

# A Forma-1 textíliái

Kutasi Csaba

A „száguldó cirkusz” idén is megjelenik a Hungaroringen. Az ezredmásodpercekért folyó küzdelemben ember és technika igyekszik a maximumot kihozni magából, mindezt a lehető legnagyobb biztonság mellett. Az ún. high-tech (kivételesen magas műszaki színvonalat képviselő) műszaki textíliák főként a kompozitok (karosszéria, légterelő-szárnyak, a túlélő cella az üléssel, üzemanyagtartály, fékek, kordanyagok stb.) vázerősítőjeként, az egyéb textilanyagok a versenyzők és a kiszolgáló személyzet biztonsági- és védőeszközeinél (ruházat, sisak, biztonsági öv stb.) kapnak fontos szerepet. A versenypályákon és környezetükben a különböző zászlók, reklám- és információhordozók, textilépítészeti anyagok és a geotextíliák használatát láthatjuk. Számos textilipari termék nélkül tehát a Forma-1 sem jöhetett volna létre (1. ábra).

A Nemzetközi Automobil Szövetség (FIA) által felügyelt és irányított autóversenyek legmagasabb kategóriáját a Formula-1 (nálunk meghonosodott szóval: Forma-1) jelenti. A versenysorozat több Grand Prix-ből (nagydíjból) áll, amelyeket szilárd burkolatú, erre a célra külön kialakított vagy alkalmassá tett városi pályákon rendeznek. A világbajnokságban nyitott karosszériájú, együléses, jelenleg atmoszférikus (ún. szívó) belsőégésű motor által hajtott versenyautók vehetnek részt. Motorjaik több mint 750 lóerősek (550 kW). A versenyautók gyakran elérik a 300 km/óra sebességet, egyes kanyarokban 5 g gyorsulásból adódó hatások érik a pilótákat. Az idők folyamán a motor teljesítménye mellett sokat fejlődött az elektronika, az aerodinamika, a felfüggesztés, a gumiabroncsok, és nem utolsósorban az autókban és a pályán alkalmazott számos különböző textilanyag is. A fejlesztésekkel a versenyautók sokkal biztonságosabbak is lettek, elemeik nagy része szénszálas vázú, könnyű kompozit anyagokból készül, amelyek elnyelik az ütközésből keletkező energiákat (2. ábra).

Az első Forma-1-es világbajnokságot 1950-ben rendezték. Az autós világbajnokság központja és jellemző helyszíne hosszú ideig Európa volt, azonban a cigarettareklámok tilalma, valamint a feltörekvő ázsiai országok fokozott rendezési igényei következtében kezd



A Forma-1 „veszélyes üzem”, a biztonságot számos high-tech műszaki textil is szolgálja

2. ábra



Műszaki- és egyéb textíliák a Forma-1 világában

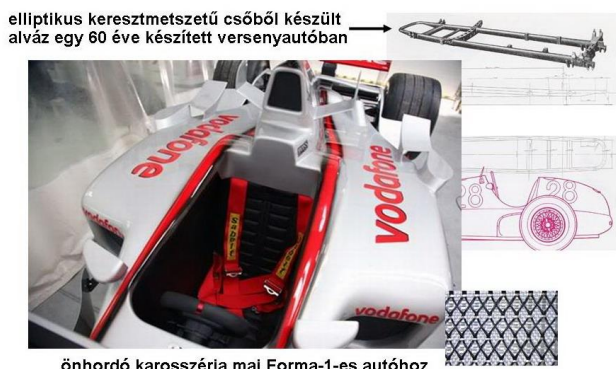
1. ábra

kiszorulni kontinensükről. Egyébként 1986 óta rendezik meg a Formula-1 Magyar Nagydíjat a mogyoródi Hungaroringen (jelenleg 4381 m hosszú egy kör).

## Textilszerkezetek a versenyautókban

A kompozitok, mint szálerősítésű anyagok alapvetően a műszaki textíliák közé sorolhatók. Az ilyen anyagkombinációkból felépülő, mesterséges anyagcsalád annyira népszerű, hogy felhasználása kétszerese az acélénak. Az alapanyag neve mátrix, az erősítő és egyéb elemek második fázis elnevezéssel terjedtek el. Az ún. erősítőváz teszi lehetővé, hogy az alapanyagtól eltérő kedvezőbb tulajdonságok legyenek elérhetők. A kompozitok előnye tehát egyrészt, hogy a tulajdonságok kombinációjaként újabb képességek hozhatók létre. Másrészt ezek a tulajdonságok egy adott tartományon belül folyamatosan változhatnak. Olyan fizikai jellemzőkkel is rendelkezhetnek, amelyek a mátrixszal ill. az erősítő anyaggal külön-külön nem érhetők el.

