

Műszaki szál kábelcsévék feldolgozása

Szabó Lóránt

Óbudai Egyetem

szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

Bevezetés

Az utóbbi években a technika rohamos fejlődése (az elektronika széleskörű alkalmazása, új technológiák, gépgyártási megoldások megjelenése), valamint a kelmekkel szemben támasztott egyre többféle követelmény (új, különleges tulajdonságú alapanyagok feldolgozása), a kelmetulajdonságok széles tartománya (nagy szélesség 10 m-ig, nagy területisűrűség-tartomány igénye 50-tól 3000 g/m²-ig), a kiserelési kelmehossz folyamatos növelése, a nagy gyártási sebesség és a fokozódó minőségi elvárások, a gyártás és továbbfeldolgozás magas automatizálási szintjének megvalósítása a fonalak és a kész kelmék vezetésével, mindezek a feszültség szabályozásával kapcsolatban fokozott és különleges elvárásokat támasztanak. A korábbi merev, technológia szemléletű gondolkozást a funkció, a hatékonyság, a gazdaságosság és a sokrétű alkalmazás előtérbe kerülése váltja fel.

Kábel anyagok tulajdonságai és feldolgozásuk

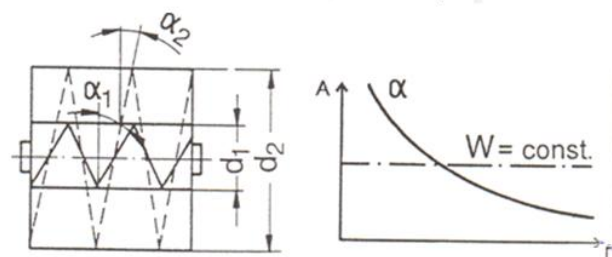
A kábelek anyaga üveg-, szén-, bazalt-, aramid-szálak, nagy szilárdságú mesterséges szálak. Ezek általában nagy szilárdságúak de kis nyúlásúak, sok esetben törékenyek, emiatt minden esetben fontos a kábelek előírt, azonos feszültségszintű, pozícionált vezetése. A sodratlan kábeleket direkt módon, állványra helyezve keresztcsévéről lefejtve dolgozzák fel.

Az üveg filament-szálakból a vékony, sodrott terméket *üvegfonalnak* nevezik (1. ábra), míg a durvább, sodratlan kábel a *roving*. Finomságukat tex vagy dtex finomságban adják meg. Az aramid- és a bazaltkábel finomságának megadása is hasonló.

A szénszál kábel kiserelési formáját *tow*-nak nevezik (a filament szénszál nagy merevsége miatt nem sodorható). A szénszálak többségének átmérője 7 µm körüli, ami kb. 0,7 dtex finomságnak felel meg. A szénszál kábel (tow) finomságát az elemiszálak számát ezerben (K) megadva fejezik ki (1K, 2K, 6K, 12K, 24K, 50K, 60K, 300K stb.). A szénszálak mechanikai tulajdonsága (szilárdság és merevség) a gyártás során széles tartományban változtatható. A kis K-s nagy szilárdságú vagy nagy

merevségű szénszál kábel a repülőgép-építésben, igényesebb területeken alkalmazzák, az ára is nagyobb.

A keresztcsévén tárolt anyagok közvetlen feldolgozása az utóbbi években egyre több műszaki szövet és textil anyagú kompoziterősítő gyártásánál egyre nagyobb jelentőségű. A kábel (roving, tow) csévék szerkezete általában precíziós (2. ábra), nagy kiserelésben (10–15 kg) készülnek.



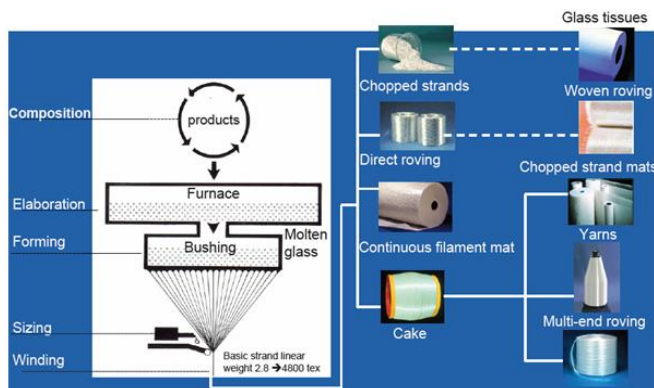
2. ábra. Precíziós csévé és jellemző méretei

