

Szénsszálkabel terítése és szövése

Szabó Rudolf

Rejtő Sándor Alapítvány

Kulcsszavak/Keywords: Szénsszál, Szénsszálkabel, Szénsszálzalag készítése, Szénsszálkabel tépése, Szénsszálzalag szövése

Carbon fiber, Carbon fibre tow, Carbon fibre tape, Spreading of carbon tape, Stretch-breaking of carbon tow, Weaving of carbon tapes

Bevezetés

A mesterséges szálaknak a textilszálakon belüli részaránya közel 70% és gyorsan növekszik. Feldolgozásuk során – különösen a műszaki textiliák esetén – sok esetben a filament (végtelen) szálforma megtartása a technológiai rövidsége és a késztermék szilárdsága szempontjából egyaránt előnyös. A mesterséges szálak egyre nagyobb hányadát filament 100–300 elemiszálból (filamentből) álló fonalként használják. A filament-fonalak feldolgozását sodrással vagy pontrögzítéssel segítik elő. A mesterséges szálak másik csoportjába a nagyszámú, 1000–300 000 filamentből álló sodratlan filamentszálkötegek, az ún. *kábelek* tartoznak. A szálgyártás során a kábelek kiszerelése lehet keresztcsévé, nagy tekercsekre csévélt vagy dobozokba lerakott.

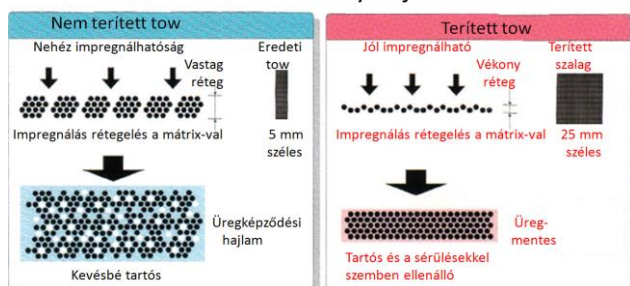
A mesterséges szálak vágott formájú feldolgozása esetén vágás előtt a kábeleket a torlasztókamrás terjedelmesítő (hullámosító) gépen kiterítik, gözőlik és torlasztó kamrában hő és nyomás hatására hullámosítják, majd a továbbító szalagon lehűtik. A hullámos kábelt rövid szálak esetében 30–50 mm, hosszú szálak esetén ennél nagyobb hosszúságra vágják.

A kiterített sodratlan kábelekből tépéssel vagy vágással hosszúságú szalag (*tow to top* – a *tow* szó itt a szénkábelt, a *top* a szalagot jelenti) készíthető. Így a kártolási művelet kiküszöbölésével párhuzamos szálhelyezetű szalag készíthető. A textilerősítő kompozitszerkezetekhez használt kábeleket (szénsszál, üvegszál, aramid, kerámia, bazalt, fémzál) – a hagyományos textiltechnológiákkal ellentétben – az egyenes szálhelyzet kívánatos (*Non Crimped Fabric, NCF*, azaz nem hullámos kelme; a kifejezés arra utal, hogy szövésnél a lánc- és vetülékfonalak kereszteződésében mindkét fonal ívelt, hullámos alakot vesz fel, ami ez esetben nem kívánatos). A kompoziterősítő textilanyagok technológiáinak fejlesztésénél az törekvés, hogy a sodratlan kábelekben a filamentek és a kelmékben a kábelek továbbra is (közel) egyenes helyzetűek maradjanak.

A kábel terítése

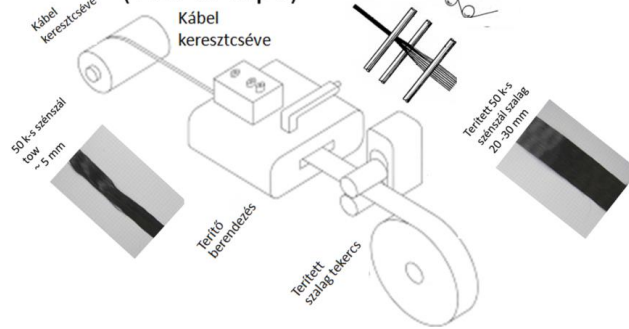
A kelmében a csoportszerűen összeálló kábelszálak esetén a szál/mátrix elrendeződés nem egyenletes, ami

Terített szénsszál tow előnyös jellemzői



1. ábra

Kábelből szalag készítése (Tow to tape)



2. ábra

a kompozit mechanikai tulajdonságaira nézve hátrányos, az üregképződés, a rétegenkénti leválás lehetősége növekszik. A kábel terítésével (*spreading*), a szálréteg vékonyításával egyenletes szál/mátrix elrendeződés, könnyebb impregnálhatóság érhető el (1. ábra).