Az alkalmas újszerű polimerszálakat száltengelyirányba orientálódó, merev (pálcikaszerű) láncmolekulák jellemzik. A kétdimenziós rétegstruktúra a szénszálnál jelenik meg, a háromdimenziós (izotróp, a tér minden irányában azonos tulajdonságú) felépítés pl. a mesterséges szervetlen (pl. szilícium-dioxid alapú) szálaknál fordul elő. Az egyes textil szálasanyagok (pl. szén-, aramid-szál stb.) alkotják az anyagkombináció vázanyagát. Különleges megoldások is vannak, pl. poliészter magból és poliamid köpenyrészből felépülő bikomponens szálakat azért alkalmaznak, mert a speciális térbeli laza struktúra kedvez az egyedibb formájú kompozit termékek előállításának. A hossz-, kereszt- és átlós irányban egyaránt közel azonos szilárdságú kelmeszerkezet többek között speciális kötött ill. háromdimenziós szövött textilfelületekkel, valamint különböző irányú fonalseregek varrvahurkolásos rögzítésével érhető el. Gyakoriak a különböző irányban befektetett fonallakkal készített láncrendszerű kötött kelmék, valamint az átlós fonalfektetéssel kiegészített műszaki szövetek. Az elsősorban kenéssel ill. rétegezéssel kialakított összetett szerkezetek szilárdító vázát tehát a speciális összetételű és kialakítású textilanyagok képezik. Az



Könnyű és ellenálló szén-szál-erősítésű kompozitból készült karosszéria

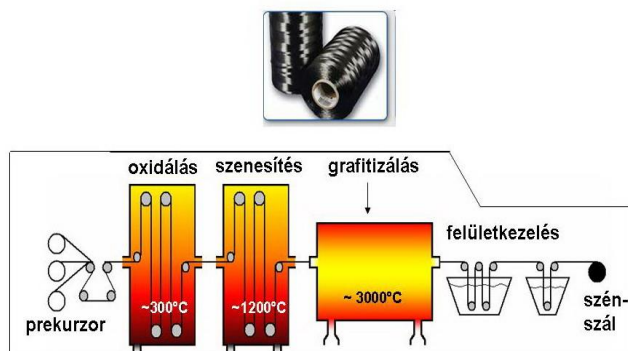
3. ábra

egyéb felhasználási területű (pl. azbeszthelyettesítők a tengelykapcsoló- és fékberendezésekben) társított szerkezetek szintén textilerősítésűek.

A szén-szál-as kompozitokat széles körben használja az autósport. A versenyautókban számos helyen alkalmaznak szén-szállal erősített karosszéria elemeket, légterelő szárnyakat, túlélő cellákat stb.), amelyek hosszú, grafitizált szálakból épülnek fel és amelyeket epoxigyantával vesznek körül (3. ábra). A diffúzorok is ilyen szerkezetből készülnek. (A diffúzor a Forma-1-es autók padlólemezének végéhez csatlakozik; az eszköz a haladó autó alá kerülő levegő elvezetéséért felel, ezáltal a szívóhatás mértékét szabályozza, vagyis nagyban ettől függ, hogy milyen lesz a versenygép tapadása.) A szén-szálak hihetetlenül erősek és merevek, míg a gyanta nagyon könnyű és jól alakítható.

A szén-szálak – mint gyakori erősítőanyagok – nagy szilárdságú és modulusú, döntően szénatomokból felépülő, kétdimenziós, ún. rétegstruktúrájú anyagok. A szén-szálak kiinduló anyaga (prekursor) számos szerves vegyület lehet (pl. viszkóz ill. poliakril-nitril szál, kő-szénkátrány, kőolaj-maradék stb.), amelyekből pirolitikus úton történik az előállítás. A hőkezelés karbonizálás hőmérsékletétől függően részlegesen karbonizált (oxidált) ill. grafitizált (szén-) szálakat lehet előállítani. A szén-szálgyártás során tehát a kiinduló anyagból nedves vagy ömlesztéses módszerrel alakítanak ki szálakat, ezután 250–300 °C-os oxidálással stabilizálásra kerül sor, aminek eredményeként olvaszthatatlan módosulat jön létre. Ezután következik a nitrogénáramban végrehajtott széneseítés, amely történhet 1700 °C-on, így részlegesen karbonizált, oxidált (kb. 60 % körüli széntartalomú) szál nyerhető. 2400 °C-on (vagy magasabb hőmérsékleten) hőkezelve a 90 %-nál több szén-tartalmú szén- (grafit-) szál jön létre. Az oxidált szálaknál kedvező a hővel szembeni ellenállás, jó hőszigetelők, elektromosan szigetelnek. A szén-szálak jó elektromos és hővezetők, rendkívül nagy szilárdságúak.

A szén-szál előnye tehát szívósságával és kis tömegével magyarázható. Az acélhoz képest 2-szer merevebb és így 5-ször könnyebb alkatrészeket lehet belőle előállítani. A szén-szál alkalmazása lehetővé teszi, hogy az autók megfeleljenek a velük szemben támasztott nagyon magas funkcionális és biztonsági követelményeknek, de mégis könnyűek maradjanak. A tömeghatár betartásával lehetőség van arra, hogy a tömegeloszlás finomításával a pályán elérhető teljesítmény még előnyösebb legyen. A szén-szál-erősítésű kompozit nagyon ha-



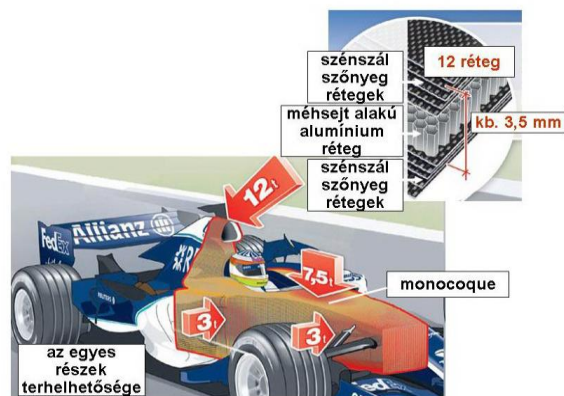
A fő kompoziterősítő, a szén-szál gyártásának folyamata

4. ábra

tékonyan nyeli el az energiát. A fémek – mint pl. az acél – az energiát hajlítás vagy nyúlás segítségével emésztik fel, a szén-szál apró darabokra törve reagál az ütközésekkel. Így sokkal több energiát képes elnyelni és az ütközés energiáját a becsapódás zónájában tartja. A Forma-1 versenyautóknál 30 különböző, főként szén-szál alapú kompozit féleséget használnak, amelyek hőállósága különböző. A szén-szál (részben aramiddal kombinált, ún. carbon/Kevlar) kompozitból készül pl. a 35 kg tömegű ön-hordó karosszéria (4. ábra), amely a járműre ható terhelések viselése mellett az ütközések-nél megfelelő energiaemésztést is biztosít.