Az álló helyzetű kábelcsévék tengely irányban is lefejthetők, ekkor azonban a kábelben sodrat keletkezik. Ha nincs csévehüvely, belső lefejtés is lehetséges. Álló helyzetű csévéről való lefejtés esetén a lefejtési sebességtől, a kábel jellemzőitől és a geometria viszonyoktól függően kialakuló ballonváltozás, vagy a menetlecsúszás okozhat zavarokat.

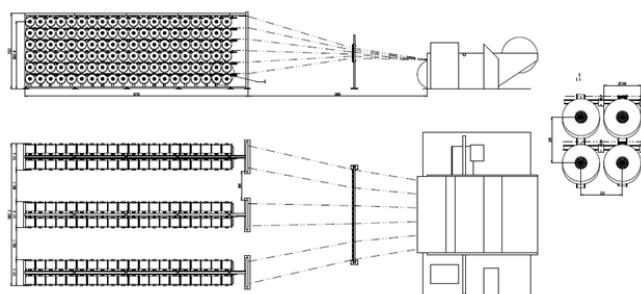
Az állvány tuskéire feltűzött csévék tangenciális irányban, a kábel húzásával a csévét forgatva is lefejthetők. Az állványokra néha több ezer csévét tűznek fel (3. ábra), így az állvány nagy helyigényén túlmenően a csévék pozíciójától függően a kábelvezetés viszonyai is eltérőek. Zavart okozhat a fonalvezető távolság helytelen megválasztása, a csévé helyzete az állványon, a fonalmenet lecsúszása a csévé homlokfelületén, vagy a gyűrűképződés (az elszakadt összegyűlő elemiszálakból a forgó csévé körül kialakuló gyűrű).

A biztonságos, zavarmentes, folyamatos feldolgozáshoz elengedhetetlen a kifogástalan cséveszerkezet, sok esetben a fonalak, cérnák, kábelek jó minőségű végtelenítése (a kábelvégek összesodrásos egyesítése, azaz splicer alkalmazása).

A kábelvezető elemeket (fonalvezető szem, vezetőgörgő) kialakítását, elhelyezését (4. ábra), felületét a feldolgozott anyagnak megfelelően kell megválasztani.



1. ábra. Üvegszál gyártása és a gyártott termékek



3. ábra. Állványos szövőgép vázlata



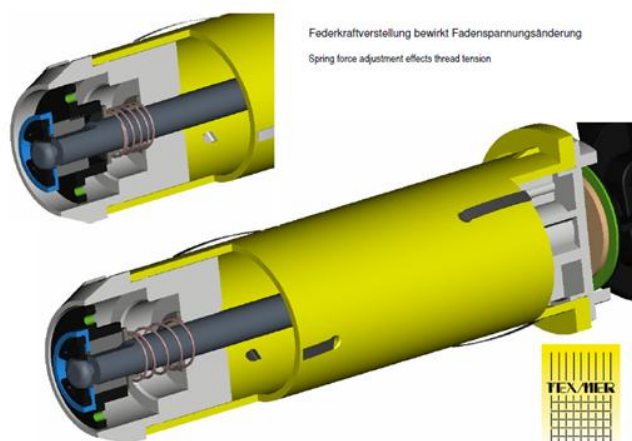
4. ábra. A TexKimp kábelvezetési megoldása

Az aramid és szénszál vezetésére narancshéj szerűen kialakított felületű vezető elemek használata ajánlott.

