

Fonalgyártási technológiák

Szabó Rudolf
ingtex@t-online.hu

Kulcsszavak/Keywords:

Fonás, fonási műveletek, fonal, nagy teljesítményű szálak, fonalszilárdság, modulus, komposzt
Spinning, spinning operations, yarn, high performance fibre, tensile strength, composite, modulus

Összefoglalás

A textiliák sajátossága, hogy a vékony, többnyire hajlékony szálakból kiindulva első lépésben nagyjából ugyan-csak hajlékony lineáris terméket (fonalat, cérnát) készítenek, amelyekből a továbbiakban általában lapszerű terméket alakítanak ki. A cikk áttekintést ad a legerjedtebb fonási technológiákról, különös tekintettel a legújabb fejlesztési eredményekről.

Summary

Specialty of textiles is that, as first step, they are manufactured from thin, flexible fibres which are reprocessed to also flexible linear products (yarn, thread), which are reprocessed again usually to fabric sheets. This article gives an overview of the most prevalent technologies in spinning considering the recent development results.

Bevezetés

A szál fogalmán az átmérőhöz képest nagyságrendekkel hosszabb anyagformát értünk [2]. A szálak átmérője a nm-től kb. 1 mm átmérőig, míg a szál hossza a szálátmérőt nagyságrendekkel meghaladja, ami a véges (vágott) hosszról a végtelen (filament) hosszúságig terjedhet. A vágott szálakat a fonás során közel párhuzamosan a kívánt fonalfinomságnak megfelelően elrendezve és megsodorva biztosítható a fonal szilárdsága. A szálak tulajdonságaitól, a felhasználási igényeknek, a technológiai lehetőségeknek és a gazdaságossági elvárásoknak megfelelően többféle fonalgyártási eljárás alakult ki.

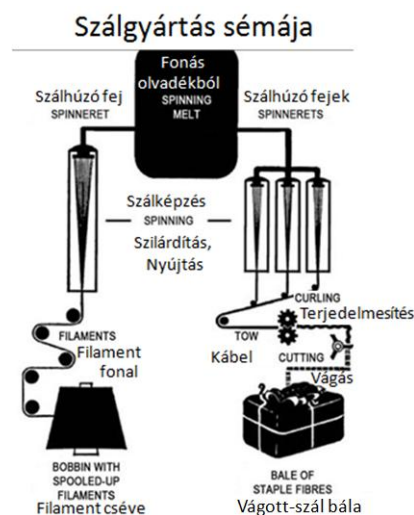
Mesterséges (vegyi-) szálak előállítás

A mesterséges szálgyártás során a viszkózus, szűrt oldatból vagy olvadékból a szálhúzó fejen nagyszámú (több tízezerig), kis keresztmetszetű (40–60 μm) nyíláson átréselve húzzák a szálakat. A szálhúzó fejből kilépő szálakat folyadékfürdőben vagy levegő ráfúvással megszilárdítják, nyújtják, felületre avivázst visznek fel, majd a vágásra kerülő szálakat kábel formában hullámosítják. A kábel felületkezelése, hullámosítása a további feldolgozás (fátyol, szalag tapadása) miatt szükséges.

A torlóasztókamrás terjedelmesítés (hullámosítás) esetén a gőzzel előkezelt kábelt az adagoló-hengerpárral egy rugós csapólappal lezárt kamrába préselik. A forró, nedves szálak a nyomás hatására a kamrában összehúzódnak hullámos alakot vesznek fel. A kamrából az összehúzott kábel a megnövekedő torló nyomás hatására a rugós zárat nyitva hullámos alakban lép ki, amelyet szállító szalagra lerakva lehűtik, a szálak megtartják hullámos alakjukat.