A szén-szál-as anyagú *monocoque* (túlélő cella, vezető kabin) és a testre szabott *kagylóülés* a biztonság fontos elemei. A monocoque garantálja a vezető épségét extrém helyzetekben. Ez a biztonsági cella gyakorlatilag elpusztíthatatlan, ami általában szén-szál erősítésű kompozit anyagból készül. Két 12 rétegű szén-szál-as szőnyeg (amelyben minden egyes szál ötször vékonyabb, mint egy emberi hajszál) között helyezkedik el a méhsejt alakú kiképzett alumíniumréteg, ami növeli a merevséget. Az ütközés energiáját ez az alumínium mag nyeli el a leghatékonyabban (5. ábra). A felső és oldalsó légbeömlő nyílások kialakítása „bukócsőként” védi a versenyzőt az autó borulásakor és egyéb baleseti helyzetekben. A PBO (polifenilén-benzo-oxazol) szál is előfordul kompozit-erősítésként a pilótafülke szilárdságának fokozásánál.

A közel 250 literes *üzemanyagtartály* aramid és szénhidrogénálló gumi kombinációjával készített váz-



A túlélőcella (monocoque) felépítése és védelmi képessége

5. ábra

szerkezetű kompozitból épül fel. A bonyolult alakzatot kb. 30-féle elemből állítják össze, végül biztonságos, deformálódó és átlukaszthatatlan tárolót alakítanak ki. A különböző csatlakozó csöveket önelzáró szerelvényekkel látják el, így durva külső hatás (pl. ütközés) esetén automatikusan leáll a benzinellátás.

A kormány szintén szénszál erősítésű kompozitból készül, amelyen többek között a hátsó szárnyat aktiváló gomb is található (a DRS, amellyel az előzési zónában átmenetileg csökkenthető a légellenállás).

A fékekkel kapcsolatban komoly követelmények vannak érvényben. Például 100 méteres úton 320 km/h-ról 80 km/h-ra 3 másodperc alatt kell lelassítaniuk az autót, ugyanakkor könnyű alkatrészekből kell állniuk. A féktárcsák és a fékpofák szénszálak kompozit anyagokból készülnek. Az acélhoz képest kisebb tömeg és a kiváló súrlódási tulajdonság egyértelműen adódik. A 400–800 °C közötti üzemi hőmérsékleten (ezért láthatók az izzó féktárcsák) a tárcsa és a fékpofák között 0,6 körüli a súrlódási együttható értéke. A fékek optimális hőmérsékleten történő tartásához hűtőnyílásokat alakítanak ki a kerékfelfüggesztések felől a kerékagy belső felületén. A menetszél (hűtőlevegő) egy része a féktárcsa kerületén kialakított ovális furatokon keresztül sugárirányban áthaladva hűti a tárcsát, másik része pedig a kerékagyon keresztülhaladva hűti a fékbetéteket.

A gumiabroncsokban, vezérlő- és hajtószíjakban nagyteljesítményű kordszerkezetek vannak. Az alkalmas poliamid és aromás poliamid ágakból felépülő homogén (esetenként keverék) cérnák alkotják a gumin belül alkalmazott vázszerkezetet. Az aramid ágak közötti poliamidfonalak ún. „kenést” biztosítanak a rendszerben. Továbbá szupererős polietilén és más – pl. poliészter alapú – speciális, nagyteljesítményű szálakat is használnak kordanyagként. Ezeket általában gyűrűs cérnázógépeken állítják elő, döntően három ágból, esetenként aszimmetrikus szerkezetben is. A gumiabroncsokhoz speciális szövőgépen, nagyteljesítményű kordcérnák – mint láncfonalak – felhasználásával készülnek az egyedi szerkezetű szövetsávok (az elhanyagolható szilárdságú vetületek mindössze csak a szerkezetet összetartó elem játszik szerepet). A gumiabroncsoknál – a lezorító erő figyelembevételével – 1 tonnányi tömeg okozta terheléssel kell számolni, 4 g gyorsulásból adódó oldalirányú és 5 g gyorsulásból adódó hosszirányú igénybevétellel. Az újból elterjedt „slick” (mintázat nélküli, nagy tapadást biztosító) gumik akár 90–110 °C-ra is felmelegedhetnek. Az egyes slick abroncsok közül pl. a szuper lágy változatot piros, a lágyat sárga jelöléssel látják el). A mintás futófelületű közepes gumik (fehér jelöléssel) alapvetően nedves pályán használandók, természetesen lassítva az autót. A gumiabroncsokat nitrogénben dús, levegőszerű gázzal fújják fel, így csökkenthető a hőmérsékletváltozással járó nyomásváltozás. Az ütközések során esetlegesen leszakadó kerekek rendkívül veszélyesek, ezért speciális pántokkal védekeznek ez ellen. Az elrepülést gátló pántok erősítőanyaga PBO (polifenilén-benzo-oxazol) szál. Egyébként a versenyautókban használt nagynyomású hajlékony csövek vázanyagát szintén az említett kordcérnák biztosítják.

