

Kompozit erősítő 2D kelmeszerkezetek

Szabó Rudolf

Rejtő Sándor Alapítvány
ingtex@t-online.hu

Szabó Lóránt

Óbudai Egyetem RKK KMI
szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

Kulcsszavak: Kompozit, Kompozit erősítés, Fonalszerkezet, Kelmeszerkezet, UD, BD, TA, MD kelmeszerkezetek

Bevezetés

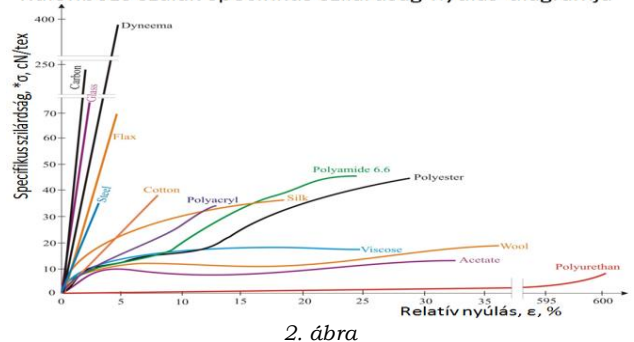
A szálerősítésű kompozit szerkezetekkel szemben általában követelmény a nagy rugalmassági modulus. A szálas szerkezetek nagy merevsége a nagy szilárdságú, kis nyúlású (szén-, üveg- p-aramid-, bazalt- stb. szál) egyenes alakú (*non-crimp*, azaz nem görbült) szálak terhelés irányával megegyező elrendezésével (anizotróp) érhető el. A nagyteljesítményű kompozit erősítést (*advantage materials*) nagyszámú, vékony filamentekből álló („végtelen” hosszúságú) sodratlan kábelekkkel (roving, tow) készítik. Az optimális kialakítású kelmestruktúra új textiltechnológiai kihívást jelent a fejlesztők számára.

A „hagyományos” ruházati textil termékekben a hullámos helyzetű szál- ill. fonalstruktúra az előnyös. A szálalak görbült alakja segíti a feldolgozást és a használat szempontjából is a terjedelmes szál- ill. kelmestruktúra egyaránt előnyös (jó hőszigetelő, „lélegző”). A természetes szálak (gyapjú, pamut) hullámosak, a vágott mesterséges szálakat még vágás előtti filament állapotban hullámosítják. A hullámos alakú (crimped) szálstruktúra a kártológépen a szálak közötti megnövekedett tapadás révén a fátolképzést, a továbbiakban a szalag kezelését is elősegíti.

A mesterséges szálak aránya gyorsan növekszik, használatuk egyre nagyobb jelentőségű. A mesterséges szálakon belül a filamentszálak részaránya – különösen a műszaki textiliák esetében – a vágott szálakhoz képest gyorsabban növekszik (1. ábra). A hosszúszál-fonás aránya (azaz az 50 mm-nél hosszabb szálak fonása) a rövidszál-fonáshoz képest lényegesen kisebb, de a műszaki felhasználású nagyteljesítményű szálak feldolgozása területén egyre nagyobb jelentőségű.

A ruházati felhasználású filamentfonalakat is terjedelmesítik, hullámosítják. A filamentszál-köteg feldolgozását a sodrat megkönnyíti, a sodrás azonban költséges és a kelmében a sodrással tömörített fonalszerkezet sok esetben nem kívánatos. A sodratlan filamentfonal (kábel) feldolgozása azonban nehéz, a sztatikus feltöltődés hatására szétnyúló kábel „száltörésre” hajlamos. A

Különböző szálak specifikus szilárdság-nyúlás diagramja



2. ábra

feldolgozás során a törött, feltorlódó elemiszálak zavarokat okoznak. A sodratlan kábel feldolgozását emiatt átmenetileg pontrogzítással (a szálszerkezetet szakaszonkénti kuszálással) segítik elő. A fonalak, cérnák fonalvég-egyesítésére széleskörűen használatos ún. splicer eljárás (a fonalvégek légsugárral történő kinyitása, majd a fonalvégek egymásra helyezését követően az átlapolt szálak összekuszálással történő végtelenítése) ugyancsak az ívelt szálszerkezeten alapszik.

Számos műszaki alkalmazási területen a sodratlan szerkezet előnyösebb, míg a kompozit erősítő textiliáknál a sodratmentesség (egyes szálszerkezet) sok esetben (terítés) szükségszerű.