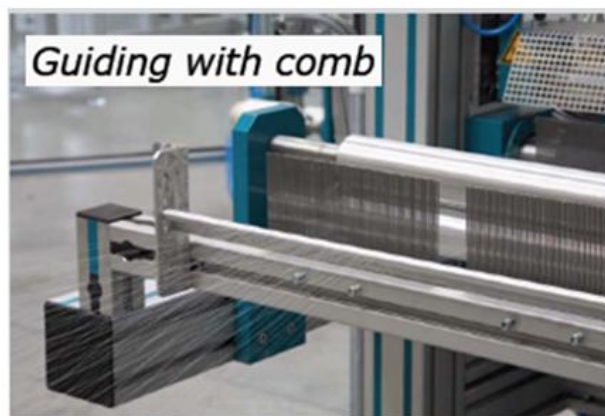
A kábelek lefejtésekor a kábel-erőknek azonosnak, előírt feszültségűnek (lehetőség szerint alacsonynak), a cséve átmérőjének változásától függetlenül állandónak kell lennie. A cséveátmérő csökkenése (minden esetben azonos átmérőjű csévét kell feltűzni!) okozta feszültségváltozást kompenzálni kell. A TEXMER cég megoldásánál a féket a feltűző tűske tengelyébe építik (5. ábra), a tűske ferde helyzete miatt a fékezőnyomaték a csévesúlytól is függ, így a cséveátmérő-csökkenés ellenére közel azonos kábelerő biztosítható.

Az állványon a kábelcsévek elhelyezésénél arra kell törekedni, hogy a kábelek oldalirányú vezetésnél minimális legyen az iránytörés, közel párhuzamosan érkezzenek a pozicionáló fűsűbe (6. ábra). A vezetés során a kábelek egymással való érintkezését minimálisra kell csökkenteni, a kábelsíkok egymásra feszülése nem engedhető meg.

A könnyű, merev kompozit szerkezet a szénszál kábel terítésével (7. ábra) érhető el. A kábel teríthetőségének előfeltétele a sodrat mentesség, fontos továbbá; a kis kenőanyag (sizing) tartalom, a kábel hőmérséklete, a feszültség, a rezgés, a légsugár ráfújás intenzitása, a vezetési körülmények. A csévről lefejtett szénkábel kiterítése (20–40 mm-re) a vezetés során valósítható meg. Az 50K-s, 6–10 mm széles kábelben 35–60 elemiszál-réteg van. A lapképzés során fontos

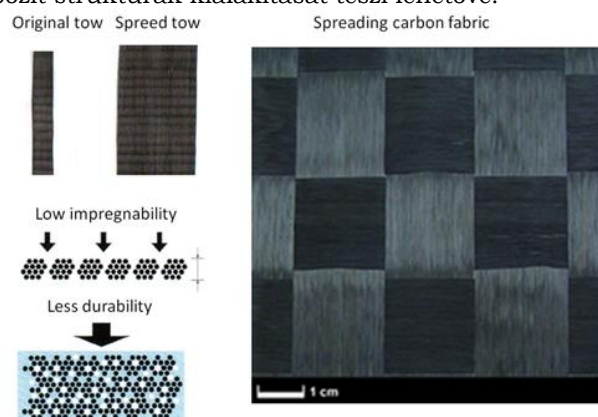


5. ábra. TEXMER csévefék kialakítása



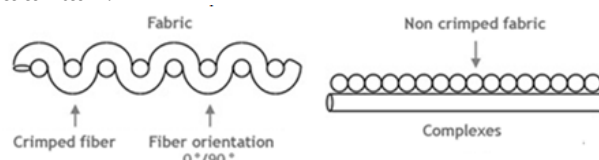
6. ábra. Vezetőfűsű kialakítása

törekvés, hogy a kábelek elemiszálai a kelmésíkban résmentesen és egyenletesen rendeződjenek. A kompozit készítéskor használt mátrix anyag egyenletes behatolása a vastag elemiszál rétegbe nehezen valósítható meg. Fontos célkitűzés a homogén, rés-(gap-) mentes, vékony, kis területi sűrűségű (80–120 g/cm²) elemiszál-sík kialakítása, amely könnyű, értékes kompozit struktúrák kialakítását teszi lehetővé.



7. ábra. Terített szénkábel és szövét

A kompozitba beágyazott textil szerkezetek, – különösen a nagy merevségű szénzálak – akkor biztosítanak kimagasló szilárdsági és merevségi tulajdonságokat, ha a terhelés irányában egyenes helyzetűek (8. ábra). Például a vastag szénkábelből készült szövetségben a fonalrendszerek kereszteződése miatt a szálak görbült alakja a kompozit mechanikai tulajdonságait tekintve hátrányos. Szövetségkor a szádnilyást is különös körültekintéssel, lapos fonalvezető szemű nyüsstel kell kialakítani.



