok. A rugós lerántó szalagokkal lehet a tok fedőlapját gyorsan széthúzni. A kioldó kötélt általában 1,5–4,0 m hosszú és 12–20 mm átmérőjű, lenből, vagy poliamidból készül, amelynek egyik végén karabiner csat található, a másik végén zárótüskékkel kialakított kioldó huzal van.

• A *leoldó zárszerkezet* (14. ábra) a tartalékernyő működtetése esetén, a szabályos működésre alkalmatlan ejtőernyő vészleoldására szolgál. Többféle megoldás ismert, többek között ilyen a háromkarikás leoldó szerkezet.

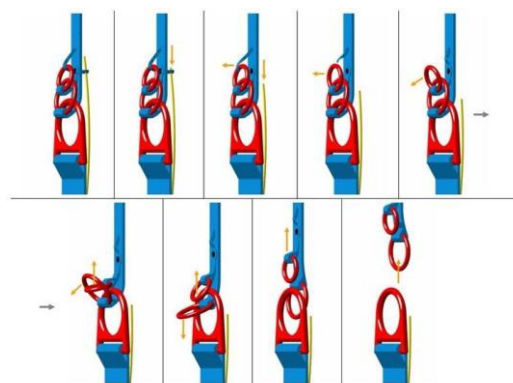
A főernyő rendellenes működése esetén egy – a bal kézre eső – fogantyú meghúzásával egyszerre lehet működtetni az ejtőernyős két vállán, a felszakadó hevedereken elhelyezett leoldó zárat.

A biztosan bekövetkező ejtőernyő nyitás érdekében



A tok- hevederzet

13. ábra



A három gyűrűs leoldó zár működési fázisai

14. ábra



Az ejtőernyők textíles vonatkozásai

15. ábra

régóta olyan *biztonsági rendszerek* is a rendszer részét képezik, amelyek az ugró esetleges cselekvésképtelensége (eszméletvesztés, sokkos állapot) esetén automatikusan működésbe lépnek. A légnyomás- és sebességmérő műszerből álló szenzor képezte jel gondoskodik a mentőernyő nyitásáról. Többféle megoldás ismert, többek között pirotechnikai eszköz beindításával járó hőhatás a csőben futó lezáró zsinórt elégeti, így a leereszkedést biztosító kupola levegővel feltöltődve kinyílik.

Az ejtőernyők textilanyagai

A kupola anyaga

A kupola textilanyagát először természetes szálanyagú vászonból készítették, azonban ezek nagy tömegük miatt egy idő után már nem váltak be. A valódi selyem alkalmazásával vékonyabb, könnyebb, szilárdabb, sőt lángthatásnak jobban ellenálló, egyszerűen összehajtható terméket kaptak. Az 1930-as években közelgő világháború is sürgette az egyéb, mesterségesen előállítható szálanyag kifejlesztését (15. ábra).

A Japán és az USA között megromlott államközi viszony következtében a szigetország megszüntette a hernyóselyem szállítását az amerikaiak számára, ami addig az ejtőernyő készítés kizárólagos alapanyaga volt. *Wallace Hume Carothers*, korábban a Harvard Egyetem tanára, majd a DuPont vezető kutatója munkatársával 1935-ben előállította az első szintetikus szálát, a Nylon névre keresztelt poliamid 6.6 anyagú szálát, amiből kedvezőbb tulajdonságú ejtőernyőt lehetett készíteni. Így az alifás, polikondenzációs poliamid anyagú Nylon került előtérbe az ejtőernyőgyártásban. (A „Nylon” márkanév eredetével több legenda foglalkozik. Az egyik elterjedt vélekedés szerint a meglehetősen goromba „Now You Lousy Old Nipponese” mondat („Nesze nektek tetves öreg japánok”) szavainak kezdőbetűiből jött létre az elnevezés, utalva arra, hogy az új anyag versenyképes lesz a hernyóselyemmel. Ezen kívül még más magyarázatok is ismertek a név eredetével összefüggésben.) (A *nylon* megnevezés a márkanév-használati jog lejártá óta, kis kezdőbetűvel írva, a poliamid anyagú szálaknak a csoportnévévé vált az angol nyelvű szakirodalomban.) A poliamid 6.6 megfelelő szilárdsága, a belőle készült szövet szélállósága, jó kopásállósága, könnyűsége, kisebb nedvességfelvétele (gyors száradás) és rugalmassága, ill.

