

Könnyebb, szebb és biztonságosabb sporteszközök műanyagból

Más termékekhez hasonlóan a korszerű sporteszközöktől is elvárják, hogy hozzájáruljanak a sportoló teljesítményéhez, legyenek esztétikusak, növeljék a sportoló biztonságát és emellett legyenek megfizethetőek. Az anyaggyártók, a tervezők, a gépgyártók és az új technológiai eljárások fejlesztői komolyan veszik a sporteszközök gyártását, amelyben már az elektronika is megjelent. Mindez műanyagok nélkül nem menne.

Tárgyszavak: műanyagok alkalmazása; sporteszközök; biztonság; grafén; kompaundok; műszaki műanyagok; új technológia.

A biztonság mindennél fontosabb

A biztonság különösen fontos az olyan sportokban, ahol a játékosok fizikai érintkezésbe kerülnek egymással. Az USA-ban ezért kitalálták a non-contact (érintkezésmentes) sportokat, közöttük az egyre népszerűbb „zászlós futballt” (*flag football*), amely az amerikai futball szabályait követi, de tilos az ellenfél játékosát megérinteni.

A flag football az amerikai futball módosított, non-kontakt változata, amelyben a résztvevők hasonló képességeket fejlesztenek és taktikákat ismernek meg, mint az anyasportban, de testi ütközés (kontakt) nélkül. Mivel az ütközés és a blokkolás nem megengedett, a zászlós futball testalkattól, nemtől, kortól, előképzettségtől függetlenül mindenki által játszható, biztonságos sportjáték. A játék üzhető szabadidősportként és versenysportként egyaránt. A szabályok is a biztonságos játékot szolgálják, de mivel véletlen ütközések minden sportban előfordulhatnak, ezért fontos az alapos technika és a szabályok betartása, valamint a megfelelő bemelegítés és a folyamatos edzői figyelem. Többnyire ötfős, néha hétfős csapatokkal játsszák. Lényege: A támadó csapat birtokolja a labdát és az ellenfél gólvonalán túlra próbálja juttatni azt dobás (passz) vagy futás útján. A védekező csapat ezt próbálja megakadályozni olyan módon, hogy a labdát vivő játékosról eltávolítja a „zászlóövet” (flag), azaz leszereli (*1. ábra*). A „flagfocit”-t már Magyarországon is űzik, a hazai csapatok 2018 júniusában kétnapos bajnokságban mérték össze erejüket.

A Yale egyetemen végzett felmérések szerint az egyetemi fiúkollégiumok lakói és a főiskolai hallgatók között évente 651 500 ezer sérüléssel kevesebb baleset történik, mióta bevezették a non-kontakt sportokat.

Az érintkezésmentes sportok annak a felismerésnek a nyomán kezdtek megjelenni és terjedni, amely szerint az erős ütközésekkel járó sportokat (futball, jégchoki) űző

játékosok fejét érő sorozatos ütések hatására azokban krónikus traumatikus encefalopátia (CTE) alakul ki. Ez az agy olyan állapotára utal, amelyben működése átmenetileg vagy végérvényesen károsodik. Egy amerikai orvosi szaklapban (Journal of American Medicine) 202 különböző életkorban meghalt futballista agyának vizsgálati eredményeit publikálták. A kollégiumok futbalcsapataiban játsszók 91, a profi játékosok 99%-ában mutattak ki kisebb-nagyobb mértékű CTE-t.



1. ábra A srácok zászlós focit játszanak, de nem a labda, hanem a „zászló” után kapkodnak (bal oldali kép). A jobb oldali képen látható a „zászló”, amelyet le kell tépni a veszélyes helyzetben lévő ellenfélről, mert ezzel „leszerelik”.