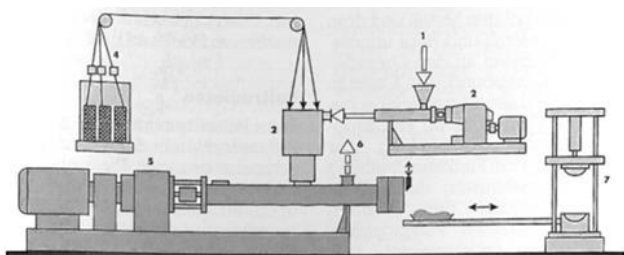
8. ábra. A szálak, kábelek helyzete szövetségben és a fektetett kelmében

A fentiek miatt a fonalbefektetési raschel-gépek előnyösen alkalmazhatók irányított tulajdonságú (uni-direkcionális [UD], bi-direkcionális [BD] és multi-direkcionális [MD]) kelmék gyártására is, ahol a lefektetett egyenes helyzetű kábel-, elemiszál síkokat vé-

kony poliészter kötőfonalakkal rögzítik. A kábelekből így közel egyenes vezetéssel, egyenes szál elhelyezkedésű lapszerű kelme készíthető.

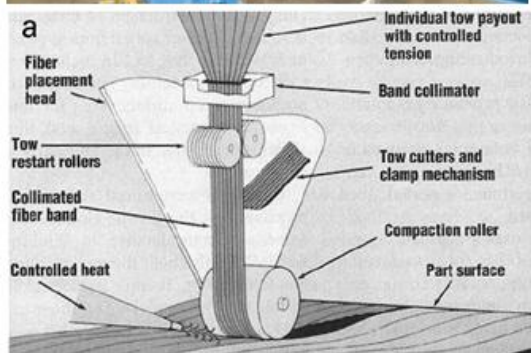
A kompozitok, vagy a kompozitokhoz használt erősítő textilszerkezetek gyártása során sok esetben a lapképzést elhagyva, a kábelt közvetlenül lefejtve dolgozzák fel (extrúzió, ATL azaz Automated Tape Laying, winding, pultrúzió).

Extrúziós kompozit gyártás esetén az örölt szálak pellet (préselt részecskék), granulátum (mátrixba ágyazott rövid szálak), chops (aprított 6–20 mm-es) szálak vagy kábeltként (9. ábra) vezethetők be az extrúder csigákba. A kábel bevezetése egy technológiai lépésben megvalósítható, a csiga által eltépett kábel szálai hosszabbak és irányítottabbak, ami a kompozit szilárdságát növeli.



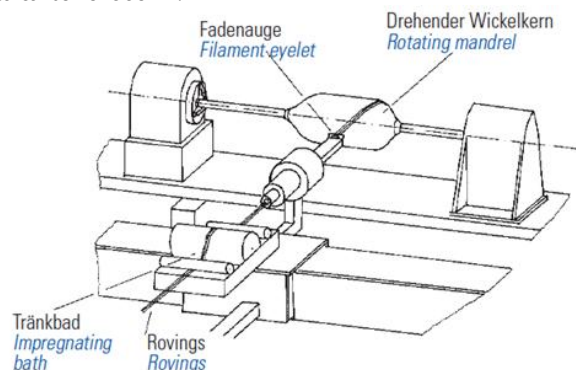
9. ábra. Extrúder közvetlen roving bevezetéssel
1 Polimer; 2 Impregnáló fej; 3 Tároló-extrúder az impregnáló fejhez; 4 Roving; 5 Kettős csiga; 6 Kigázosító; 7 Sajtoló

ATL, AFP (Automated Fiber/Filament Placement) automatikus kábelfektetés technológia (10. ábra) esetén a nagyobb, UD terhelésű alkatrészek (pl. szellőpát szénszálal merevítő tartója) gyártása esetén a cséveről lefejtett kábeleket a kompozit gyártó formára fektetik.



