

A sísportban nem csak az öltözék textíliá alapú!

Kutasi Csaba

Kulcsszavak: Kompozit, Főkabór-helyettesítő, Lélegző membrán, Klímaaktív szerkezet, Légzsák
Composites, Breathable membrane, Climate active construction, Airbag

Kezdetben a sílécet kézzel faragták a „lábszánkázás”-hoz, majd később két vagy több réteg összeragasztásával állították elő. Ennek a technikának a fejlesztését felgyorsította a vízálló ragasztók felfedezése. A laminált síléc vékony felső rétege puhafából, többi része keményfából készült. Az időben nagyot előre haladva, megjelentek a szendvicsszerkezetek, mint kompozitok, amelyeknél először üveg-szálazsák szerkezetek, alumínium kombinációk képeztek az erősítő részt, fenol-formaldehid műgyanta pedig a mátrixanyagot. Egyúttal acél élekkel is javították a síléc minőségét. A további fejlődést a szén-szálak, az aromás poliamidok (pl. Kevlar), valamint alumíniumötvözet anyagok, műanyaghabok, fából készült magok használata jelentette. A modernizálás az ún. „monocoque” (egy darabból kialakított váz) rendszerrel is folytatódott. A síbotok, sisakok készítésénél is a textil vázerősítőkkel kialakított kompozitok szerepe a meghatározó. A korszerű síöltözékek ruházatfiziológiai komfortot nyújtva teszik élvezhetőbbé a népszerű téli sportot. Egyes biztonsági kiegészítők is textilipari termékek.

A téli sportok közül a síelés több számát űzik, így többek között a lesiklás, sífutás, sí-tájfutás, túrasízés mellett a buckasízés is népszerű, a profik talán leglátványosabb versenye a siugrás. Magyarországon mintegy félmillió ember síel, így hazánk lakosságának 5%-a aktív síelő. A szlovákok 18, a szlovénok 15, a lengyelek 13, a csehek és a németek 18%-a űzi ezt a téli sportot. Az osztrákoknál minden harmadik ember síel, ami kb. 3 millió főt jelent. A részvételben a világcsúcsot Svájc tartja, lakosságának 37%-a aktív ebben a téli sportban (1. ábra).

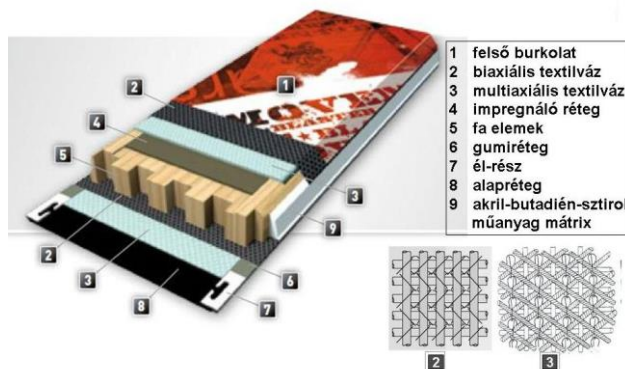
A modern síléc felépítése

Egy átlagos, amatőröknek gyártott síléc közel tíz összetevőből áll, a speciálisan kialakított famagot impregnálással építik fel, amelyet több rétegben alulról és felülről egyedi műszaki textíliák határolnak, továbbá



Jellegzetes síelési fajták

1. ábra



Példa egy korszerű síléc szerkezetére

2. ábra

alap- és gumiréteg, burkolat, ill. él-rész alkotja, és akril-butadién-sztirol- (ABS) mátrix fogja össze (2. ábra).

A síléc anyaga döntően kompozit, a társított anyagrendszerben levő szálerősítésű anyagok alapvetően a műszaki textíliák közé sorolhatók. Az összetett szerkezetet az műgyanta alapú mátrix tartja össze, az erősítő és egyéb elemek „második fázis” elnevezéssel terjedtek el és ezek teszik lehetővé, hogy az alapanyagtól eltérő, kedvezőbb tulajdonságokat érhesse el. A kompozitok előnye egyrészt az, hogy a tulajdonságok kombinációjaként újabb képességek alakíthatók ki, másrészt ezek a tulajdonságok egy adott tartományon belül folyamatosan változhatnak. A társított anyag olyan fizikai tulajdonsággal is rendelkezhet, melyek a felhasznált összetevőkkel külön-külön nem érhetők el.