A sporteszközök gyártói ezeknek a híreknek a nyomán újragondolják termékeik tervezését. Fő törekvéseik:

- tömegcsökkentés a védelem egyidejű növelésével. Elsősorban a fémeket akarják helyettesíteni, amihez megfelelő műszaki műanyagok, kompaundok és új erősítő anyagok állnak rendelkezésükre. Megfigyelők szerint már egy néhány grammos könnyítés is meglátszik az eredményeken;
- megújuló források felhasználása. A fenntarthatóság a sporteszközök gyártói számára is fontos. Az alapanyag-szállítóktól a petrolkémiai alapú műanyagok helyett igyekeznek biokompatibilis anyagokat, kompaundokat rendelni;
- új, korszerű technológiák alkalmazása. Számos vállalat kínál számukra hibrid, többretegű vagy más gyártási technológiákat, amelyekkel jól érzékelhetően javíthatók a sporteszközök tulajdonságai;
- más piaci szereplők tapasztalatainak hasznosítása. Mind a sportszergyártók, mind pedig anyagszállítóik figyelemmel kísérik, hogy más ágazatokban milyen újdonságokat alkalmaznak, és ha jónak látják, átveszik őket.

Környezetbarát anyagok

A műanyaggyártók egyre több, legalább részben biobázisú terméket kínálnak a feldolgozóknak. Ilyenek a DuPont cég *RS* (*renewably source*) jelzésű polimerjei, amelyeket biomasszából állítanak elő. Néhány példa:

- *Hytrel RS* egy termoplasztikus elasztomercsalád, amelynek tulajdonságai és feldolgozási körülményei nagyon hasonlóak a cég hagyományos *Hytrel* kopoliészter elasztomerjeiéhez. Az új elasztomercsalád tagjai 35–65% közötti arányban tartalmaznak nem élelmiszer jellegű biomasszából előállított poliétert.
- *Zytel RS* poliamidok, amelyek között PA 610 és PA 1010 is van. A poliamidok gyártása ricinusolajból előállított szebacinsavon alapul, ennek aránya 20–100% között lehet. A sorozat tagjai a cég hagyományos *Zytel* poliamidjaihoz hasonlóan merevek, szívósak, vegyszer- és hidrolízisállóak.
- *Sorona EP* poli(trimetilén-tereftalát) család, tagjai 20–37% *Sorona* márkanévű propándiolot tartalmaznak, amelynek alapanyaga kukoricából előállított cukor. Szilárdságuk, merevségük, fröccsönthetőségük azonos a poli(butil-tereftalát)-ével.

A *Hytrel RS* egyik alkalmazója a Salomon cég, amely *Ghost Rider* márkanévű síbakancsa felső „gallérját” készíti ebből az anyagból (2. ábra). A gallér megvédi a sportoló lábát a hidegtől, a hőtől, de érintetlenül hagyja a bakancs szárának rugalmasságát és ütésállóságát, ezzel megóvjva a lábszárat a sérülésektől. Az új elasztomerrel a cég poliuretánt helyettesít, és az új anyag alkalmazását az általa képviselt megújuló forrás miatt választotta.



2. ábra A Salomon cég síbakancsa és a lábszárat védő „gallér”

Műszaki műanyagok

Szálerősítéssel nagymértékben meg lehet változtatni a hőre lágyuló műanyagok tulajdonságait. A sporteszközök gyártásában nagyon sikeresek a szénszálas kompozitok, amelyek szilárdsága, merevsége igen nagy, emellett a belőlük készített termékek nagyon könnyűek. Jelentős szerepet kapnak a hosszú (10–22,5 mm-es) üvegszállal erősített műanyagok is, amelyek tartósak és hosszú az élettartamuk nagy gyakorisággal előforduló erős igénybevétel mellett is.

A szállal erősített kompaundok egyik vezető gyártója az USA-ban az RTP. Üvegszálas kompaundjaik mellett különféle szénszálas anyagaik vannak. Érdekesség,

hogy a vállalat a Boeig szén-szálal repülőgép-alkatrészeinek gyártásakor keletkező szén-szálhulladékot keveri be a műanyagokba.