A végtelen (filament) formában feldolgozásra kerülő szálakat szálhúzás, megszilárdítás és nyújtás után felcsévélik, kábeltként dobozba lerakják, vagy a végtelen szálakból szálfátyol („flisz”) is készíthető. A filament

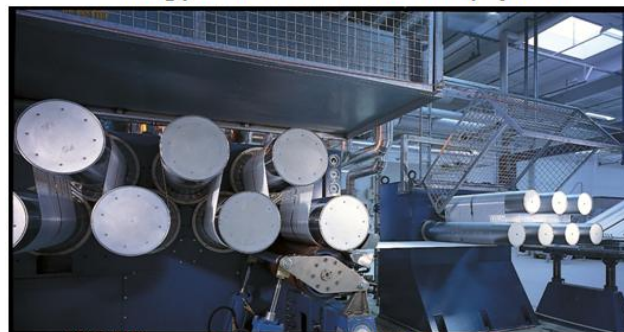
monofil (egy szál), hasított (fibrillált fólia) vagy multifilament (fonalat több elemiszál alkotja) lehet. Szálak felületére különböző sizing anyagot visznek fel, a vékonyabb, kisebb számú multifilamenteket (76–300) sodrással vagy légkuszálással (air covered, intermingled, interlacing) rögzítve fonalként vagy nagy számú sodratlan filamentszál (1000–300 000) kábelt (roving, tow) felcsévélik, dobozba rakják vagy terjedelmesítést követően a kábelt a fonástechnológiának megfelelő hosszúságúra (50–80 mm) vágják (1. ábra).



1. ábra

A szálhúzást követő nyújtás döntő hatású a szálak láncmolekula elrendeződésére, a szálak szilárdsági és nyúlási tulajdonságaira (2. ábra).

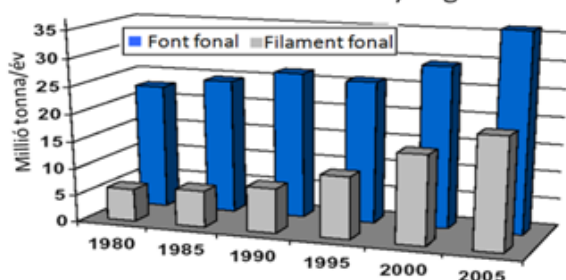
Szálgyártó soron a kábel nyújtása



2. ábra

Törekvés a szálak filamentként (végtelen formában) való feldolgozása a gazdaságosság növelése miatt, a filament szálak feldolgozása gyorsabb ütemű (3. ábra).

Font- és a filament fonal mennyiségi alakulása



3. ábra

Kábelből tépéssel font fonal gyártása

Tépéssel (kábeltepés, StretchBreaking) a kábelből (50 000–400 000 sodratlan filament) elsősorban a nagyobb merevségű szálakból (akril, OPAN, szén, aramid, fém stb.) a szálak párhuzamos rendezettségét megtartva közvetlenül – a kártolás elhagyásával – szalag (Tow to Top, azaz kábelből szalag) készíthető (4. ábra).

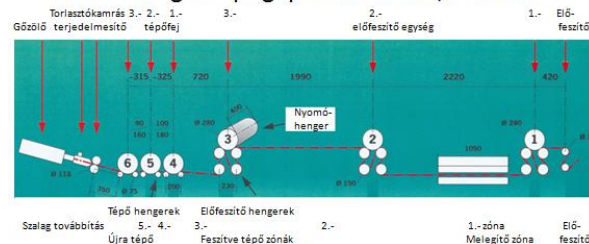
Kábeltepő gép



4. ábra

A tépőgépen a kábelt központosan, hosszan megvezetve, enyhén feszítve kb. 300 mm szélességűre egyenletesen terítve vezetik az előfeszítőbe. A kábel előfeszítése a hengeres csapokon a körülfogási szög változtatásával állítható. A kábel haladási irányába a feszítőegységek alsó kis hengereit növekvő kerületi sebességgel hajtják. A felső, nagy gumis nyomóhengereket olajnyomású munkahengerekkel szorítják az alsó hengerekre, ezáltal a kábel elemiszálait hengerek érintkezési zónájában biztonságosan, csúszásmentesen befogják. A kábel melegítésével a kenőanyag meglágyul, ami szálak kezelhetőségét elősegíti. A szálak szakító szilárdság-tartományát elérve a feszítő zónákban a szálak gyenge részén elszakadnak. Mivel a kábel kb. 50–100 filament rétegből áll, így a különböző helyen és időben bekövetkező elszakadó filament szálakat az ép feszes kábelrészek csillapítják. A tépőzónákban a kábel feszessége, folyamatossága és haladása továbbra is megmarad, az elszakadt szálakat a kábel magával viszi. A feszítő-tépő zónák hosszának csökkentésével a kábelben levő szálhossz is csökken. Az utolsó (5.) tépőzónában a leghosszabb szálak a tépőzóna befogási pontjainak távolságát nem haladhatja meg (5. ábra).