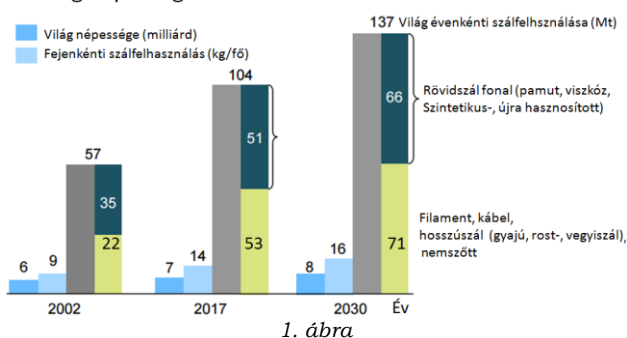
Szál- és kábeljellemzők

A **szálak** nagy merevsége és szilárdsága döntően meghatározza a kompozit erősítő szerkezetek tulajdonságait. A nagyteljesítményű szálak mechanikai jellemzői – különösen a fajlagos (tömegre vonatkoztatott) értékek – messze túlszárnyalják a konkurens (acél, alumínium) szerkezeti anyagok tulajdonságait (2. ábra).

A **fonal- és cérnaszerkezetek** (1D struktúrák) (font fonal, filament, cérna, kábel, *CableCorder*) közül a nagyteljesítményű (*advantage*) kompozit erősítésre döntően a sodratlan filamentkábeleket használják (szén-szálkábel esetében a „tow”, üveg-szálkábel esetében a „roving” kifejezés használatos). Egyrészt a kábelek nyitott szerkezete, másrészt a belőlük készülő kelmékben a szálak elhelyezkedése a terhelési igényeknek megfelelően irányítható, a párhuzamos, egyenes szálhelyzet kívánatos. A kábelek szálfelületére a kezelés és a használat elősegítésére segédanyagot (*sizing*) visznek fel. A kábel általában keresztcséve formában, de nagytekercsként, dobozba, kannába lerakva is kiserelhető.

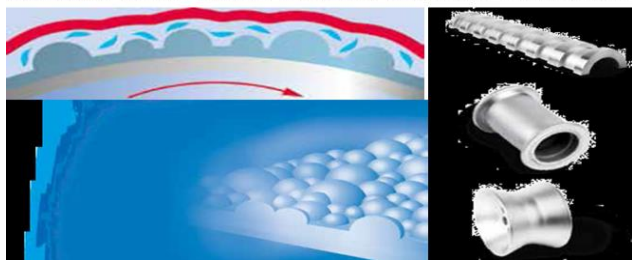
A feldolgozás során a filamenteket a sérülések csökkentésére, a kábelterítés elősegítésére nem sima, hanem speciális kialakítású, ún. „narancshéj” gépelemfelületeken vezetnek (3. ábra). A vezetőelemek felületét a „topocrom” galvanizálási eljárás során alakítják ki. A szálak a vezető felület kis részével érintkeznek, így a fe-

Világ népessége és a szálfelhasználás növekedése



1. ábra

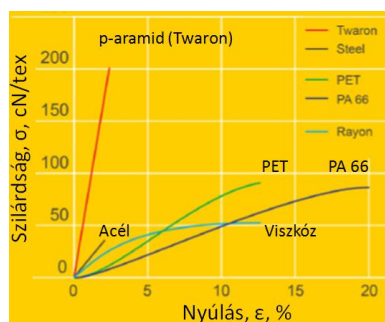
Szénszál kábel vezető elemek, felületek kialakítása



3. ábra

lülethez tapadás, adhéziós erő, a száltörés csökkenthető.