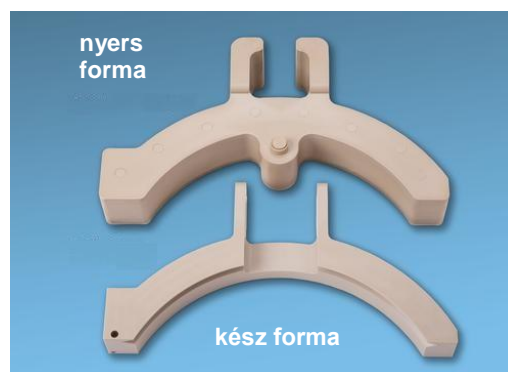
A cég négyféle szén- vagy üvegszállal erősített kompaundtípust forgalmaz:

- szén-szálal kompaundokat, amelyek alkalmazása gazdaságosabb, mint a fémeké vagy az üvegszállal kompaundoké,
- ultra nagy teljesítményű kompaundokat, amelyek a piacon kapható hasonló termékek között a legszilárdabbak és a legmerevebbek,
- nagyon hosszú üvegszállalal erősített kompaundokat, ezek rendkívül tartósak, és bonyolult formájú termékeket is lehet belőlük sajtolni a belső szerkezet megváltoztatása nélkül,
- ütésálló kompaundokat, amelyek kevésbé alkalmasak szerkezeti elemek gyártására, de nagyon tartósak és jól tűrik az ütéseket.

Az üveg- vagy szén-szállal erősített kompaundokból gyártott formadarabok alkalmazása más anyagokéhoz képest azért gazdaságos, mert jó mechanikai tulajdonságaik miatt ezeket vékonyabb fallal, azaz kevesebb anyagból lehet előállítani. A kompaundok fröccsönthetők, ami egyszerűbbé és automatizálhatóvá teszi a feldolgozást. Az RTP kompaundjai számos sporteszközben jelen vannak. A Werner Kayak Paddles cég pl. kajaklapátjait az RTP szén-szálal keverékeiből gyártatja a KASO Plastic-kal (3. ábra).



3. ábra Az USA-ban a KASO Plastics az RTP szén-szálal kompaundjaiból készíti a Werner cégnek a kajaklapátokat



4. ábra A *near-net-shape* eljárás fő előnye, hogy a végleges formát megközelítő nyers formából csekély megmunkálással elkészíthető a kívánt termék

A szén mint töltőanyag grafén formájában ugyancsak megjelent a műanyag kompaundokban, és valóságos csodaanyagának tartják. A *grafén inert szén*, amely két-

dimenziós hexagonális lapocskák formájában léteznek, *vastagsága mindössze 1 atomnyi*. Már hihetetlenül kis mennyiségben, 1 %(m/m) bekeverésekor jelentősen javítja a műanyagok vezetőképességét, mechanikai és termikus tulajdonságait. Grafént kis mennyiségben már több vállalat forgalmaz. A tömeggyártást a világon elsőként a dél-koreai Standard Graphene oldotta meg, amely ezt a terméket 2018 januárja óta kínálja a piacon.

A grafénnal készített első kísérleti termék egy jéghekkibot, amelyet a svédországi hokicsapat tesztek. A grafénnal erősített epoxigyantából készített bot szilárdsága kétháromszor nagyobb az erősítés nélkülinél. A grafénnek rendkívül nagy a fajlagos felülete, a mechanikai tulajdonságok érzékelhető növekedését már 0,01–0,1 %(m/m) hozzákeverésével is elérhetjük. A hokicsapatok sportolás közben átlagosan naponta két botot törnek el; a grafénes botok átlagosan két hétig használhatók.