Schlumberger tépőgép elrendezése, méretei



5. ábra

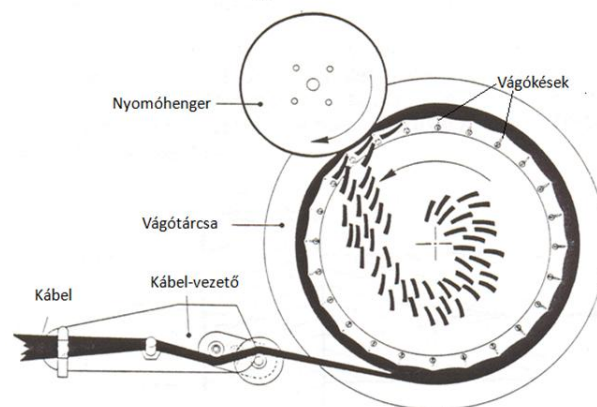
A feszítő tépő zónából kilépő szalag elemiszálait a torlasztó kamrában hullámosítják, majd a gőzöléssel nedvesített szalagot kannákba lerakva tárolják.

Kábel tépésével egy műveletben – a szálak párhuzamosságát megtartva – szalag állítható elő, azonban a szalagban levő elemiszálak hossza az 1–2 mm-től az utolsó tépőzóna befogási pontjának távolsága között hosszban (100–140 mm) ingadozik. A szálak nagy hossz-különbségéből adódik, hogy később a szalag nyújtása során a rövid ún. úszó szálak mozgása nem szabályozható, emiatt a tépési technológiával (semi-worsted – félfeszült gyapjúfonás) gyártott fonal egyenlőtlensége (U%) nagy.

Vágott szálból készült (font) fonalak gyártása

A kábelt adott szálhosszra vágva a szálak rendezettsége, orientációja megszűnik. A kábelt szálhossznak megfelelő távolságra, sugárirányba elhelyezett késes tárcsára tekercselik. A kábel-feszültség és a nyomóhenger a sugár irányú késélekre tekert, rányomott kábelt a belső részén a kések távolságának megfelelő szálhosszúságúra vágják (6. ábra).

Kábelvágás elvi vázlata



6. ábra

A vágott szálakat a tárcsa belsejéből pneumatikusan továbbítják a kártológépek etető aknájába, a pihentető-keverő tárolókba vagy a bálapréssbe.

A szálak feldolgozhatóságához, a fától leválaszthatóságához a szálak között bizonyos tapadási erőre van szükség. A vágott vegyi szálak gyártása esetén a kábel filament szálait vágás előtt a feldolgozhatóság elősegítésére hullámosítják, a szálfelületre ún. kenőanyagot (sizing) visznek fel.

A szálak közötti súrlódás több paraméter (a szál merevsége, szál íveltsége, szál hossza, szál felülete, sűr-

lódása, sizing mennyisége stb.) függvénye, amely paraméterek együttesen az ún. *Batt* vagy a *Top* kohéziós számmal jellemezhetők. A Batt vagy a Top értékek a kártológépen a fátol- és szalagképzésről, valamint a szalag nyújthatóságáról előzetesen adnak támpontot, a kohézió értékeket a tapasztalattal összevetve a szálhalmaz tapadási viszonyai, a feldolgozhatóság jól jellemezhető.