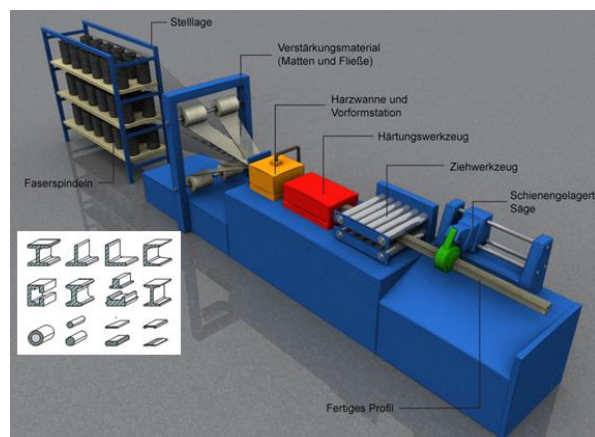
10. ábra. Automatizált kábelfektető (ATP) képe

Winding – tekercselés – esetén (11. ábra) a forgásszimmetrikus tartályok, vagy közel hengeres keresztmetszetű közlekedési eszközök (buszok, vasúti kocsik) karosszériája készíthető. A mátrixba merített kábeleket a készítenő tárgy méretének megfelelő keret forgatásával tekercselik.



11. ábra. Winding – tekercselési technológia

Pultrúziós technológiával (12. ábra) a lefejtett kábeleket a mátrixon, a profil szerszámon áthúzva a megkeményedés után az UD szerkezetű rudak gyártottak.



12. ábra. Pultrúzió technológia vázlatja és gyártható profilok

Szövőgépeken az állványról szövés korábban is ismert volt a szőnyeg és a mintás plüssök mintázástól függő eltérő bedolgozódású lórfonalainak tárolására és adagolására.

Az állványos szövés jelentősége napjainkban a műszaki szövetek és a kompozit-erősítő technológiák miatt fokozódott. Néhány példa az állványos szövésre:

Abronskord szövésnél a nagy kiserelésű CableCorder kábelcsévéket az állványra tűzik, a csévéket tangenciálisan, a cséve forgatásával fejtik le. Az állványról a szövőgép behúzó hengerével fejtik le a láncokat (13. ábra).

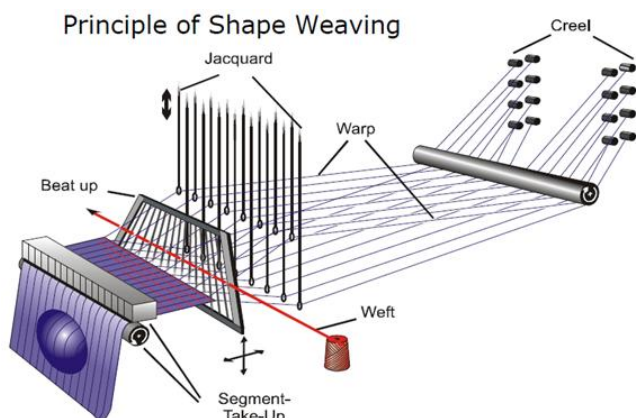
Napjainkban a kordszövet gyártására a légsugaras bevetésű gépeket részesítik előnyben, a mélyre hajtogatott szegély (3 cm) légsugaras visszafújással biztonságosan kialakítható. Mivel a kordszövet ritka (7–10 vetület/10 cm), és a szövőgép nagy fordulatszám (n=800/min) üzemel, emiatt az állványra feltűzött kb. 1300 cséve, amelyeknek össztömege a 15 tonnát is elérheti, lassú forgásba hozásához a szövőgép „lág” fel-



13. ábra. Kordszövőde

futással indul, ezáltal a csévek forgási gyorsulását csökkentve a felfutás alatti kábel-csúcsérő csökkenthető. A kordcérnák egyenkénti feszültségének vizsgálatára a szövőgépen a Protechna cég a TENSOSCAN fonalerő mérő-kiértékelő berendezést dolgozta ki.