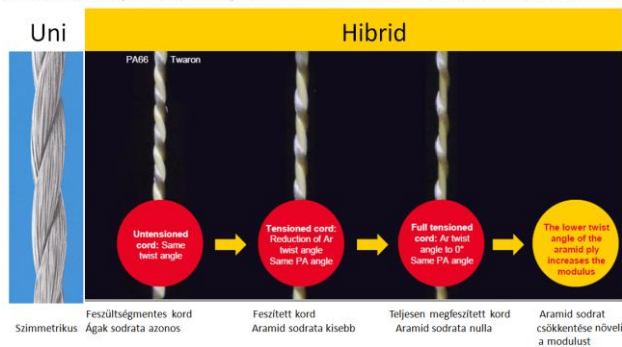
Az **abroncskord** szilárdságát például a nagyszilárdságú poliamid 6.6, poliészter, viszkóz, p-aramid vagy acélkábel anyagú cérnaláncok biztosítják, amelyek szilárdság-relatív nyúlás (σ - ϵ) diagramját a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra

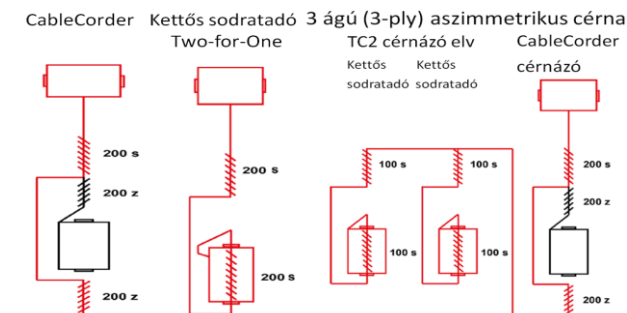
cséve körül keringtetni és a csévéről lefejtődő fonalaggal a forgó ballon által forgatott sodrófejbe vezetik. A fonalak elemiszálai ballonfordulatonként egy hamis sodratot kapnak. A CableCorder cérna szerkezete sajátos, csak az ágak sodródnak össze, míg a kábelekből az elemiszálak a cérnatengellyel párhuzamosak (5. ábra).

Uni és a hibrid (aramid/PA 66) szimmetrikus és aszimmetrikus cérna szerkezete



5. ábra

A kettős sodró cérnázásnál (TC2 cérnázógép) a fa-



6. ábra

zékba helyezett lefejtett kábel két vagy több cérnaág ballonját a forgó orsó a csévét megkerülve forgatja, orsófordulatonként két valódi sodrat keletkezik (6. ábra).

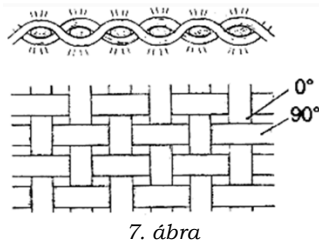
A két sodró egységgel és a különböző alapanyagú és sodratú fonalakból két vagy több szimmetrikus és aszimmetrikus hibrid cérnák készíthetők a növekvő felhasználói igények kielégítésére.

Síkkelme szerkezetek (2D)

A kelméket hagyományosan különböző technológiákkal (szövés, kötés, fonatolás) a fonalak ill. fonalrendszerek keresztezésével állítják elő. A fonalak kereszteződő, érintkező pontjain fellépő súrlódás stabilizálja a kelme szerkezetét (7. ábra).

Kompozitok erősítésére a sodratlan kábel egyenes szállhelyezete, kis területi sűrűségű, egyenletesen (részmentesen) elterülő szálszerkezete kívánatos. A kompozit nagy merevsége az egyenes szál- ill. kábelhelyezettel érhető el. A nagyteljesítményű szálak nagy szilárdságuk ellenére a kis nyúlásuk miatt törekenyek, textilipari feldolgozásuk különleges gondosságot igényel. A kompozit erősítésű szál- ill. kábelbefektetésre a terhelési irányoknak megfelelő szerkezeti struktúrákat (UD, BD, TA, MD) alakítottak ki (8. ábra).