A Batt érték a 25–80 mm hosszú vágott szálak esetén a bundaszerkezetben a szálak közötti sűrűség, tapadó erőre jellemző viszonyos száma. Meghatározásához a szálhalmaz több helyéről vett mintából ($17,5 \pm 0,1$ g) a mintakártoló gépen bundát készítve, majd keresztirányba bevetve újbóli kártolással készül a vizsgálandó bunda. A négy egyenlő részre vágott bundarészt a szakító gép alsó befogó két oldallapja között vízszintesen rögzítik, majd a bunda alá helyezett vízszintes rudat a szakító gép felső pofájához erősítve a négy mintabundát külön-külön elszakítják. A fellépő átlagos szakítóerőt meghatározva (cN-ban) a szakítási értékeket a szakítási minta súlyával (cN-ban) elosztva, a négy minta mérési átlaga adja a Batt kohézió számot.

- Kártolt bunda Batt kohéziója: minta szakítóereje (cN)/minta súlya (cN).
- A jól feldolgozható szálbunda Batt kohézió értéke 30–50 közötti.
- A Top kohézió a már elkészült kártszalag szakító hosszának (10–20 m körüli) mérésével határozható meg.

A textil-feldolgozási technológiákat elsősorban a szálak hosszának megfelelően alakították ki. A véges hosszúságú (vágott szálak) az alábbi csoportokba sorolhatók:

- szálórlemény (1–2 mm) nedves ülepítéssel papírszerű nemszőtt kelme készíthető vagy a mátrix anyagba keverhető,
- aprított szál (6–24 mm) paplan (merev szálak (üveg, szén, aramid) kompozitok erősítésére),
- rövidszál (15–50 mm), amit a pamut hosszához kidolgozott fonástechnológiával dolgozzák fel,
- hosszúsál (50–150 mm), amit a gyapjú hosszának megfelelően kidolgozott fonástechnológia dolgozzák fel,
- rostszál (100–600 mm) feldolgozási technológiák.

A megfelelő hosszra vágott szálakat csővezetékben légárammal a kártoló gép etetőáknájába juttatva, a kártológépeket egyenletesen etetve dolgozzák fel, vagy bálázva értékesítik.

A ma már a textilipari szálak nagyobb hányada (több mint 60%) mesterséges (vegyi úton) gyártott, s a vágott vegyi szálak gyorsabb ütemben növekednek, mint a természetes szálak.

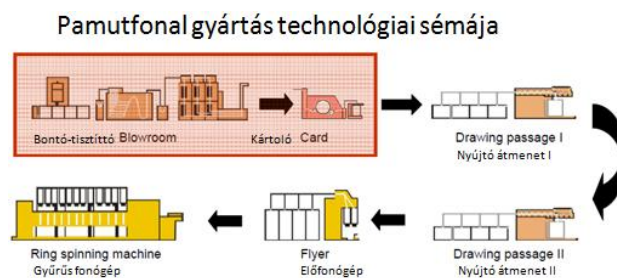
Összességében a textiltermék használatában a véges hosszúságú természetes és a vágott vegyi szálak jelentős részaránya a meghatározó, amelyeket rövid-, hosszú- és rostszálak feldolgozására kifejlesztett font fonási technológiák valamelyikével dolgozzák fel.

Font fonalak gyártása esetén a véges hosszúságú (15–600 mm) szálakból az előkészítési műveletek során előírt finomságú, közel párhuzamos helyzetű elemiszálakból kártolással szalagot készítenek. A szalagok további egyesítésével és nyújtásával, végül az előírt finomságot elérve a sodrat tömörítő hatására az elemiszálak közötti sűrűsödést megnövelve készül a fo-

nal. A fonalat a szálhossz, az alapanyag, a fonás-előkészítési technológiai lépcsők, a szalagképzés, a beiktatott műveletek (pld. fésülés), a végfonás, a fonal finomsága szerint többféle, a technológiára és a fonalra vonatkozó megnevezéssel jellemzik.