A hőszigetelők és az egyéb felhasználási területeken alkalmazott szerelvények is műszaki textiliákkal kapcsolatosak. A versenyautó használat előtti gumiabroncsait üzemi hőmérsékleten tartó – még használható – futópaplanok szintén műszaki textiliák. Főleg a kipu-

fogócsöveknél használatosak a nagy hőállóságú bevonatok. A szerves mesterseges szálak közül a kerámiaszálak játszanak fontos szerepet. Ezeket alumínium-szilikátból ill. alumínium-oxidból kiindulva állítják elő. Ezek a háromdimenziós, polikristályos anyagok 1000 °C feletti tartós használhatóságot biztosítanak. A kerámiaszálak pehely, fonal, cérna, tömítő fonat, tömlő és szövet alakjában is hasznosíthatók. A fonalkészítés során finom rozsdamentes acél ill. króm-nikkel huzal is beépíthető a fonaltestbe, pl. a nagyobb hőterhelhetőség elérésére. A nemfemes szerves szálak közül még a szilícium-nitrid és szilícium-karbid szálak terjedtek el, amely 1500 °C-ig hőálló. A kálium-titanát alapanyagú mikroszálakat főként kompozitból készült precíziós alkatrészek erősítőanyagaként használják.

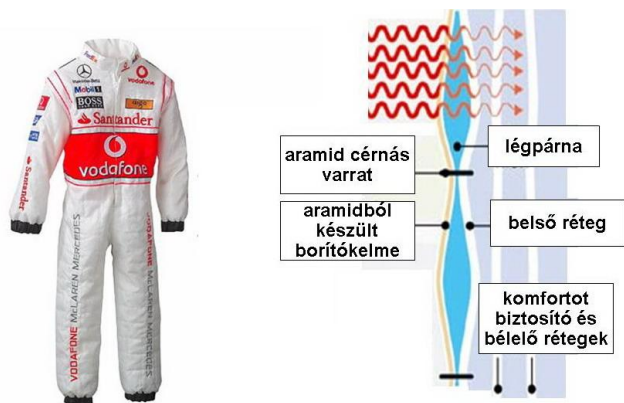
A szűrőkelmek is jellegzetes versenyautó tartozékok, akár a levegő ill. üzemanyag, kenőrendszer leválasztó elemeinél, vagy akár a bukósisak levegőcsónkjánál elhelyezve. A szűrőközegek általában poliolefin szálakból, poliészterből, poliamidból, aramidból, ill. szénszálból készülnek, megfelelő rácsméretű műszaki kelmék ill. nemszőtt anyagok formájában. A nanoszálak között a poliuretán is megjelent, az elektromosszállhúzással képzett nemszőtt kelmét különlegesen finom szűrőként, membránként használják egyes szerkezeteknél. Egyes nanoporozus anyagokat is alkalmaz a versenyautósport.

## A versenyzők és a boxban dolgozó személyzet védőeszközei

A védőöltözetek és egyéb textilalapú védőeszközöknél főként az ún. harmadik-generációs mesterséges szálak kerülnek előtérbe. Az aromás poliamidok (aramidok) aránylag régóta felfedezett szintetikus szálak, amelyek gyártását hosszú ideig nehezítette a magas olvadáspont előtti bomlás (így nem volt ömleszthető a nagymolekulás anyag a szálképzéshez), ill. az alkalmas oldószerének átmeneti hiánya. Kellő megoldást a közel félszáz éve szabadalmaztatott határfelületi ill. a kishőmérsékletű oldószeres polikondenzáció bevezetése biztosított; utóbbinál a polimer oldat közvetlen felhasználható szálképzésre. Az aramidok egyes típusai láng hatására nem olvadnak, önkiloitók, nincs utóizzás, továbbá a vegyszerállóságuk is jó. Az ún. meta-aramidot (pl. Nomex) többek között hő- és lángállósága miatt használják, a nagy szilárdságú para-aramidot (pl. Kevlar) alapvetően szálerősítésű anyagoknál (pl. kompozitszerkezetekben) alkalmazzák. A speciális aromás poliamidoknál kiemelendő az ún. folyadékkristályos polimer szerkezet (ez átmenetet jelent a folyékony és a kristályos állapot között), amellyel a pálcika alakú, merev láncok térbeli elfordulása meggátolható és így garantálható a nagyszilárdságú belső szerkezet. A szuper erős polietilén szálakat nagy molekulatömegű, hosszú láncmolekulákból alakítják ki, ún. gél-szálképzéssel. A nagymértékű nyújtással fokozottan orientált szálanyagot hoznak létre. A nagy húzószilárdság következtében ez a speciális polietilén a világ legerősebb szála. Főként a fej védelemét biztosító eszközöknél (pl. bukó és védősisak stb.) alkalmazzák.