Szövet fonalrendszerek közötti súrlódás



7. ábra

D.O.S

Directionally oriented structures Írányfüggő elrendezésű struktúrák

UD – UniDirectionally
(Uniaxial)
Egyirányú

Warp direction: monoaxial
Láncirány: monoaxiális

Weft direction: monoaxial
Vetülékirány: monoaxiális

BD – BiDirectionally
Biaxial)
Kéttengelyű

Perpendicular: biaxial
Függőleges/mérőleges: kéttengelyű

Diagonal: biaxial
Átlós: kéttengelyű

TA – TriAxial
Háromtengelyű

Diagonal and horizontal: triaxial
Átlós és lánc: háromtengelyű

Diagonal and weft: triaxial
Átlós és vetülék: háromtengelyű

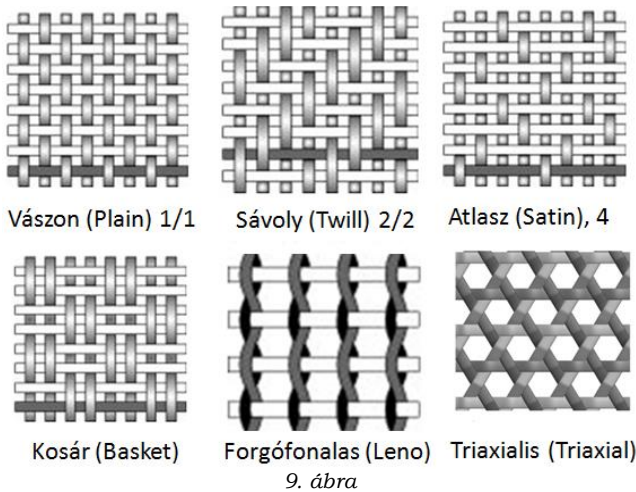
MD – MultiDirectionally
Többtengelyű
Quadraxial
Négytengelyű

Multiaxial/quadraxial
Több-/négytengelyű

8. ábra

A **BD (BiDirectional) szerkezetű** szövetekben a lánc- és a vetülékparaméterek (alapanyag, finomság, fonalsűrűség, feszültség) általában közel megegyeznek, de különleges szövetstruktúrák is előállíthatók. A szövetben a kereszteződő fonalrendszerek (lánc/vetülék) íveltsége, a szövet stabilitása a kötéstől, a fonalrendszerek sűrűségétől, a fonalrendszerek feszültségétől, a fonalvastagságtól függ. A legszorosabb, legíveltebb kötésszerkezet a sűrű vászonkötés. A mintaelemen belüli kereszteződések számának csökkentésével (fonallebegések növelése) a szövetszerkezet stabilitása csökken, de a szövet alakíthatósága, formálhatósága javul. A mintaelem növelésével nagyszámú kötésszerkezeti változat lehetséges (9. ábra). A különböző kötésű szövetek jellemzőit a 10. ábra szemlélteti.

Szövetek néhány kötősfajtája



9. ábra

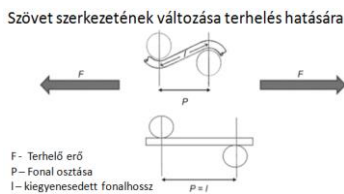
Szött kelmék tulajdonságainak szubjektív értékelése

Tulajdonság /Kötés	Vászón	Sávolý	Atlasz	Kosár	Félforgó	Triaxialis
Stabil szerkezet	****	***	**	**	*****	**
Jó alakíthatóság	**	****	*****	***	*	***
Kis porozitás	***	****	*****	**	*	***
Simaság	**	***	*****	**	*	****
Kiegyenlítettég	****	****	**	****	**	****
Szimmetrikusság	*****	***	*	***	*	****
Alacsony görbület	**	***	****	***	**/****	***

*****- kiváló ****- jó ***- megfelelő **- gyenge *-nagyon gyenge

10. ábra

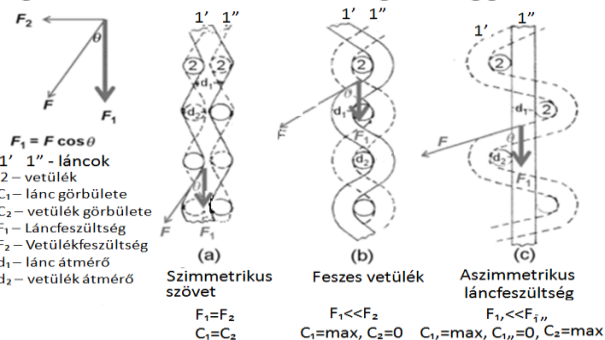
Azonos paraméterű lánc és vetülék esetén is a külső erők okozta feszültségek változtatásával a lánc és a vetülék görbülete megváltozik. Terhelés hatására a szövét ívelt helyzetű fonalrendszere először kiegyenesedik, majd a fonal szerkezete nyúlik (11. ábra). A nagy keresztmetszeti szögű szövét terhelés hatására elasztikus, rugalmas. A szövét terhelésekor például az ívelt fonalak kiegyenesedésre törekednek, ezáltal a szövét síkjára merőleges



11. ábra

belső nyomóerők a másik fonalrendszert deformálják (12. ábra).