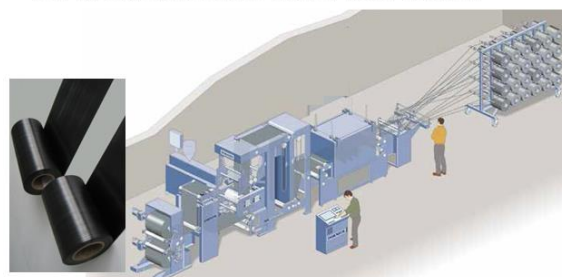
A szénsszálkabel kiterítése során a csévéről tangenciálisan (a csévé forgatásával) lefejtett sodratlan, feszített, melegített kábelt hosszan, „narancshéj” felületkialakítású rezgetett terelő rudakon vezetik, levegő ráfújásával a kábel elemiszálai a síkban egyenletesen kiteríthetők. A kábelek a felcsévézési szélességükhöz képest 4–5-szörösére, az 50 k-s (50 ezer filamentből álló) kábelek kb. 25–30 mm szélességű szalagra teríthetők szét (2. ábra).

A vékony szalagokból a kelmeszerkezettől függően könnyű, kis területi sűrűségű (50–150 g/m²) kompoziterősítő kelmék készíthetők. A kiterített kábelekből egyenletes szárelrendezésű, könnyű, jól impregnálható, nagy száltartalmú (50–70%), nagy fajlagos szilárdságú, kiváló minőségű (buborék- és üregmentes) kompozitok (*prepreg is*) gyárthatók.

Csoportos szénsszálkabel-terítés esetén a csévéállványról a csévék forgatásával lefejtett kábeleket kiterítik, majd egymás mellé illesztik és 300–500 mm szélességű peremes tárcsára párhuzamosan csévélik (3. ábra).

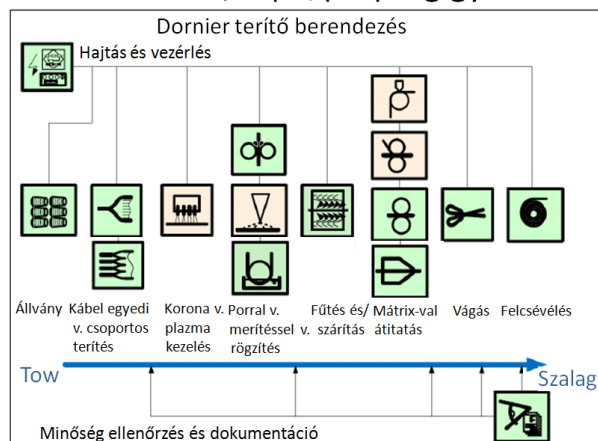
A szalagok felülete kezelhető, átítható, hőre lágyuló szálakkal keverhető, terített/impregnált unidirekcionális (UD) szárelrendezésű tekercsek készíthetők (4.