Rövidszál- (pamut-) fonás előkészítési technológiája

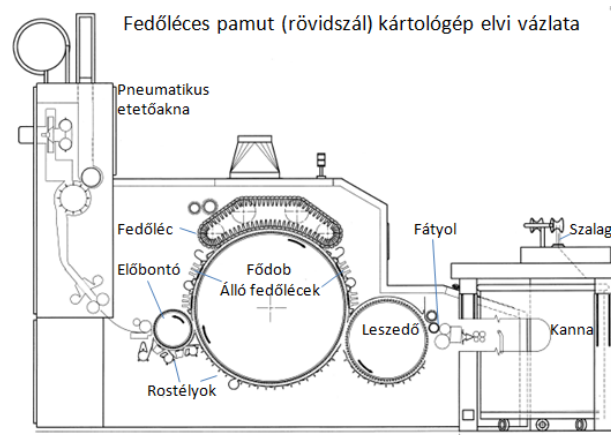
A szálakat rendezetlen formában, bálába préselve szállítják a feldolgozási helyre. Az előbontó gépsoron (7. ábra) a fellazított, kevert, tisztított anyagot pneumatikusan továbbítva egyenletesen adagolják a kártológép etető szekrényébe.



7. ábra

A rendezetlen szálakat a **kártológép** rendezi, egyenletes előírt finomságú fátolat vagy szalagot állít elő. A **fedőléc** **kártológépen** a fődob merev bevonata és a fedőléc között a bevetett szálbundát elemiszálakra bontják, a szálakat közel párhuzamosan rendezik, majd a szálakat a leszedő hengerről fátol formában leválasztva előírt finomságú szalagot készítenek (8. ábra).

A kártológép bontó bevonatát a feldolgozandó anyagnak megfelelően a tapasztalatokra támaszkodva választják meg.



8. ábra

A **nyújtógépen** a kártológépen készült szalagot az igényektől függően egyesítik, keverik és nyújtják (9. ábra).

A gyártandó fonalgényektől és végfonási technológiától függően vékony fonal gyártása esetén a szalagokból készített tekercset **fésülik** – a rövid elemiszálakat, szennyeződést eltávolítják –, a gyűrűs végfonáshoz **előfonalat** készítenek, majd valamely végfonási eljárással fonal készíthető.

Nyújtógép felépítése (a), egyesítés egyenletesítő hatása (b.), szalag finomság elérésére a vezérlés (c) és szabályozás (d) elve



9. ábra

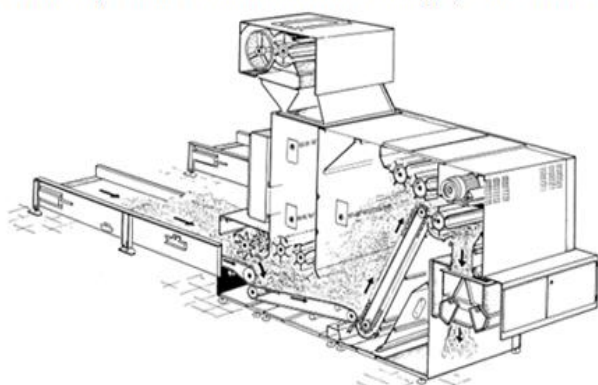
nológiától függően vékony fonal gyártása esetén a szalagokból készített tekercset fésűlik – a rövid elemiszálakat, szennyeződést eltávolítják –, a gyűrűs végfonáshoz előfonalat készítenek, majd valamely végfonási eljárással fonal készíthető.

Hosszúszál- (gyapjú-) fonás előkészítési technológiája

A hosszúszál-fonást a gyapjuszálak (hosszuk 50–120 mm) feldolgozására fejlesztették ki. Eredetileg ezt a technológiát ma a nemszótkelme-gyártásra továbbfejlesztették.

A bálák lazítását tüsléces keverő-bontókkal kiméletesen bontják, az anyagot lemérve a kártológépet egyenletesen etetik (10. ábra).

Szekrényes hosszúszál bálabontó etetőgép elvi vázlata

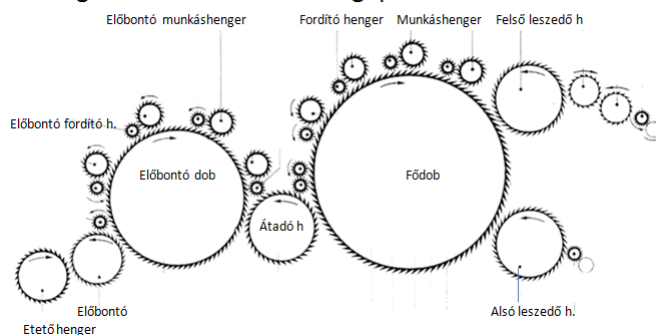


10. ábra

A **hengeres kártológép** a hosszabb szálakat kiméletesebben bontja (11. ábra).