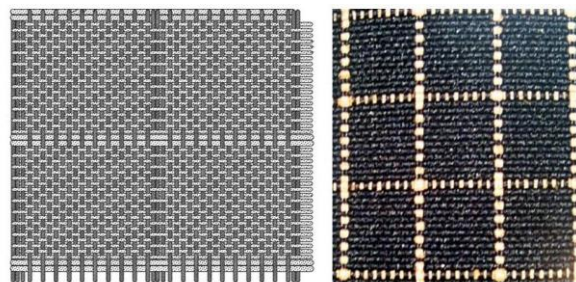
viszonylagos olcsósága mellett a vegyszer- és mikrobiológia ellenállása (nem penészedik) miatt is előnyös alapanyagnak bizonyult. A poliamid 6.6 használata főleg az angolszász országokban terjedt el, Európában a Perlon néven ismertté vált, polimerizációs eljárással készült poliamid 6 vált népszerűvé, amit az I.G. Farben-industrie mérnöke, *Paul Schlack* fejlesztett ki 1938-ban.

A valódi selyemről a szintetikus szálanyagokra való áttérés során előtérbe került a szövet megfelelő légáteresztő képességének biztosítása, amely a használat során egyenletesen egy megadott tartományban marad. Indokolta ezt, hogy az azonos porozitású pamut- és poliamidszövetű ejtőernyő eltérően viselkedett (pl. a pamutszövet-kupola megfelelően kinyílt, a poliamid alapú ugyanolyan körülmények között viszont nem). A fő fonaljellemzők (a fonalat alkotó filamentek száma és finomsága, a sodratszám), a szövet műszaki adatai (kötésmód, fonalfeszültség, a lánc- és vetülékfonal-sűrűség aránya), és a kikészítési körülmények (hőögztetés, kalanderezés, bevonatképzés) optimalizálásával kellett elérni az előírt légáteresztő képességet. Ennek csökkentésére csak olyan rétegelt polimer-bevonatok alkalmasak, amelyek a szövet deformációs képességét nem csökkentik jelentősen. A sűrűlódásos hőhatás miatti beégések el-lensúlyozására szilikonos kezelést alkalmaznak, ez a tépőszilárdság növelése szempontjából is előnyös. Egyéb – egyik vagy mindkét oldalon történő – bevonás (pl. neopren – műkaucsuk –, lágy PVC, poliuretán, poliakrilát, polimetakrilát stb.) növeli a szilárdságot és fokozza az időjárásállóságot.

A polietilén-tereftalát típusú (tereftálsav és etilenglikol polikondenzációs terméke), hagyományos módon előállított poliészterből készült szövet nagy szilárdsága és hőállósága, valamint a poliamidoknál jobb fényállósága következtében kedvező ejtőernyő alapanyag lett.

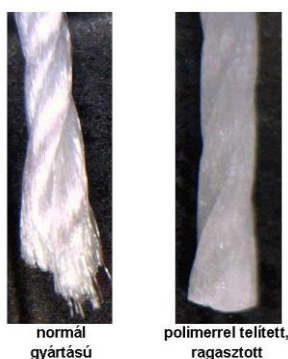
Az aromás poliamidoknak (Nomex, Kevlar) kiváló a hővel szembeni ellenállásúak, nem szenvednek beégést, nagy szilárdságúak, nem akadnak, ugyanakkor kis nyúlással és közepes energiaelnyelő képességgel rendelkeznek. Ezeket magas árak miatt csak különleges esetekben használják.

A kupolaszövetek szerkezetét tekintve – a héjszerkezet dinamikus igénybevétele szempontjából – fontos a felhasznált fonalak finomsága, ill. a lánc- és vetülék-sűrűség aránya. Előfordulnak ún. kvadratikus (azonos finomságú lánc- és vetülékfonalakból készült és mindkét főirányban egyező fonalsűrűségű) szövetek, ugyanakkor elterjedtek a durvább vetülékfonalakból és kisebb vetüléksűrűséggel készült szövetek is, mert így nagyobb a vetülékirányú szilárdság. Általában az ún. rip-stop (hasadásgátló szerkezet megerősített vászonkötéssel) kötésmóddal szövött kelméket használnak (16. ábra), amelyek a megindult szakadást vagy repedést nem