Terített kábeltárcsák készítése

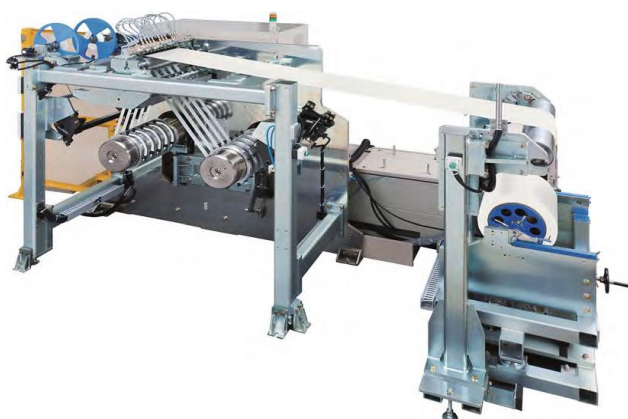


3. ábra

Kábel terítése, tape/prepreg gyártása

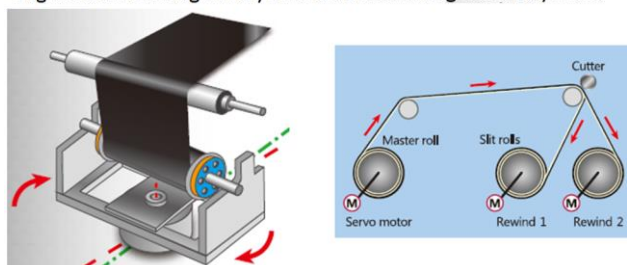


4. ábra



5. ábra

Vágás során a szalagok helyzetének és feszültsége szabályozása



6. ábra

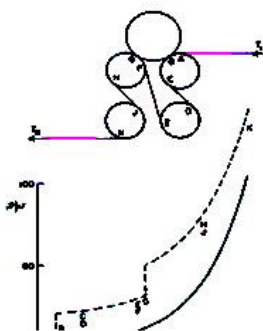
ábra).

A Tsudakoma cég szénkábel-kelmék hosszirányú vágására vágógépet készített (5. ábra).

A lefejtődő kelme-tekercs helyzetét és a pályák feszültségét szabályozzák (6. ábra).

Kábelterítés és tépés

A kábel kiterítésével és tépésével a kábel filamentjeinek párhuzamosságát megtartva, kártolás nélkül, tépéssel hosszúszerű szalag készíthető. Így a kis nyúlású, törekeny szálak esetében a kártolás szállárasító hatása elkerülhető, a fonási technológia rövidíthető. A sodratlan 100 000–300 000 elemiszázból álló kábelt



7. ábra

Kábeltépő gép S200 típus



8. ábra

hosszan vezetve, feszítve kiterítik, majd terelő-rudakon átvéve exponenciális fékkel erősen megfeszítik (7. ábra). Ezt követően a növekvő sebességű tépőhengereken a befogott kábelt a tépőmezőben a szálak szakadási szilárdságának eléréséig feszítik. A tépőzónában a befogott szálak véletlenszerűen egyenként elszakadnak, az elszakadt szálakat a még ép, feszes szálak párhuzamosan továbbítják. A tépőgépen (*stretch-breaker*) a tépőzónák hossza a szálak haladásával rövidül, 10–100 mm hosszú szálakból álló szalag készíthető (8. ábra).

A tépőgépet korábban elsősorban a poliakrilonitril-fonalak fonása esetén használták (*semi-worsted*, azaz félfészült technológia), mára azonban az OPAN (oxidált poliakrilonitril) és a nagyteljesítményű szálakból (szén-, aramid- vagy fémszállkábelekből) font fonalak gyártására is egyre elterjedtebben használják.

A kábeltépő gép az 1. táblázatban felsorolt anyagú kábelekre használható.

1. táblázat

Material Anyag	Stretch breaking Tépőgép	Cut converting Vágás konvertálás	Carding Kártolás
Meta Aramid			
Para Aramid			
High Density Poly Etylen/PE			
Metallic fibre/Fémszál			
Pre oxidised fibre/OPAN			
Carbon fibre/Szénzál			
Metallised acrylic/Fémezett PAN			
PTFE			
Polyimide fibre			
Acrylic/Akril			
Viscose/Viszkóz			
Polyester/PET			
PVA			
Polypropylen/PP			
Flax, Hemp, Jute, Ramie Len, Kender, Juta, Rami			