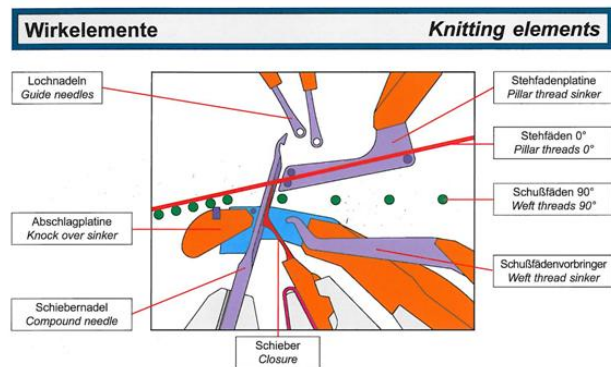
ShapeWeaving 3D alakra szövés esetén (14. ábra) az állványon elhelyezett keresztcsévékről fejtik le a láncokat, az elkészült szövetet pedig a szövethúzó hengert szakaszokra osztva különböző sebességgel húzzák el. A szádat a nagy mintázási lehetőségek biztosítására jacquard-géppel alakítják ki.



14. ábra. Shape Weaving szövés elve

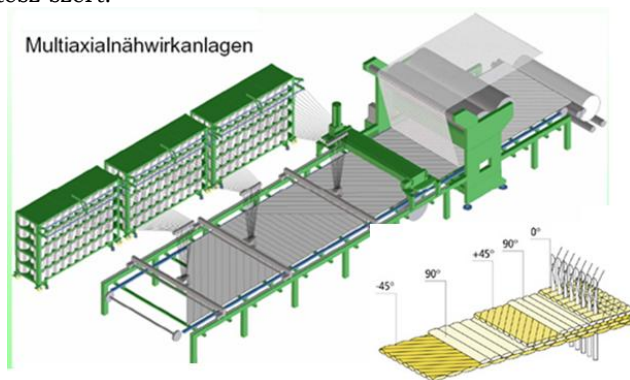
A ferde bordafogú borda fel-le mozgatásával változó láncsűrűségű és szélességű szövet-konstrukció alakítható ki. A gyártandó formának megfelelő szövetrészben a különböző fonalhosszak vannak, a kész szövet alakja a kompozit gyártása során a kívánt térbeli alakzatnak megfelelően kialakítható.

Többirányú fonalsereg befektetésére alkalmas raschel-gépen gépeken (15. és 16. ábra) a kábelek fektetése az UD, BD és MD technológiákkal viszonylag egyszerűen megvalósítható a nehezen kezelhető anyagok feldolgozása esetén is. Jelenleg ezen technológiákkal nagy kelmeszélességek (6 m), különleges kelme-struktúrák (aprított kábelek, szálbundák bevezetése) és nagy főtengely fordulatszámok (6 m szélesség esetén 400/min) valósíthatók meg, végeredményben nagy gyártási teljesítmény érhető el.



15. ábra. Szemképző eszközök és fonalrendszerek a raschel-gépen

A kötési műveletben csak a vékony PES filament vesz részt, amely a lefektetett kábelsíkokat összeköti (összevarrja). Ezen láncköti (varró) technológiák jelentősége a műszaki és a kompozit erősítő textiliák gyártása terén az utóbbi években egyre nagyobb jelentőségre tesz szert.



16. ábra. Multiaxiális láncköti gép és az MD kelme szerkezete

A **fonatolás** (17. ábra) műszaki- és kompozit erősítő textiliák területén egyre nagyobb jelentőségű, ahol a csévéről lefejtett kábelekből különböző a 3D-s és preform textil struktúrák alakíthatók ki.



17. ábra. Fonatoló gép

Bizonyos alakzatok (preformok) gyártására **hímzés** technológiával fektetik a szénzál kábelt.

Összefoglalás

A textiltermékek iránti igény napjainkban is növekszik, ami a textiltechnológiák szakadatlan fejlesztését is megköveteli. A textiltgépeket az új, elsősorban a mérnöki alkalmazásra használt műszaki és kompozit-erősítő textíliák gyártására is alkalmassá kell tenni, ami nagy kihívás a textiltgépek fejlesztői számára.

Irodalom

1. Tálos G.: Kompozitok a textil szemszögéből, TMTE TexPlat kiadvány, 2009.
2. Szabó D., Szabó L.: Textil erősítésű építőanyagok, Magyar Textiltechnika, 2008/6. p. 159-162.
3. Kollár L., Kiss R.: Szálerősítésű műanyagok (kompozitok) az építőiparban, Közúti és mélyépítési szemle, 1998/9. p. 331-338.
4. Szabó R., Szabó L.: Textilszálak kompozitok megerősítésére, Magyar Textiltechnika, 2011/4. p. 126-129.