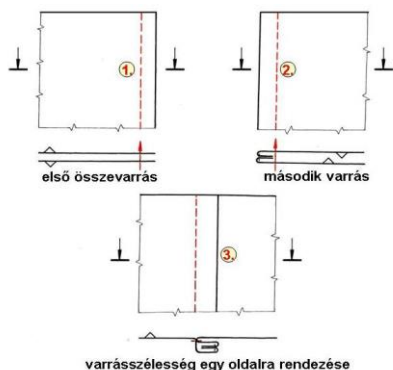
Rip-stop kötésű szövet

16. ábra



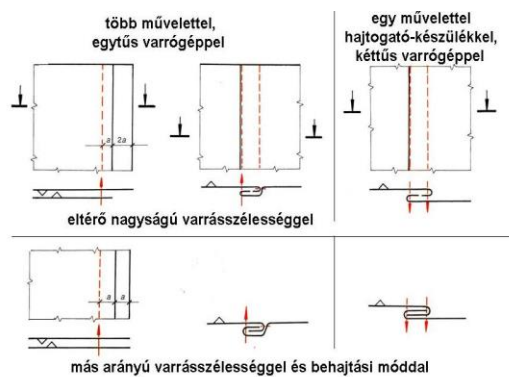
Poliészter cernák

17. ábra



A franciavarrás elve

18. ábra



A laposvarrás elve és módjai

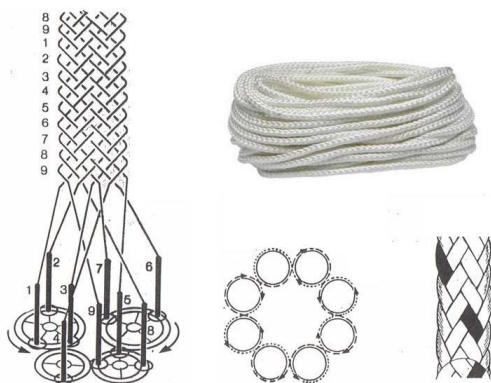
19. ábra

engedik továbbterjedni (nagy a továbbszakító szilárdságuk). Az enyhén négyzethálós mintázatot mutató szövetben 5–8 mm-enként több lánc-, ill. vetülékfonal (vagy kiemelten nagy szilárdságú lánc- és vetülékfonal) köt azonos módon. Ezen kívül korábban – főleg az egykori szocialista országokban – a 2/1-es sávolykötésű szövetek is használatban voltak.

A kupolaszövet-idomok egyesítése alapvetően varrással (pl. franciavarrás, laposvarrás, 18. ill. 19. ábra) történik, azonban a hegesztést, ragasztást is alkalmazzák. A varrásos egyesítés során általában végtelenszálú poliészter-filamentfonalokból készült, nagyszilárdságú, háromágú cernát használnak, amelyet utólag telítéssel felvitt és hőkezeléssel rögzített hatóanyaggal látnak el (17. ábra). Ebben a ragasztott cernában az alkalmazott polimer a cernaágakat és a bennük levő filamenteket megfelelő kohéziójú köteggé egyesíti. A kettős szintű bevonat kenő hatású (kiváló a tű felmelegedésével járó károsító hatás elleni védelem és optimális a varrási teljesítmény), növeli a kopásállóságot és UV-védelmet lát el (optimális napfénnel- és vízzel szembeni, ún. időjárásállósággal).

Zsinórok, hevederek, szalagok

A zsinórok, amelyek a kupolát kapcsolják össze az ugróval, fonatolással (5000–5500 N szakítóerő), vagy körszövessel (4000–20 000 N szakítóerő) készülnek. Hosszuk kb. 4,5–6,0 m, rugalmas nyúlásuk korábban kb. 30–60 %-os volt. A fonatolt termékben (20. ábra) a fonalakat átlós irányban vezetik, miközben egymást alul-felül keresztezik. Az egy- vagy két fonalrendszerből felépülő termék szerkezetét a fonalak kereszteződési pontjainál fellépő sűrűlódás rögzíti. Cső alakú változat