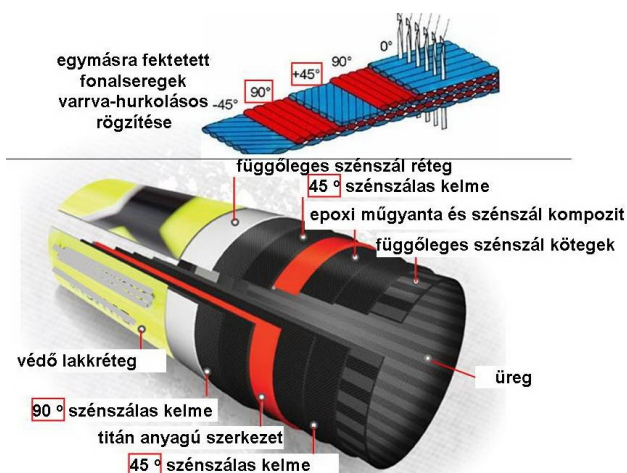
Az egyes textil szálanyagokból (pl. üveg-, aromás poliamid-, ill. szén-szál multifilamentek stb.) képzett sík- és térbeli textilszerkezetek alkotják az anyagkombináció vázanyagát. Az összetett szerkezetek szilárdító vázát így a speciális összetételű és kialakítású textilanyagok képezik. A minden irányban közel azonos szilárdságú (multi-axiális) kelmek szerkezet többek között speciális kialakítású kelmekkel érhetők el. Ezek hossz-, kereszt- és átlós irányban fektetett fonalak varrva hurkolásos összekapcsolásával alakíthatók ki. A két irányban szilárdított (bi-axiális) kelmeket a merőleges egymásra fektetett fonal-rendszerek előbbivel azonos rögzítésével állítják elő.

Elterjedt a bluetooth rádiós helymeghatározó al-



Bluetooth rádiós helymeghatározó a sílécen

3. ábra



Példa egy korszerű síbot szerkezetére

4. ábra

kalmazása is a sílécen, amely öntapadó hátlattal könnyen felhelyezhető, mindössze 30 g tömegű, és az áramot szolgáltató elemek egy szezonban végig kitartanak (3. ábra).

Síbot, védő- és bukósisak, fókabőr-helyettesítő

A *síbot* fontos kiegészítő sporteszköz, amely szintén kompozit felépítésű. Szerkezeterősítő vázanyagaik szénzálakból kialakított rendszerek. Fonalseregek egymásra fektetése után az igénynek megfelelő rétegszám után végzik varrvahurkolásos összeerősítést. A bot kialakításánál többek között 45 és 95°-os irányú fonalsereg-rétegekből felépülő műszaki textilanyagokat alkalmaznak. A mátrixot epoximűgyanta (hőre keményedő térhálós műanyag) alkotja (4. ábra).

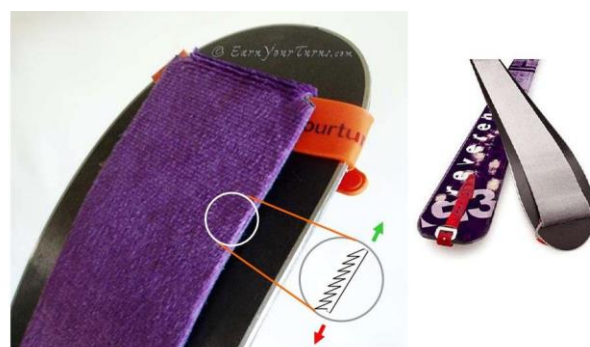
A *védősisak* a 14 év alatti síelőnek kötelező, bukósisakot a siugrásban, lesiklásban induló sportolók viselnek. A mátrix kemény akril-butadién-sztirol- (ABS) vagy polikarbonát- (PC) műanyag, a vázerősítést üveg-, ill. szénzálakból képzett térbeli műszaki textiliák alkotják. A polisztirol anyagú ütésnyelő bélelés fontos védelmi kellék. A szellőzők, fülvédők, igény szerint a kamertartók a sisak kiegészítői. A rögzítést poliamid- vagy poliészter-multifilamentekből szőtt pántok képezik, általában gyorskioldós műanyag csattal. A sisakba távadót is beépítenek, így radarral felkutható pl. a lavinabalesetet szenvedett személy (5. ábra).