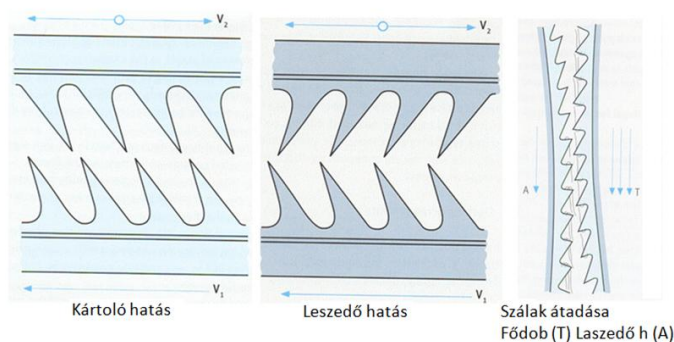
Az anyagot a megfelelően kialakított merev bevontú kártoló felületek között elemiszálakra bontják (12. ábra). A leválasztott fátlyat fonalgártás esetén csíkokra osztják és hamis sodratú előfonalat, vagy szalagot készítenek, míg a nemszótkelme gyártása esetén a fátlyol rétegeket egymásra fektetve bundát készítenek.

Hengeres hosszúszál kártológép működési vázlata



11. ábra

Kártológépen a különböző tűállások és sebességviszonyok hatása



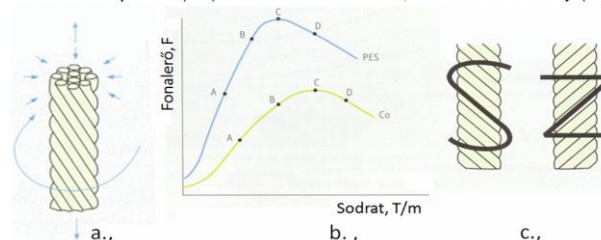
12. ábra

Végfonási technológiák

A párhuzamos szálköteg tengely körüli elcsavarásával, ún. sodrásával a külső részen levő elemiszálak tömörítő hatása a szálak közötti súrlódó erőt, a fonalak a végleges szilárdságát (13. ábra) adja. A fonal méterenkénti sodratszáma (T) a fonalfinomság (ill. az ebből levezethető fonalátmérő) (Nm) és a felhasználási terület sodrattényező (α) függvénye ($\alpha \approx 100$):

$$T = \alpha \sqrt{Nm}.$$

Sodrat tömörítő hatása (a.), a fonalero változása a sodratszám (T/m) növelésével pamut (Co) és PES fonal esetén, S és Z sodratirány (c.)



13. ábra

Az újonnan kifejlesztett nagy teljesítményű végfonási technológiákkal jellegzetes fonalstruktúrák gyártathatók.

A gyűrűsfonógépen a szalagot vagy előfonalat hengerpáros szijas szálmozgás szabályozókkal vékonyítják, majd megsodorják. A fonal sodratát a gyűrűn a fonal által nagy sebességgel vontatott futó fordulatszáma adja (14. ábra). A legvékonyabb fonalak gyűrűsfonógépen gyárthatók, viszont teljesítményüket a futó kerületi sebességének felső határa (35–45 m/s) korlátozza. A vé-

konyabb fonalakat emiatt kis gyűrű átmérőjű, kis fonócséve kiszerelésben gyártják a nagyobb orsófordulatszám (25 000–30 000/min) elérése végett.