Fonatolt csőzsinór előállítása és szerkezete

20. ábra

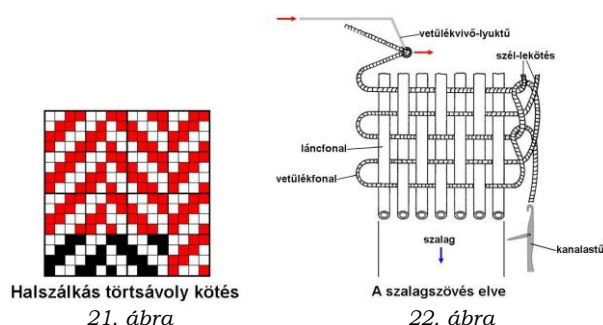
esetén a fonalak folyamatosan egy irányban haladnak csavarmentes formájában, és egymással kereszteződnek. Az ilyen szerkezet cső alakú (ezt használják gyakrabban), de igény szerint betétfonalak is kitölthetik az üreget. A körszövessel történő előállításnál körvonalú pályán folyamatosan vezetett több vetélővel érik el a tömlőszerű szerkezetet. A láncfonalak mozgathatósága nyúltszálakkal történik, a nyűsterekre viszont alakjukat folyton változtatják (nem merev rendszerek). A henger alakú vetelőket elektromágnesek mozgatják (a mágnespólok és a vetelő között haladnak a láncfonalak). Megjegyzendő, hogy ma már a nyúlás nélküli zsinórok a korszerűek, a statikus nyíláskésletetés a torlólevegős technikával történik. A fékezést a zsinóron levő csúszkák (slider-ek) segítik.

A hevederek (amelyek az ejtőernyőt az ugróhoz rögzítik, törzsét körülveve és a zsinórokhoz kapcsolódva) főleg poliamidból és poliészterből készülnek. Ezeket esetenként a varrás megkönnyítésére és a kopásállóság növelésére latexszel, műgyantákkal kezelik. A hevedereket szalagszövőgépeken, általában halszállás-törtsávoly kötéssel gyártják. Ennek a kötésmódnak a jellemzője, hogy a több mintaelem utáni éles váltás (21. ábra).

Az egyes varratok ill. a szövetszélek erősítésére, csatlakozófülek készítésére használt szalagokat vászon-, vagy törtsávoly-kötéssel gyártják (22. ábra).

A felhasznált főbb szálasanyagok

A Spectra elnevezésű, gélből képzett nagy szilárdságú, kiváló szívósságú és viszkoelasztikus tulajdonságú polietilén szál (15-ször erősebb az acélnál, 40 %-kal a paraaramidnál) az egyik olyan mesterséges szálasanyag, amelynek nagy a szilárdság/tömeg viszonyosszáma. Kis sűrűségű, vegyszer-, víz- és UV-sugárzásálló, kis nyúlással és nagy kopásállósággal rendelkezik. A különlegesen erős Dyneema polietilén-szálat nagy molekulatömegű, hosszú láncmolekulákból alakítják ki, szintén gél-szállképzéssel. Nagymértékű nyújtással fokozottan orientált szálas-

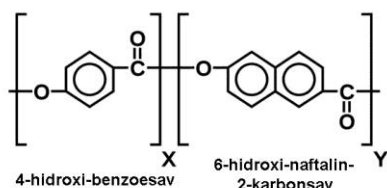


Halszállás törtsávoly kötés

21. ábra

A szalagszövés elve

22. ábra



A Vectran - mint aromás poliészter - két monomerje

23. ábra

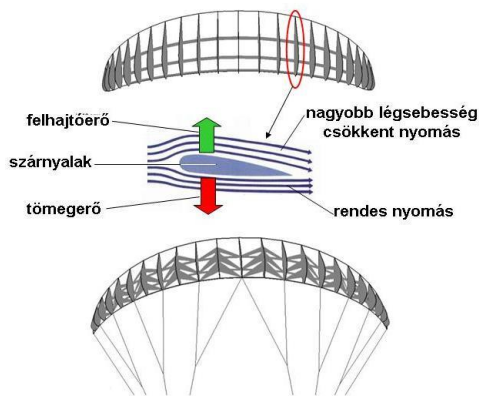
anyagot hoznak létre, a nagy húzószilárdság következtében ez a speciális polietilén a világ jelenleg legerősebb szála. Sűrűlátsási együtthatója lényegesen kisebb, mint pl. a nyloné, ezért önkény tulajdonságú.