A FIA 1975-ben rendelte el a hő- és tűzálló ruházatok, mint védőöltözetek használatát, amelyeket kezdetekben a NASA állított elő. Alapanyagként a meta-aramid szálakat (Nomex) alkalmazzák. Nem csak az overrall, hanem a kötött alsóruházat, zokni, kesztyű és

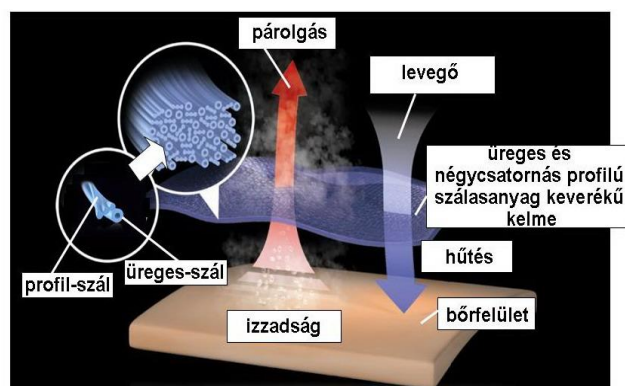




A versenyző védőruházatának felépítése

6. ábra

csuklya is ebből speciális szintetikus szál alapú (esetenként más szálanyagokkal kevert), megfelelő szerkezetű kelméből készül (6. ábra). Ez az anyag annyira ellenáll a hő és tűz hatásának, hogy a versenyző képes túlélni egy 35 másodpercig ható 850 °C hőhatást is. (A ruha belsejében maximum 41 °C lehet). A többrétegű kivitelben készült védőruha a kéz- és lábrésznél, a nyakkiképzésnél rugalmasan záródik. A test vízgőz-transzportját is megoldó aktív réteggel kombinált szendvicsszerkezet éppen olyan fontos tényező, mint a varratoknál a hegesztéses zárás. A hőszigetelést ún. kazetták – aramid-cérnás steppelés – kialakításával érik el, a közbezárt légpárnák látják el ezt a feladatot. Az egyénre szabott, háromdimenziós tervezéssel kialakított ruházat teljes tömege mindössze közel 1,9 kg. Különösen rugalmas anyagokat használnak a váll területén. A legbelső három réteg között nincs varrási kapcsolat. A vállrésznél két nagyobb és fokozott szilárdságú pántfelületet alakítanak ki, hogy súlyos baleset esetén ennél fogva könnyen ki lehessen emelni a versenyzőt, akár az ülésel együtt. A lélegző közbenső membránanyagokat a versenyhelyszínek klímája szerint választják meg. A lábravalók és alsóruházatok kapcsán a speciális profilszálak *négycsatornás* változata használatos. Az ebből készült csuklya ill. zokni a lábfej bőrének állandó szárazon tartását garantálja, miután a szálanyag nem veszi fel, de csatornái segítségével azonnal eltávolítja a nedvességet (izzadságot). A kedvező hőszigetelő képességű és egyúttal a lépcsérét segítő *üreges szálak* (7. ábra) előállításához speciális kialakítású szálképző nyílást használnak, hogy a szál belsejében üreg keletkezzék. Az üreg mérete és esetleg azok száma a szálképzésnél változtatható. Az ún. *hőszabályozó fonaltípust* profilszálak (pl. *négycsatornás* változat) és *üreges szálak* megfelelő keverésével állítják elő. Ilyen alapanyagú, speciális kötött kelméből (amelynek szerkezete az izzadmány kivezetésére és a levegő bejuttatására megfelelő járatokkal rendelkezik) készítik pl. a versenyzők alsóruházatát is. Kifejlesztettek *hőkiegyeplítő szálanyagokat* is, amelyeknél az izzadmánnyal telített szál hűtőhatást fejt ki. A láng- és hőálló anyagú – rugalmasan összenyomható – *üreges kelmék* használata is elterjedt. A kesztyű olyan vékony hő- és tűálló anyagból készül, amellyel a védelem mellett tökéletes a kormányfogás és az elektronikai eszközök kezelése. A cipő fő anyaga szintén aramid, talpát a pedálok jó érzékettsége érdekében vékony. hő- és lángálló kengurubőrből állítják elő. A tavalyi Magyar Nagy-



Üreges- és profilszál keverékű fonalból képzett kötött-kelme fiziológiai viselkedése

7. ábra

díjon a védőöltözéknek köszönhetően hagyhatta el sérülés nélkül Nick Heifeld lángoló autóját.

A ruhán elhelyezett különböző *reklámfeliratok* és ábrák is csak olvadéktmentes, tűz- és hőálló anyagból (pl. FR típusú szálak), lángolást gátló hordozóanyagok felhasználásával) készülhetnek. Ezeket kizárólag az öltözék külső borítókelméjére szabad rávarrni, természetesen tűz- és hőálló cérnával. A záródási kellékek (tépő- és húzózárok) hővel és lánggal szembeni ellenállása, csepegő olvadéktól való mentessége szintén kritérium.

A *boxutcában* tevékenykedő személyzet a pilóták öltöztetéséhez hasonló védőképességű ruházatot visel. A szerelők és az egyéb kiszolgáló személyzet esetében a hő- és tűzvédelem mellett a *mechanikai hatásokkal* szembeni ellenállást is biztosítani kell a ruházat alapanyagául szolgáló kelme konstrukciójának, amely jelentős kopásállóságával a sérülések ellen is véd. A szerelők ruházatánál az extra védőfunkciókat úgy kell megvalósítani, hogy mozgásukat a textilanyag ne korlátozza, ugyanakkor a rugalmas szerkezetű ruha strapabíró legyen és viselője számára kedvező viselési körülményeket biztosítson. Az overállal szemben többlet követelmény még az elektrosztatikus feltöltődés megakadályozása is. Ilyen célra a vezetőképes polimerekből készült szálak alkalmasak. A felületi töltéssűrűsödés érdekében kifejlesztettek olyan bikomponens szálakat, amelyek háromágú, mintegy „küllős” magprofilú szénszálból és hő- és lángálló köpennyel kialakítva készülnek. Az említett szénszál-mag éles hosszirányú végződéseinek vonalai mentén érvényesülő csúcs hatás hatékonyan vesz részt a sztatikus elektromosság – szikraképződést gátló – elvezetésében.