Vászón szövetben a fonalrendszerek görbülete a fonalfeszültségtől függően



12. ábra

Számos esetben – különösen a speciális műszaki szöveteknél – a szövetek erősen „kiszóttak”. A kiszótt szövetek megítélésére a szöhetőségi indexek kiszámítására összefüggéseket dolgoztak ki, a szövét kiszóttsgét elméleti megfontolások és gyakorlati tapasztalatok alapján számszerűsítik.

A szövetek másik szélsőséges esete a nagyon ritka, kis területi sűrűségű, gyenge stabilitású szövetek, amelyek stabilitását sajátos, az ún. forgófónalas (leno, dreher) kötással növelik. A szövét kis fedettségű, áttört struktúrájú.

A biaxiális szöveteket a fonalrendszerek (lánc/vetülék) irányában nagy szilárdság, kis nyúlás, míg átlós irányban nagy nyúlás, kisebb szilárdság jellemzi.

UD (UniDirectional) szött kelmestruktúrák vetülék- és láncirányban szövettel is kialakíthatók.

A *vetülékirányú* UD szövét vastag vetülék és sajátos kötésszerkezete (fél forgófónalas) szövettel a vetülék egyenes helyzetét is megvalósítható (13. ábra).

A *láncirányú* UD szövét jellegzetes példája az abroncskord, amelynek nagy szilárdságú, nagy láncsűrűségű láncait a ritka, vékony vetülékekkel kapcsolják össze a szövét kezelhetőségének elősegítésére (14. ábra).

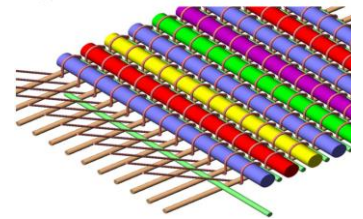
A **triaxiális** (három fonalirányú) szövetszerkezettel quasi-izotrop, azaz a szövét síkjában minden irányban közel azonos szilárdsági és nyúlási jellemzők érhetők el. A triaxiális szövétet három (két lánc- és egy vetülék-) egymással 60°-os szöget bezáró, keresztmetszeti fonal-

Triaxiális szövógép és a triaxiális szövét szerkezete



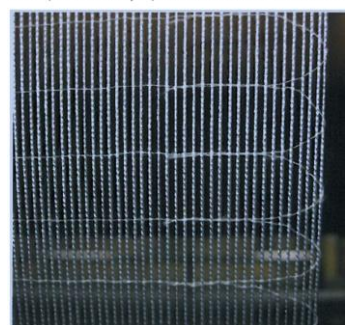
15. ábra

UD (vetülékirányú) félforgófónalas rögzítésű kétoldali szövét (Dornier)



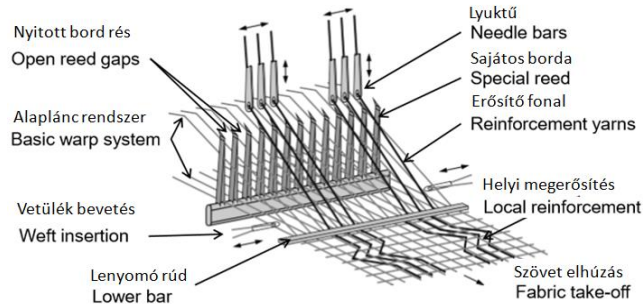
13. ábra

UD (láncirányú) abroncskord szövét



14. ábra

Nyitott bordás szövés (ORW Open Reed Weaving) elve



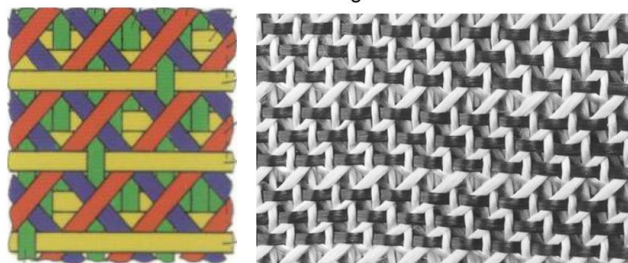
16. ábra

rendszer alkotja (15. ábra).

A Dornier ORW (Open Reed Weaving) triaxiális (TA) szerkezetű szövet gyártása esetén az erősítő láncrendszer a pálcás nyűsttel föl-le és a nyitott bordából kiemelve oldalirányba is mozgatják (16. ábra).