A Dacron (hagyományos előállítású poliészter) mellett elterjedt a Vectran, mint nagyon merev láncmolekulából felépülő, termotróp folyadékkristályos aromás poliészter szál (23. ábra). (Az aromás szálanyagok anyagaira a folyékony halmazállapotban liotróp – oldat, LCP: Liquid Crystalline Polymer –, vagy a termotróp folyadékkristályos állapot jellemző.) A rendezett belső szerkezetet a szálképzés során kialakuló orientáció biztosítja, ami a nagy szilárdságot és a csekély nyúlást garantálja. A Vectran olvadáspontja 330 °C, jelentős szilárdságvesztése 220 °C-on következik be. Együttal égéskésleltetett képesség, vegyszer- és vízállóság jellemzi, ugyanakkor gyengébb az UV-sugárzással szembeni ellenállása. Utóbbit megfelelő – UV-abszorbeáló – bevonattal lehet javítani. Poliészter bevonatot gyakran alakítanak ki Vectran magyszál körül. Poliuretán bevonattal javul a kopásállóság, és teljes lesz a vízzárás. Hevederek számára különösen alkalmas a nagy szilárdsága és modulusa, csúszásállósága és kisebb fajlagos sűrűsége következtében.

Siklóernyők

Egyesek szerint az amerikai Dan Poynter ejtőernyős szakember teremtette meg a siklóernyőzést, miután egy meredek hegyoldatról startolva felemelkedett. A siklóernyők kezdetben téglalap alakúak voltak, és mindössze 7–9 cellából épültek fel, startolásukhoz a pilótán kívül két személy segítségére is szükség volt. Mások állítása szerint az első, valóban siklóernyőt 1986-ban egy francia üzletember keltette életre.

A siklóernyő (24. ábra) egy merevítő szerkezet nélküli repülő szerkezet, ami tkp. egy speciális szárny, amit pl. aromás poliamid (pl. Kevlar) fonalakból szőtt kelméből alakítanak ki. A szárny – mint torlólevegős kupola – cellákból épül fel, ezekben szabadon áramlik a



A siklóernyő felépítése és működési elve

24. ábra

levegő, amely kifelé lassabban távozik (egy típusoknál kiömlő nyílásokat is kialakítanak). A siklóernyő felső felületén gyorsabb a levegő áramlása, mint alul, ennek megfelelően alul nyomó-, felül felhajtóerő (szívóhatás) jön létre. Zsinórzat segítségével, a szárnyprofil alakjának módosításával lehet a siklóernyőt irányítani. Ennek a trim elnevezésű rendszernek a működtetésével az ernyők sebessége növelhető, vagy éppen lassítható (pl. a leszálláskor). A lassítást előidéző a „fékek” megfelelő oldalú használatával irányítható balra vagy jobbra az ernyő.

A siklóernyőt az ejtőernyőből fejlesztették ki, ami a szél energiájának és a felfelé szálló légáramlatoknak köszönhetően képes repülni. Ennek a repülőeszköznek az elődje a paplanernyő (légcellás ejtőernyő) volt, amely nem siklásra optimalizált, miután siklószáma (az egysegnyi távolságú süllyedéshez szükséges vízszintesen megtett távolság) alacsony, kormányzása nehézkes. A siklóernyők önálló változatot képeznek, karcsúbb kivitelek, több cellából állnak, kedvező szárnyprofilú légi sporteszközök.

A siklóernyők egyik fajtája távrepülésre alkalmas. A távrepülési világrekord jelenleg 502 km, ezt a dél-afrikai Nevil Hulett érte el 2008 decemberében. Az ún. akro-siklóernyőzésnél akrobatikus manőverek bemutatására kerül sor a levegőben. Ennek lényege az ernyő tudatos kezelése, az előidézett vészhelyzetek megoldása. Ezekon kívül siklóernyős célra szálló versenyeket is rendeznek.