Specializált anyagok és gyártási eljárások

A sportszergyártásban felhasznált innovatív anyagokat és feldolgozási eljárásokat eredetileg más területre szánták vagy fejlesztették ki. A Piper Plastics Corp. a különböző kompaundok fejlesztésének és azok feldolgozásának kiemelkedő specialistája. *KyronMAX* márkanévű szénszálakompaundjából (amelyet a cég fémekek helyettesítésére ajánl) rendkívül nagy szilárdságú komponenseket lehet előállítani hagyományos fröccsöntéssel és a cég (közelebbről nem részletezett, de valószínűleg a fröccsöntés elvén alapuló) szabadalmaztatott nagy nyomású formázó eljárásával. A „near-net-shape” (a véglegeshez közeli forma) eljárással előállított darabok szilárdsága 15–20%-kal nagyobb, mint az extrudált profiloké és 50%-kal nagyobb, mint a sajtolással gyártott termékeké. Az eljárás lényege, hogy a „majdnem tökéletes” formából csekély mértékű utómegmunkálással lehet a végterméket előállítani (4. ábra). Ha az ilyen formákat tömbszerű félkész anyagból munkálnák ki, a forgácsolási hulladék akár 80% is lehetne. A „majdnem kész” forma megmunkálása csekély hulladékkal jár, ezért gazdaságos és környezetbarát eljárásnak tekinthető.

A Piper cég kompaundjainak három fő csoportja van: *S*-sel jelölik az erőseket, *ES*-sel az erősebbeket, *XS*-sel a legerősebbeket. A fröccsöntésre szánt *S* jelű kompaundok kereskedelmi forgalomban vannak, mátrixuk lehet polipropilén (PP), poliamid (PA), poli(fenilén-szulfid) (PPS), poli(éter-imid) (PEI), poliftalamid (PPA), poli(éter-éterketon) (PEEK). A polimerek 10–40% rövid szénszálat tartalmaznak, de erősítő hatásuk olyan, mint a hosszú szálaké. Ez a cégnél kifejlesztett technika révén a szálak speciális elrendeződésének köszönhető. Az *ES* jelű kompaundokban a polimer legtöbbször PEEK vagy PPA. Hagyományos fröccsgépekkel vagy a cég nagy nyomású formázó eljárásával dolgozhatók fel. Az *XS* jelű kompaundokat a cég 2018-ban kezdte forgalmazni. Mátrixuk ugyancsak PEEK vagy PPA, és a Piper cég nagy nyomású technikájával formázhatók. Mindhárom típusnál fémekek (alumínium, öntött vas, magnézium, acél, rozsdamentes acél, titán) helyettesíthetők.

A fröccsöntő cégek is kínálnak innovatív technikákat. A KraussMaffei automatizált *CX 300 FiberForm* márkanévű hibrid gépén kombinálta a hőformázást a



5. ábra A Völkl cég *Kingpin* márkanévű síkötése, a *FiberForm* hibrid fröccsgépen előállított „stringer”-rel

Völkl cég *Kingpin* márkanévű síkötésében az üvegszál-as polieszterből *FiberForm* hibrid fröccsgépen gyártott multifunkcionális stringer (5. ábra), amely lehetővé teszi, hogy a kötést át tudják állítani különböző méretű síbakancsokhoz. További funkciói a kötés oldása és zárása.

fröccsöntéssel. Ezzel a technikával sikerült egy merev fröccsöntött PA formadarab tömegét 20%-kal csökkenteni. A hőformázást a fröccs-szerszámban (in-mold) végzik el, majd a hőformázott darabra második lépésben bordákat, megfelelő alakú nyitó/záró elemet, esetleg erősített széleket fröccsöntenek, amivel merevítik a terméket. Ez a technika nagyon hasznos lehet ott, ahol fémből gyártott alkatrészt kell helyettesíteni műanyaggal. A 3000 kN-os gépben akár 60% hosszú üvegszál-tartalmazó („szerves bádog”) lemez is hőformázható, és ha azt merevítő betétként alkalmazzák, a szerszámban akár körül is fröccsönthetik egy másik műanyaggal. Ilyen gépekkel az autógyártók üléseket, háttámlákat és más szerkezeti elemeket gyártanak, de ez az eljárás a sporteszközök gyártóinak figyelmét is felkeltette. Figyelemre méltó alkalmazás a Marker