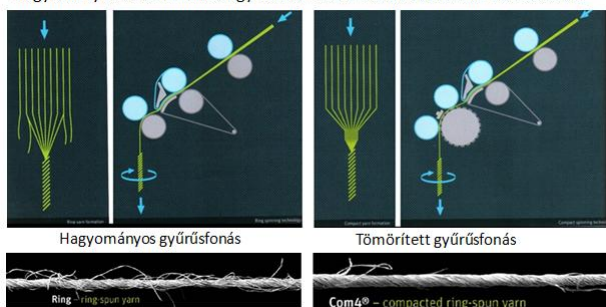
Gyűrűsfonó képe



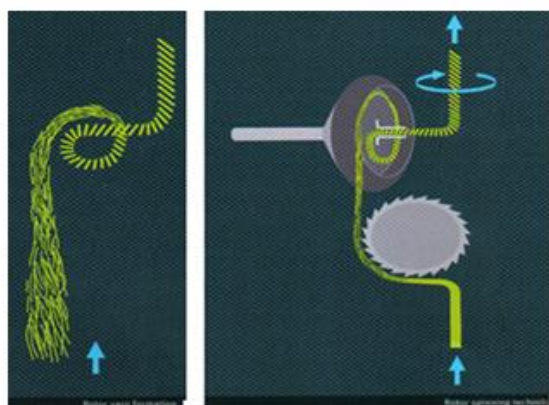
14. ábra

A gyűrűsfonás területén az utóbbi évtizedek legnagyobb innovációját a **tömörített fonás** jelentette [1], amely eljárásnál a nyújtóműben ellaposodó szálszalagot a nyújtóműből való kilépés előtt szívóhatással tömörítik. Ezáltal a szélén levő elemiszálak is besodródhatnak a fonaltestbe, a fonál kevésbé lesz szórós, és a szilárdsága is nagyobb a hagyományosan gyártott gyűrűsfonálhoz képest (15. ábra).

Hagyományos és a tömörített gyűrűsfonás elvi vázlata és a fonalak szerkezete



15. ábra



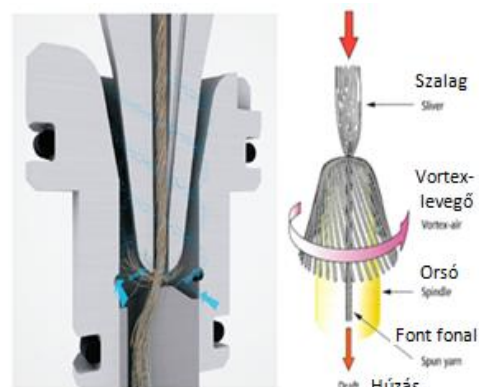
Turbinás (OE) fonás



16. ábra

A **turbinás fonás** a nagyobb teljesítményének (200 000/min turbina fordulatszámig), a nagyfokú automatizáltságnak (szalagból egy lépésben a fonál tisztított keresztcséve kiszerelésben készül el, automatizált szakadás-elhárítás), az egyenletesebb fonálnak köszönhetően nagy hányadot tesz ki a közepes finomságtartományú fonalgéártás területén (16. ábra).

A **légörvényes fonást** a kiugróan magas teljesítményének (fonalgéártási sebesség 450 m/min-ig) köszönhetően egyre elterjedtebben alkalmazzák (17. ábra).



Légörvényes fonás



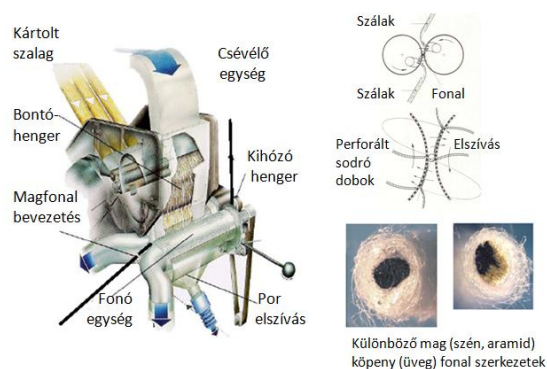
17. ábra

A font fonalak gyártása esetében az egyenlőtlenség csökkentése, a feldolgozási sebességek, a fonalszilárdság növelése a legfőbb törekvés.

A különleges, hibrid (különböző szálak, filament mag) vágott szál struktúrákkal speciális vevői igények teljesíthetők.