A *semi-worsted* fonástechnológia

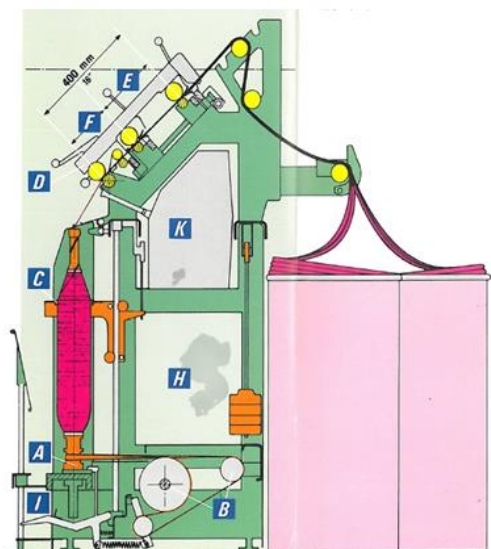
A tépőgépen a tépést követően a szalagot enyhén hullámosítják, a tépelt szalagok szálait a nyújtógépeken kiegyenesítik, a szalagok egyesítésével, a nyújtás szabályozásával a szalagot egyenletesítik. A nyújtómezőben az úszószálak mozgását tűs fésűkkel szabályozzák (9. ábra). Tépett szalagból direkt gyűrűsfonógépen ún *semi-worsted* eljárással hosszúszerű font fonalak készíthető (10. ábra).

NSC Schlumberger GC30 tűsléces nyújtógép



9. ábra

Direkt (szalagból fonal) gyűrűsfonógép



10. ábra

FB20 Stretch Breaker-gép



11. ábra

Mivel a kábel tépésénél az elemiszál hossza 10–100 mm között véletlenszerűen változik, emiatt a nyújtómezőkben az úszó rövid szálak (azon szálak a nyújtómezőben, amelyek mindkét henger szoríthatásán kívül esnek) sebessége csak részben szabályozható, ami a fonal egyenlőtlenségét okozza. A zavaró fonalhíbakat emiatt a

keresztcsévézés során feltétlenül el kell távolítani (fonaltisztítás).

Nagyteljesítményű szálak tépése

A tépett szénszálakból álló terített szalag iránti igény a kompozitok területén gyorsan növekvő. A nagyteljesítményű szálakból álló kábel tépésére, a hosszúszal fonásra, terített tépett szalag gyártására az NSC Schlumberger cég az FB20 kábeltépő gépet fejlesztette ki (11. ábra).

A tépett szénszálkábél sérülékeny, kezelése nagy gondosságot igényel. Szénszálfonal gyártása esetén a tépett kábélből a direkt gyűrűsfonó gépen (a nyújtógépek elhagyásával) közvetlenül fonal készíthető (*stretch-broken carbon fiber yarn*) (12. ábra). A berendezés szénszálkábél feldolgozásán túlmenően pl. Innegra¹, aramid-, Zylon-, Dyneema-, üveg-, len- és kenderszalag terítésére, tépésére (20–50 mm szélességben) is alkalmas.

Tépett szalagból font szénszál fonal



12. ábra

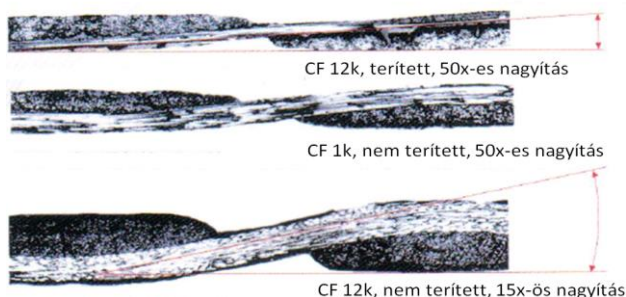
Tépett szénszálszalag gyártása esetén a szénszálak hőre lágyuló szálakkal keverhetők, melegítéssel hőre lágyuló szálak a szénszálhoz tapadnak. Az így előállított prepreg a továbbfeldolgozás során a kezelését megkönnyíti. A tépett szalagból nagy görbületi sugarú, bonyolult alakú kompozitok készíthetők.

A nagyteljesítményű, hosszúszal-kábel feldolgozása a rövidszál-fonáson belül mennyiségileg ugyan kicsi (0,25%), de értékben jelentős, az évenkénti növekedés százalék-értéke kétszámjegyű.