A sífutó lécekre a hegymászási szakaszokon régen *fókabőrt* illesztettek. A könnyű felfelé haladás érdekében



A sí sisak főbb anyagai

5. ábra



Sífutó lécre csatolható textilanyagú „fókabőr” hegymászáshoz

6. ábra

és a visszacsúszás megakadályozására ma már speciális felületképzésű – a sílécnél keskenyebb, így a léceket szabadon hagyó – rögzíthető textilsávokat használnak. Értelemszerűen az újbóli lesiklási szakaszon ezt a segédeszközt eltávolítják (6. ábra).

Korszerű síöltözékek

A dzseki jellegű kabátok, valamint a kantáros nadrágok főanyagát tartósan víztaszító (pl. 20 000 mm vízoszlopos ellenállással) szintetikus (főleg poliamid 6.6) fonalakból készült szövött borítókelmé alkotja, amit a kopásállóságot növelő filmbevonattal látnak el. Ez alatt általában lélegző membrán és hálószerű bélés található. A megfelelő hőszigetelést főleg különböző mikroszálas fátolkelmé rétegek biztosítják. A szálakból képzett bundát esetleg valamilyen vegyi módszerrel rögzítik, vagy varrvahurkolással kapcsolják össze. Belső bélés-ként különböző szövött kelméket alkalmaznak, esetenként egyedi bevonatokkal. Az egyes idomokat egyesítő varratokat általában hegesztőszalagokkal fedik, nehogy a tűnyomoknál, a cérna közvetítésével szivárgás következzen be. A ruházati termékek különböző nyílásait, hasítékait (főleg a zsebeknél stb.) általában olyan műanyag-spirál zárlancú cipzárrakkal látják el, amelyeknél az összekapcsolt zárlanc-feleket vízálló szalagrészek tökéletesen lezárják. A síruhák konfekcionálása során lényeges a mozgásszabadságot növelő szabásvonal, a különleges szellőztető rendszerek biztosítása. Gyakori a



szellőzőnyílás



hüvelykujj bebújós bélés



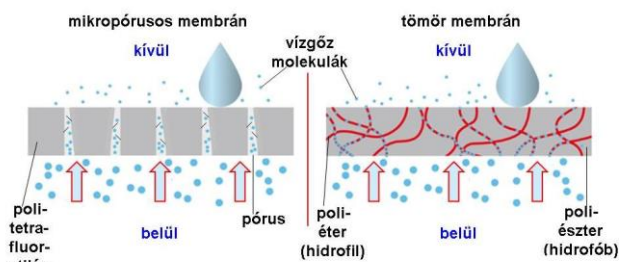
adatkártya zseb



további vízhatlan cipzár

Példák a korszerű felső öltözék kialakításokra

7. ábra



Különböző típusú membránok vízgőz transzportáló képessége
8. ábra

hónaljvonalban létrehozott, cipzárral működtethető hatékony alkalmazása. A magasabb színvonalú sűrűsége is beépítenek távadót, így radarral felkutatható a lavinabalesetet szenvedő síelő (7. ábra).

A korszerű síruha fontos tartozéka az innovatív alöltözet, kesztyű és zokni is.

Lélegző membránok

A lélegző membránok (8. ábra) páraáteresztési képességét ún. MVTR (moisture vapor transmission rate) értékben adják meg. A meghatározás során (30 különböző mérési módszer ismert) azt mérik, hogy mennyi vízgőz megy át egy négyzetméter membrán felületen 24 óra alatt. A rekord mintegy 40 000 g/m²/24 óra.