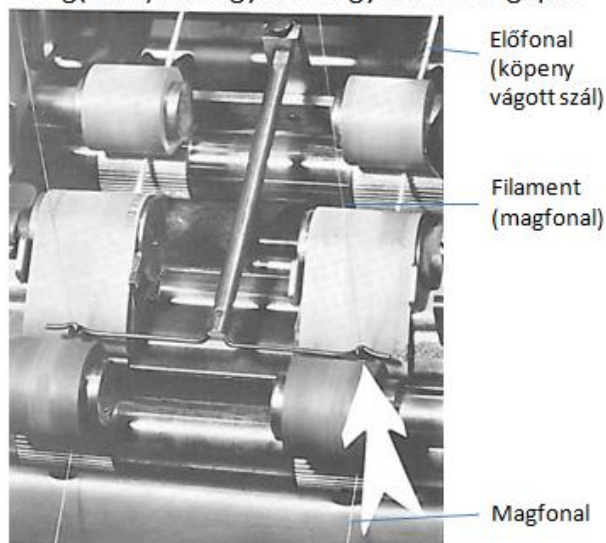
DREF (frikciós/súrlódásos) fonalgéártás során a perforált sodró szívódobok tengelyével párhuzamosan vezetnek be a magfonalat (többnyire filamentet). A kártolt szalagokat felbontva a köpenyt alkotó szálakat légárammal az ellentétesen elmozduló perforált sodródobok felületére szórják, a dobok között a véges (vágott) szálak a filament felületére rásodródnak. A különböző anyagokból és szerkezetekből a felhasználási igényeknek megfelelő fonalszerkezet alakítható ki (18. ábra).

Súrlódásos (DREF) fonalképzés



18. ábra

Mag(core)fonal gyártása gyűrűsfonó gépen

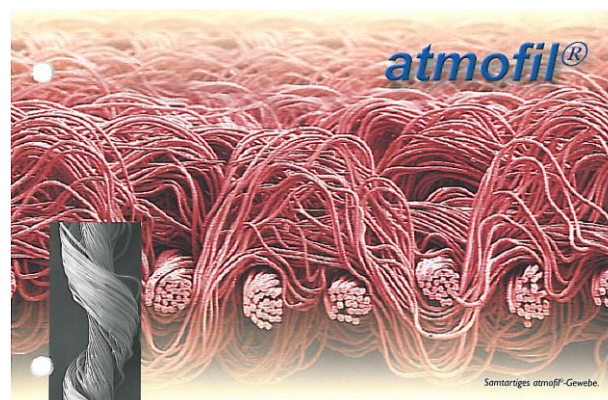


18. ábra

Gyűrűsfonógépen core (mag) fonalszerkezetű varrócérna készíthető. A filament magfonalat a kiadó henger alá az előfonalra vezetik, a kilépő oldalon a sodrat hatására a rövid szálak a filamentre tekeredve köpenyként veszik körül (18. ábra).

Atmofil kelme: a különböző rugalmasságú vagy a különböző zsugorodású szálakból gyártott fonalakból különleges fonal- ill. kelmestruktúra (19. ábra) alakíthatók ki [3].

A különböző szálakból az innovatív fonalgyártási technológiák kifejlesztésével a fonalak gyártási teljesít-



19. ábra

ménye számottevően növekedett, a felhasználási igényeknek megfelelően (a különböző géprészek vezérelt egyedi motorhajtással) a fonalak szerkezete széles határok közötti változtatható (effekt fonalak gyártása is lehetséges). A fonógépeken a csoportos szíjhajtást egyre több megoldásnál az egyedi frekvenciavezérlés váltja fel, ami a fajlagos energia-felhasználás és a zajcsökkenés szempontjából is nagy jelentőségű.

Felhasznált irodalom

1. Szabó L.-Szabó L.: Fonás Magyar Textiltechnika 2012/1. 17-20.
2. R. Szabó – L. Szabó: New textile technologies, challenges and solutions. XXIII Congress of IFATCC, Budapest, 2013. 05. 08-010. 11 p.
3. Bekaert, Oerlikon, Rieter, Schlumberger, Trützschler kiadványok, prospektusok.
4. ITV Denkendorf kiadvány: atmofil® faszinierende Vielfalt für textile Innovationen.