A pályán szolgálatot teljesítő műszaki-mentő és orvosi csoportok, tűzoltók ruházatánál rendkívül fontos a speciális ellenálló képesség. Kiemelendők a *poliamid-imid* szálak, amelyek magas hőstabilitással rendelkeznek. A *poliimidek* főként kiváló lángállóságukkal tűnnek ki. A NASA szakembereinek irányításával kifejlesztett *polibenzimidazol* szálanyagok nemcsak nagy hő- és lángállósággal rendelkeznek, hanem kedvező nedvességfelvételükkel ruházattal fiziológiailag is ideális védőruházati alapanyagokat képeznek. A PBO (polifenilénbenzo-oxazol) szál hővel és lánggal szemben különlegesen nagy ellenálló képességgel rendelkezik, ezért főleg a tűzoltóruházatnál kerülnek alkalmazásra. Az új-típusú lángálló szálak között fontos a *polichal* szál is, amely polivinil-klorid és poliakril-nitril komponensekből és ojtással felvitt polimerek alkalmazásával készül. Önköltő



A bukósisak szerkezete, részei

8. ábra

képességű, kevés és alig mérgező füstöt bocsát ki, továbbá kellemes, a gyapjúhoz hasonló lágy fogással rendelkezik.

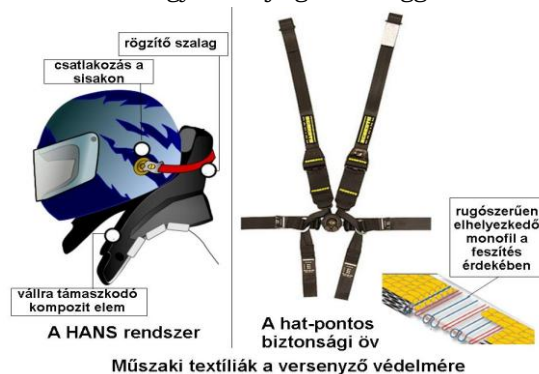
A Formula-1-ben használt bukósisakokat (8. ábra) a vezető fejéről vett forma alapján képzett, életnagyságú minta felhasználásával készítik. A külső aramid-réteg alatt szupererős polietilén vázszerkezet található (a felhasznált szálanyagok összegzett hossza sisakonként kb. 16 ezer km). Az 1200 g össztömegű sisak elején az alsó részen és a látómező kivágásnál alumínium és titán erősítést is alkalmaznak. A belső párnázás két réteg tűzálló Nomex (meta-aramid) anyagból épül fel. A sisakot 800 °C-os lángban 45 másodpercig tartó kezeléssel tesztelik, ez idő alatt a hőmérséklet belül nem haladhatja meg a 70 °C-ot. A szellőztető rendszer lehetővé teszi, hogy mindig körülbelül 10 liter friss levegő áramoljon a sisak belsejébe. Az alkalmazott szűrő (speciális nemszótt kelme, részben nanoszálal felépítéssel is) megtisztítja a levegőt a szennyeződésektől (motorolaj-cseppek, szén- és a fékpor stb.). A három milliméter vastag plexi ablak tűzálló polikarbonátból készül. Ez képes a színárnyalatot állítani, a másodperc tört része alatt fényviszony-változásokra reagálni (ez pl. a híres monacói alagúti pályaszakaszoknál fontos). A sisak és a plexi ballisztikai védelmét is tesztelik a lerepülő alkatrészek miatt (a „lövedékek” 500km/órás sebességgel becsapódva maximum 2,5 mm-re hatolhatnak be). Felipe Massa 2009-es magyarországi balesetét egy előtte száguldó versenyautóról lerepült rugó okozta: a sisakrostély és a sisak héjszerkezetének találkozásánál becsapódó elem súlyos fejsérülést okozott. Ezért PBO (polifenilén-benzo-oxazol) szalaggal erősítették meg a sisak és a polikarbonát kritikus részét, így elkerülhetők a hasonló veszélyhelyzetek. Külön kiemelendő még az egyik biztonsági felszerelés, a HANS (Head And Neck Support) rendszer. A szintén szénszálas kompozitból felépülő kiegészítő szerkezet a versenyző vállára támaszkodva, annak két oldalán rögzítő szalagokkal kapcsolódik a sisakhoz. Baleset során megakadályozza, hogy a versenyző feje túlságosan előrelelendüljön és ezzel nagymértékben csökkenthető a nyakcsigolyák sérülése. A versenyzőkön kívül a boxutcai személyzet is védősikban dolgozik (9. ábra).