Terített szalagból szövet gyártása

Terített kábélből készített szövet (STF – *Spread Tow Fabric*) szerkezetét hosszú egyenes lebegési szakaszok és a váltási helyeken kis irányváltású (enyhe görbületű) párhuzamos szálak alkotják (13. ábra). A terített kábélből készült szövet gyakorlatilag nem görbült szálszerkezetű (NCF), kis területi sűrűségű, kiválóan impregnálható (2. táblázat).

Szálszál szövetek keresztmetszeti fotója

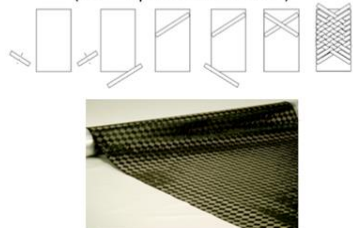


13. ábra

Terített és terítetlen szénszál kábel szövetek összehasonlítása

2. táblázat

Megnevezés	Mértékegység	Terített CF12k	Terítetlen CF12k	Terítetlen CF1k
Szövet paraméterek				
Lánc	Lánc/10cm	5	30	69
Vetülék	Vetülék/10cm	5	30	69
Területi sűrűség	g/m ²	80,1	485,6	92,8
Szövet vastagsága	mm	0,1	0,71	0,14
Szövetben a kábel keresztződési szöge	°	4,5	14	7

Textreme terített kábel szövet
(STF – Spread Tow Fabric)

14. ábra

Szénszál/PBO terített hibrid szövet



15. ábra

Az Oxeon AB cég által kifejlesztett TeXtreme® márka a terített kábelt és az abból készített szöveteket jelöli. A két terítettkábel-rendszer átlós keresztezésével állítják elő a diagonális szerkezetű ($+90^\circ/-90^\circ$) szövetet, de 0° és 90° konstrukció is gyártható. Az így előállított szövet kis területi sűrűségű, kis görbült szerkezetű, kiválóan alakítható, jó fedettségű, jól impregnálható, így kiváló tulajdonságú kompozitok gyártását teszi lehetővé (14. ábra).

A terített kábeltől készített szövetben a szálak gyakorlatilag egyenes helyzetűek, az így gyártott átlátszó mátrixszal átítatott kompozitok nemcsak könnyűek, kiváló mechanikai tulajdonságúak, nagy teljesítményűek, hanem megjelenésük is nagyon tetszetős.

A terített szénszálkábeltől és Zylon-kábeltől szőtt hibrid kelme (15. ábra) különlegesen magas mechanikai igényt elégít ki, a szénszál-erősítésű kompozit egyébként gyenge ütésállóságát nagyban megnöveli.

A különleges igényű autók (versenyautók) karosszériájának és alvázának egyre nagyobb hányada nagy-

Terített szénkábelből kompozit erősítő Textreme szövet használata



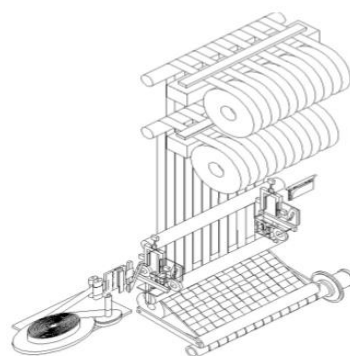
16. ábra

teljesítményű terített hibridkábelrel erősített kompozit, ami a sokoldalú mechanikai elvárásokon túl esztétikailag is impozáns megjelenésű (16. ábra).

A Dornier cég a terített szénszálkábel szövésére speciális, fogófejes merevkaros gépet fejlesztett ki. A fogófej a nyitott szádon teljesen átlendül, a csévéről tangenciálisan lefejtett vetülékszalatot megragadja és áthúzza szádnilyáson. A szövőgép elvi sémáját a 17. ábra szemlélteti, a gép a 18. ábrán látható. A kb. 25 mm szélesre kiterített impregnált szénszálszalagot a vetülécséve forgatásával fejtik le. A bevívó oldalra átnyúló kar csipesze a vetülékszalat végét megragadja, és egy fázisban behúzza a szádnilyásba. A borda fix, a nyitott szádba bevetett vetüléket a szövetszél visszaengedésével helyezik az előzően bevetett vetülék mellé.