Az elektronika már a sporteszközökben is ott van

Vannak már olyan sporteszközök, amelyekbe szenzorokat építenek, ezek adatokat vesznek fel és tárolnak, és hozzájárulnak a sportolók biztonságának és egészségének megőrzéséhez. A védősisakokat gyártó cégek keményen dolgoznak azon, hogy a sisakot érő ütéseket a sisakba épített anyagok elnyeljék, tompítsák. A Riddell cég *SpeedFlex* márkanévű sisakjába a ma elérhető műszaki megoldások közül szinte mindent beépítettek, hogy megvédjék a sportoló fejét. Nincs távol az az idő, amikor az ilyen sisakok érzékelőket tartalmaznak majd, amelyek adatait tárolják, és az edző vagy az orvos ezek alapján becsülheti meg, hogy mekkora károsodás érte a sportolót egy kemény ütközés során.



6. ábra A Mizuno „okos” labdáját éppen feltöltik a huzalmentes töltőben. A mellette látható okostelefonon leolvashatók a labdába épített érzékelőkkel mért adatok, a dobás sebessége vagy más jellemzők

Szenzoros labda már létezik. A japán Mizuno Co. baseballja képes mérni a

dobások sebességét, amelyet az edző okostelefonon olvashat le. De van szenzor a labda pályáján az elfordulás szögének mérésére is. Persze, az ilyen labdát időnként fel kell tölteni, akár az okostelefont (6. ábra). A gyártó szerint a labda kb. 3000 darab 80 m/h-nál nem nagyobb sebességű ütést képes elviselni. Ára 320 USD, 2018 második felében már kapható.

Néhány éve a sílécgyártásban és a síkötésekben is megjelent a mikroelektronika. Elsőként az Atomic cég épített elektronikus ellenőrző rendszert *Atomic Neox EBM 412* típusjelű síkötésbe. Az elektronikus biztonsági kötés ellenőrzi a megfelelő elötölást, azt, hogy a bakancs megfelelően illeszkedik-e a síkötésbe, ill. azt, hogy a síkötés tökéletesen lecsukódott-e. Ezenkívül a kötés kijelzőjén ellenőrizhetők az értékek és az elemek állapota.

Minden bizonnyal a jövőben még számtalan technikai újítással találkozhatunk majd. Elvállik, hogy az elektronika alkalmazása bevállik-e a síkötések esetében. A távoli jövőben talán már elektronikus érzékelők jelzik a síkötésnek, amennyiben egy izomcsoport vagy ínszalag kritikus terhelés felé közelít, és erre a jelre old majd le a síléc a lábunkról ... ki tudja?

Összeállította: Pál Károlyné

Toensmeier, P.: A winning formula. Sports products are capitalizing on tailored materials and specialty processes to enhance performance and athletic skills = *Plastics Engineering*, 74. k. 2018. 1. sz. p. 14-19.

How to play flag football = <http://www.kids-sports-activities.com/how-to-play-flag-football>.

Salomon Ghost 130 Ski Boots 2016 = <https://www.evo.com/outlet/alpine-ski-boots/salomon-ghost-130>

Werner paddles = <http://www.wernerpaddles.com/paddles/>

Standard Graphene succeeded in mass production of Graphene = Press release, GlobalNewswire, 2018. jan. 24. <https://markets.businessinsider.com/news/stocks/standard-graphene-succeeded-in-mass-production-of-graphene-1013941502>

Piper develops innovative near net shape technology for high performance polymers = <https://www.piperplastics.com/>

Hernádi, L.: Síkötés történelem = 2006.10.13. <https://sielok.hu/rovat/tortenelem/cikk/kotes-tortenelem/>