A Forma-1-ben a biztonsági öv használatát csak 1972-ben tették kötelezővé. A vadászpilótákéhoz hasonló hatpontos, 75 mm széles biztonsági övvel szíjazák be a pilótákat. Az övek elsődleges szerepe az, hogy ütközéskor védjék a versenyzőket a kormánynak csapódástól, de közben maguk a szorosan becsatolt övek sem okozhatnak sérülést. Ennek az ellentmondásnak a kiküszöbölésére az övgyártók és a Forma-1-es istállók számos közös kísérletet végeznek. A tesztek során igye-

keznek megtalálni az optimális arányt a szilárdsági és a rugalmas anyagtulajdonságok között. Optimális alapanyagul a poliészter szolgált, amely kedvező feszültségnyúlás görbével rendelkezik. Az övszalagok előállításánál a vetülék filamentfonalak mellett ritkább sűrűséggel durvább monofil fonalak beszővésére is sor kerül, ez utóbbiak mint rugók biztosítják a rugalmasan feszes illeszkedést. Az övszalagok széleinél lekerítéssel fokozzák a viselési kényelmet. Az ilyen szerkezetű poliészterszalagokból kettő a vállaknál, kettő a medencénél, kettő pedig a lábknál rögzít. Az alaposan beszíjazott pilótáknak csak annyi szabad mozgásuk marad, amennyi a kormányzáshoz, a pedálok, gombok és kapcsolók kezeléséhez szükséges. A versenyzőket egyébként olyan szorosan „préselik” a kagylóülésbe, hogy a biztonsági öv bekapcsolásához külső segítséget kell igénybe venniük. Ezzel szemben az öv hevederei egyetlen kézmozdulattal kioldhatók, így vész helyzetben mindössze öt másodperc szükséges ahhoz, hogy a pilóta kicsatolja az öveket és kiugorjon az autóból.

## Műszaki és egyéb textíliák a versenypályákon és környezetükön

A különböző rendeletetetésű zászlók kelmealapanyagai főként lánchurkolással (pl. zsinórfektetéses és háromugrásos féltrikó fektetésű kelmeszerkezeti kombinációval) előállított poliészterkelmekből készülnek. Az ilyen szerkezetű textilfelületek mindkét kelmeirányban minimális nyúlásúak, kis területi sűrűségűek (kb. 110 g/m<sup>2</sup>) és a csapadéktól átvedvesedett zászlók gyorsan száradnak. A különböző kémiai mintázások (filmnyomás, digitális textilnyomtatás) kétoldalas kivitelezésére is kedvezőbbek a lánchurkolt zászlóalapanyagok. Textilnyomással készülnek többek között a pályabírók kétoldalas mintázott zászlói is (a jellegzetes egyszínű – sárga, piros, kék – változatok mellett). Pl. a fekete-fehér kockás zászló, a piros-sárga csíkos (ez a pályára került olajra figyelmeztet), a fekete-fehér háromszögekből átlósan kialakított mintázatú zászló (sportszerűtlen versenyzői magatartás jelzése), a fekete zászló piros felületű körrel (a boxutcába visszarendelés jelzése az érintett versenyző rajtszámával). Persze már nagy fényerejű világítójelzők villogtatásával is megjelenik a pálya adott szakaszán érvényes zászlószín (pl. sárga, piros, kék). A nemzeti és a reklámzászlókat, a szurkolók buzdító zászlóit is általában lánchurkolt kelmekből, valamely kémiai mintázó eljárással állítják elő. Egyre jobban terjednek a lyukacsos szerkezetű „lock-filé” változatú zászlókelmek is. Zászlók céljára a szövött poliészter alapanyagok kevésbé használatosak, mert zártabb szerkezettel és nagyobb fajlagos tömeggel rendelkeznek



Műszaki textíliák a versenyző védelmére

9. ábra

és a nyomatképek kialakulása is kedvezőtlenebb.

A *reklámok*, textil alapú információhordozók a Forma-1 futamok fontos kellékei. A kültéri transzparensek ún. *molinókon* jelennek meg. (Igaz, ez az elnevezés eredetileg egy pamutszövetfajtát jelölt, mai jelentése azonban valamely textiltávas, kenéssel ill. rétegezéssel ellátott felületet takar.) Ezeknél fontos a vízzel, időjárással (csapadék, fény- és UV-sugárzás) szembeni ellenálló képesség, esetenként a lángolásgátlás is. Az általában üvegszálas szövet vázzal ellátott, PVC-vel ill. akrilgyantával „kitöltött” szerkezetű molinókra főleg digitális nyomtatással (a négyszínnyomás elvén megvalósuló, parányi színes raszterpontokból kialakuló nyomatképpel) kerül fel a színes ábra ill. felirat. A lakkozás, mint rétegfelvitel, még ellenállóbbá teszi a reklámhordozót. A szélhatásnak kitett felületeknél áteresztőnyílások bevágásával, ill. hálószerű hordozók alkalmazásával lehet biztosítani a fokozott légáramlás károsodásmentes áthatolását. A reklámcélokat is szolgáló árnyékolástechnikai textiliák, így a napernyők, sátoertők, ponyvák, takarók formájában rendszeresen előfordulnak a versenyeken.

A veszélyzónák szélén védelmet nyújtó, használt gépkocsi-abroncsokból álló ún. *gumifalat* gyakran fedik piros-fehér, vagy egyéb (pl. zöld) színezésű borítóanyagokkal. Ezek speciális, nagy szilárdságú, de rugalmas szálanyagokból készített hálószerkezetű, rétegelt molinók. Egyes pályaszakaszokon a nézők védelmére biztonsági *védőhálókat* feszítenek ki. Ezeknél követelmény egyrészt a tökéletes védelem az ütközéskor szétrepülő tárgyak ellen (szilárdság, rugalmasság, energiamérséskor szakadásmentesség), másrészt fontos, hogy a látást ne zavarja a védőszerkezet. A nagyteljesítményű szálanyagokból (szupererős polietilén, aramid stb.) készített zsinórokból, kötelekből speciális kötőgépeken állítják elő a megfelelő szerkezetű és rácsméretű hálókat. Természetesen fémből készült rácsokat is alkalmaznak.