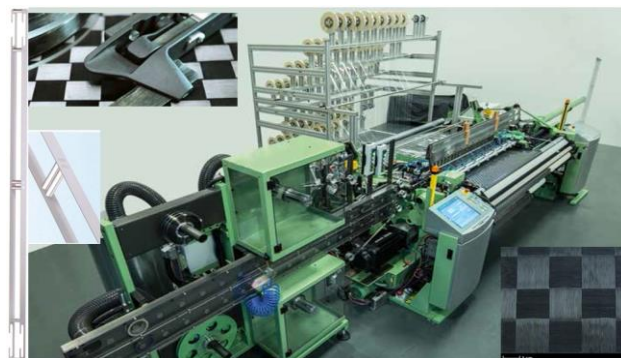
A terített szalagú láncokat egyedi tárcsákról fejtik le, a két párhuzamos nyüstöt összekötő széles (20–25 mm) csapok között vezetve képezik a szádat.

A Tsudakoma cég ugyancsak egyoldali fogófejes megoldással valósította meg a kábelszövést (19. ábra).



Tape-Weaving device and Spread Tow Tape Fabric.

17. ábra



18. ábra



19. ábra

Néhány esetben a szénszál elektromos vezetőképessége, nagyfokú hőállósága, a sztatikus feltöltődést elvezető tulajdonsága miatt védőruhákkal, műszaki célú alkalmazásokkal is találkozhatunk:

- vékonyabb ($5\ \mu\text{m}$ átmérőjű) szénszálakból ket-tős szövással szénszál flórú plüss gyártása is lehetséges különleges felhasználási célra;
- szövetek sztatikus feltöltődésének megakadályozására a szövetbe bizonyos távolságra lánc- és vetülékirányba szénszálfilamentet szőnek be (felhasználási terület pl.: elektronikai ipar, benzinkútkezelő védőruha);
- jacquard-szövésű zsinórok sztatikus feltöltődését a fonatba vékony szénszál filament befonatolásával akadályozzák meg.

Összefoglalás

A szénszálból – számos különleges tulajdonságá-gának köszönhetően (nagy specifikus merevség és szti-

lárdság, nagy hőállóság, jó hő- és elektromos vezetőképesség, kis hőtágulási együttható, korrózióállóság, számos mátrixanyagba jól beágyazható) – kiváló tulajdonságú szénszál-erősítésű kompozitok (CFRP – Carbon Fiber Reinforced Composites) készíthetők. Ez a technológia még a fejlesztések korai szakaszában van, de számos felhasználási területen használható, fényes jövő előtt áll.

Felhasznált irodalom

- [1] Eric Fessler, Yannick Trottein, Patrick Strehle: PRODUCT RANGE AND NEW DEVELOPMENTS NSC Agents meeting, Guebwiller Sept 23 – 24, 2014.
- [2] T. Laukamp: Innovation process and machine technology for processing ribbon-shaped yarn materials. Aachen Dresden Int. Textile Conf. Dresden, 2014. Nov. 27-28.
- [3] TeXtreme qualified for use in commercial aircraft News: 1/3/2017
- [4] Dornier Mitteilungen: Mit Carbonfaser in die Zukunft
- [5] Szabó R., Szabó L.: A review of wind energy technologies 9th International Symposium 'Expres' on Exploitation of Renewable Energy Sources Szabadka, 2017. 03. 30-04.01.
- [6] Szabó R.: CFRP jellemző tulajdonságai, alkalmazása a járműipar és széllapát gyártás területén. XXIV. Nemzetközi Energia és Innovációs Fórum ESZTERGOM 2017. márc. 8-10.
- [7] Szabó R.: A könnyű a jövő SzámOkt 2016 és ENELKO 2016 Multi-Konferencia, Kolozsvár 2016. október 6-9.
- [8] Szabó Rudolf: A 4. Ipari forradalom – kihívások és megoldások „Carbon”-nal a „Carbon” ellen. XXVII. Kandó Kálmán Nyári Egyetem, Rétimajor, 2017. 07. 13.
- [9] DORNIER Tape Weaving Machine PRODUCT INFORMATION
- [10] DORNIER Tape Production Line PRODUCT INFORMATION
- [11] Innegra S-fiber.
<https://www.fibreglassshop.co.nz/products/2oz-innegra-s-fibre?variant=853010993>