A szárnyas repülés és ruházata

A siklórepülésre alkalmas, ejtőernyővel kombinált ún. szárnyruhákat – amelyek a lábak és a karok alatt külön felülettel rendelkeznek – az 1990-es évek elején fejlesztették ki. Viselője biztonságosan repülhet bármely, az ugráshoz és sikláshoz, majd az ejtőernyős leereszkedéshez megfelelő magasságban elhelyezkedő



Szárnyas siklórepülés magaslatról

25. ábra



Szárnyas siklórepülés

26. ábra



Példa a szárnyas siklórepülő ruházat felépítésére

27. ábra

pontról, ami a repülőgépen kívül valamilyen hegycsúcs vagy kiálló szikla is lehet (25., 26., 27. ábra).

Az ejtőernyő és a szárny kombinációjával próbálkozott 1912-ben *Franz Reichelt*, azonban az Eiffel-toronyról végrehajtott kísérlete végzetes lett. 1930-ban *Rex Finney* Los Angelesben használt egy ilyen ruházatot, amivel a levegőben a vízszintes mozgást tudta fokozni az ejtőernyős ugrás során. Az esetenként eredményes tesztekkel alkalmával is bebizonyosodott, hogy a hagyományos vászonból, selyemből, fa-, acél- és bálnacsont-merevítéssel készített eszközök nem voltak megbízhatók. Az 1990-es évek közepén sikerült modern szárnyruhát a francia *Patrick de Gayardonnak* kialakítania. 1997-ben a bolgár származású *Sammy Popov* fejlesztett ki egy olyan szárnyruhát, amelynek nagyobb szárnya volt a lábak és a karok között. Kísérleti példányából a nevadai Boulder Cityben készült egy jól használható változat, amelynek tesztelését egy Las Vegas-i függőleges szélcsatornában hajtották végre. 1998 októberében sikeres siklórepülésre – kiváló emelkedési manőverezéssel – került sor Nevada fölött, ugyanakkor a sorozatgyártás nem valósult meg (pedig ezzel lassítani lehetett a függőleges sebességet akár 30 km/h alá, mi-

közben vízszintesen a 300 km/h sebesség tartható volt). Még 1998-ban *Chuck Raggs* olyan változatot fejlesztett ki, amelyben kemény bordákkal merevítésre volt mód. Ezeknek a merev szárnyaknak az alaktartása igen kedvezőnek bizonyult, de a szárny tömegnövekedése nehezebb repüléssel párosult. 1999-ben a finn *Jari Kuosma* és a horvát *Robert Pečnik* együttműködése járt jelentős eredménnyel. Kuosma oktatóprogramokat szervezett, hogy elhárítsa az addig legveszedelmesebbnek tartott az ejtőernyőzés körüli anomáliákat.

Fontos a légi járműhöz viszonyított tájékozódás és a kilépési légáramlás figyelembe vétele, miután a szárnyak azonnal elkezdnek repülni a légi jármű előre haladási sebességéből eredő relatív szélben. Egyértelmű, hogy pl. helikopterből történő ugrás, vagy egy siklóernyőből, ill. egy hőlégballonból való leválás, valamint szikláról történő indulás alapvetően eltér a mozgó repülőgépből történő kilépéstől, mert a kezdeti kilépési sebesség nem áll fenn. Így a gyorsuláshoz szükséges, a gravitációs erő által létrehozott függőleges süllyedés szükséges a megfelelő légsebességnek az eléréséhez.

A modern szárnyas siklórepülő ruházatok Neoprén (poli-kloroprénrel telített textilszerkezet) betétekkel készülnek, a szárnyszelvény kialakításához főleg rip-stop szövetű, poliamid 6.6 (nylon) kelmét használnak, a felfúvódó cellák pl. Kevlar alapanyagúak. A szénszálas merevítésű szárnyak is elterjedtek.

2010 óta kísérleti jelleggel kis sugárhajtású motorokat helyeztek el a szárnyruhák lábrészeinél. Ezzel nagyobb vízszintes irányú sebességet, ill. akár függőleges emelkedést is sikerült elérni. Hidrogén-peroxidos rakétahajtással is kísérleteznek.

Felhasznált források

- [1] Szódi Sándor: Az ejtőernyőzés áttekintése, Budapest, 1993.
- [2] Szabó József (főszerk.): Repülési lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991.
- [3] Hegymegi Orsolya: Az ejtőernyők fejlődése és vizsgálati módszerei (I. rész), Magyar Textiltechnika, 1997/4.
- [4] Paralife Kft. – Olenyik Artúr ügyvezető iránymutatásai
- [5] Wikipédia szócikkek