A *textilépítéset* is képviselteti magát a versenyeken. Főként a bevonatos szerkezetek kerülnek előtérbe, amelyekből héjszerkezetű építményeket készítenek. A vázszerkezetet poliészter- vagy üvegszálból képzett speciális szövet alkotja, ezekre PVC, teflon, vagy akrilgyanta bevonat kerül. Az ilyen kompozitok előállításánál meghatározó szempont a kiváló, öregedéssel szembeni ellenálló képesség. Az ibolyántúli (UV) ill. az infravörös (IR) sugárzást visszaverő, csapadékot tűrő héjszerkezeteknél a szennytaszítás és a jó hangszigetelő képesség is lényeges tulajdonság. Utóbbi célra általában nemszött kelmék kombinációi alkalmasak.

A kiszolgáló épületek létrehozása során a vasbeton helyett egyre jobban terjed a *textilbeton*, amelynél az erősítő váz üveg- ill. szénszál alapú szerkezetből áll. A szénszálak felhasználásával szövött szerkezetű, térbeli kompoziterősítő gerendavázak is készíthetők. A versenyhelyszíneken gyakran alkalmazott könnyűszerkezetes épületek anyagainál is elterjedtek a kompozitok. Speciális alkalmazásnál pl. *bazaltszálat* használnak kompozit-erősítőként, üreges kelmék formájában. Ennek alapanyagát a vulkanikus felszíni kőzetek biztosítják. Az ásványi anyag megolvasztásával kialakított erősítőszálak nagy szilárdságúak, kiváló hő- és hangszigetelők, rezgécscillapító hatással rendelkeznek; ezek a

képességek a Forma-1 versenyeken kiemelt fontosságúak.

Miután a *napelemek* is beépíthetők textiliákba, ilyenek az épület-héjszerkezetekbe és árnyékoló felületekbe is integrálhatók. Ezek olyan szilárdtest eszközök, amelyek a fénysugárzás energiáját közvetlenül villamos energiává alakítják. Az energiaátalakítás lényege, hogy a fény az elnyelődésekor mozgásképes töltött részecskéket generál. Az így nyert árammal számos, főként kis elektromosenergia-igényű eszköz táplálható. Már kenéssel is tudnak fotovoltaiikus réteget felvinni a textiliákra, így közvetlen képezhetők rugalmas napelemes kelmék. (Ezek az anyagok a napsugárzás energiáját elektromos energiává alakítják.)

A boxutcai épületek *üvegszövet* borítású tűzálló bevonatai, a környezetben levő helyiségek hangszigetelő felületei szintén műszaki textiliák.

A versenypályák szilárd burkolatának alapozásánál, a kapcsolatos talajmunkáknál elengedhetetlenek a *geotextiliák*. Az eltérő talajrétegek elválasztása és mechanikai szilárdítása (az erózió elkerülésére) mellett a talajvíz-elvezetésnél is fontos a szerepük. Döntően polipropilén-, üveg- és poliészterszálakat használnak a geotextiliák előállításához, azonban a nagy szilárdságú természetes rostok (pl. kender, juta stb.) is kezdenek elterjedni. Az egyszerűbb nemszött kelméken kívül az összetett kelmészerkezetek is gyakoriak (pl. különböző irányokban fektetett fonalseregek varravahurkolásos egyesítése és szilárdítása). Meghatározott felhasználásoknál előfordul a geotextília telítése is pl. alkalmas műgyantával, esetleg bitumennel. A szélfogó hálók lefektetésével a pályán kívüli földterület eróziója mérsékelhető, a talaj kedvező nedvességháztartása megőrizhető. A talajvíz szabályozásában és elvezetésében egyre több speciális, textil alapú csőhálózat vesz részt.

A kanyarok szélein létesített piros-fehér rázó-kösr mentén elhelyezett türkizes-zöld árnyalatú *műfű* is műszaki textil. Olyan, a megfelelő hordozóba jól beágyazott, lencse alakú keresztmetszetű polietilén monofilszálakkal készül ez az összetett felület, amely a természetes fűhöz nemcsak megjelenésében, hanem jellegében is hasonlít (pl. terhelés után a szálak függőleges helyzete könnyen regenerálódik).

A *fényvezető üvegszálak rendszerek* optikai kábelek formájában jelen vannak a Forma-1-en is. A meghatározó, funkcionális főszerepet betöltő mag/köpeny felépítésű üvegér mellett textiltanyagokat ölelnek fel többek között a szálvédelmet ellátó védőköpenyek is. A telekommunikáció során a korábbi rézvezetőjű, csavart érpáras kábelek helyett ezek szállítják többek között a telefonhangot, létesítenek kapcsolatot az egyes helyszínek között. Az optikai szálakkal tisztább hatás érhető el a hangtechnikában. A mérőhelyekről is optikai kábel segítségével jut el több értékes információ, amelyek emellett a térfigyelő és közvetítő berendezések működésénél szintén jelen vannak.

### Felhasznált irodalom

- [1] Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület: A magyar textil- és ruhaipar kutatás-fejlesztési és innovációs stratégiája, 2009.
- [2] Dávid Sándor: Forma-1 sztorik, Dunainternational Könyvkiadó, Budapest, 2011.
- [3] Speciális műszaki textiliákat gyártók prospektusai