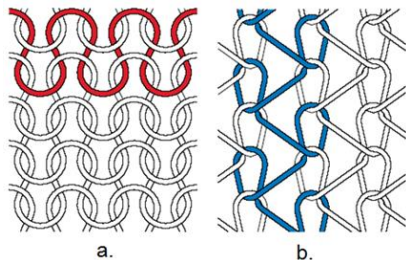
Quadratikus (négytengelyű) szövetszerkezetet a különleges igényekre a CTMI eljárással alakították ki (17. ábra).

Quadraxialis többretegű hibrid szövet



17. ábra

A **kötött kelmék** fonalrendszere erősen görbült (18. ábra), ami a merev kompozit erősítő struktúrák kialakítására nem alkalmas. Viszont a fektetett szálstruktúra rögzítése vékony kötőlánccal nagy jelentőségű a kompozit erősítő kelmestruktúrák kialakításában.



18. ábra

a) vetülékrendszerű, b) láncrendszerű kötött kelme

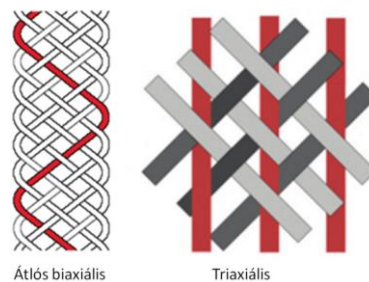
A **fonatolt kelme** a szövethez hasonlóan átlósan kereszteződő fonalszerkezetű (19. ábra), ami a kelme kezelése szempontjából előnyös. Betétfonal bevezetésével a triaxiális kelmestruktúra viszonylag egyszerűen megvalósítható. A fonatolás a kompozit erősítő kelmestruktúrák gyártása területén dinamikusan növekszik.

Hímzéssel a preform gyártása esetén a kompozit erősítő kábelt (tow, roving) a hordozó kelmére fektetik, amelyet a varrófonallal az alapkelméhez rögzítik (20. ábra).

Nemszött kelmék gyártásánál a rendezetlen szálú fátlyat ill.

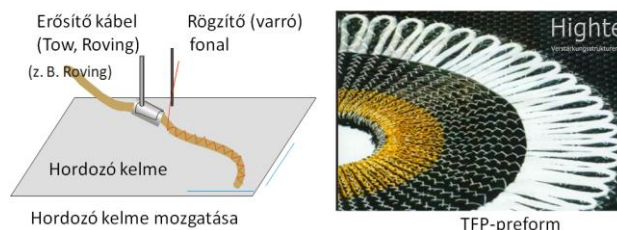
bundát újrahasznosított tépett rövidszálakból vagy aprított szálakból alakítják ki. Kompozit-erősítésre ez is

Fonatolt kelme szerkezetek



19. ábra

Hímzési technológia alkalmazása (TFP-eljárás Taylor Fibre Placement) preform gyártására

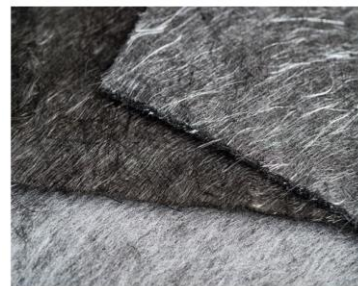


20. ábra

használható (21. ábra).

Fektetéssel különböző szálirányú (NCF – Non Crimped Fabrics, azaz egyenes szálhelyzetű kelmék) (UD, BD, TA, MD) kelmestruktúra alakítható ki, amit vékony filamentfonallal lánckötéssel rögzítenek. A terített kábelekből nagy mechanikai teljesítményű, kis területi sűrűségű, egyenletes, jó szálelrendezésű kelme állítható elő, amiből zárványmentes kompozitok készíthetők. A kábelterítést és a terített kelmék bemutatását egy következő lapszámban ismertetjük.

Szénszálás nemszött kelme



21. ábra

Felhasznált irodalom

- K.- H. Sandholzer, Karl-Hermann Paul: *SAURER Production of hybrid yarns*
- S. Nieuwenhuijzen: *Endless possibilities with hybrid cord technology*. Tire Technology, 2017
- R. Szabó, L. Szabó: *New textile technologies, challenges and solutions*. XXIII Congress of IFATCC, Budapest, 2013. máj. 8-10., 11 p.