A lélegző membránok egyik fajtája mikropórusos, termomechanikus expandálással előállított politetrafluor-etilén (PTFE) vagy egyéb fluorpolimer tartalmú vékony lapszerű termék. Az utóbbi időkben poliuretán (PU) alapú, vékony porózus fluorpolimerből készült a hártyszerű felület alkalmazása terjedt el. A ruhaiparban szendvicsszerkezetű változatát használják fel. A membránt megfelelő víztaszító képességű szintetikus borítókelmére (pl. szövött poliészter, esetleg poliamid stb.) többek között laminálással viszik fel, az összetett szerkezet hátoldalát ritka – hálószerű – szerkezetű, rugalmas (főleg hurkolt) kelme fedi. A lélegző réteg szakít a hagyományos közeg vezetőképességgel, a víz-, vízgőz- és légáramlás körülményei attól függően eltérnek, hogy a membrán melyik felét éri. A test felőli vízgőztranszportot akadálytalanul lehetővé teszi, a külső környezetből érkező szél, csapadék, hideg levegő hatásától viszont kellő zárással véd. A szerkezetben négyzetcentiméterenként közel 1,4 milliárd pórus van, ezek hűszerszer kisebbek egy átlagos vízcseppnél, ugyanakkor mintegy hét-százszor nagyobbak egy vízgőz-molekulánál. A különleges hártya parányi és kifelé szűkülő csatornái a befelé áramlás ellen mintegy szelepszzerűen záródnak, ezzel is biztosítva a csak egyirányú áramlást. Így a ruházat test felőli részéből a számos önálló vízgőz molekula akadálytalanul áthatolhat, fokozottan támogatva az izzadmány-nal járó pára eltávolítását.

A másik, monolitikus membrántípus nem tartalmaz mikropórusokat, a poliéter és poliészter kopolimerből előállított réteg elvileg tömör szerkezetű. A hidrofób (víztaszító) poliészter polimerrel érhető el a kelendő szilárdság, a hidrofíll (vízkezelő) poliéter láncmolekulákat véletlenszerű elhelyezkedéssel tartalmazó – nedvességre megduzzadó – szerkezeti részek biztosítják a vízmolekulák szállítását. A nagyméretű vízcseppek kívülről nem juthatnak be, de a membrán vízkedvelő szerkezeti részein átáramló vízgőz molekulák belülről kiáramlanak, a külső felületről elpárolognak. Szemben a mikropórusos membránokkal, ennél a szerkezettel

nem csökkentik a szennyezések a szellőzéshez szükséges áteresztő kapacitást, valamint a rétegek szétválása sem következhet be a tökéletes adhézió következtében. Az áttetsző membrán kb. 5 mikrométer (5·10⁻⁶ méter) vastagságú, igény szerint jól nyújtható. Ennek a membránnak az előállítása viszonylag környezetbarát, a termék életciklusa végén teljesen újrahasznosítható.

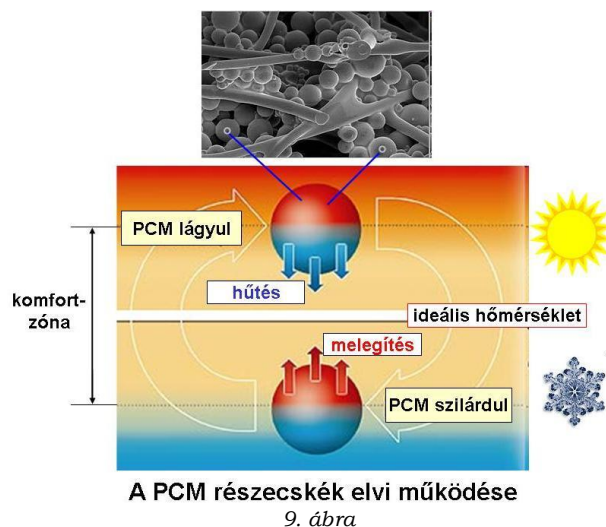
Ismert olyan megoldás is, amelynél habpontok vannak a membrán belső felületén. A belső hőmérséklet és a páratartalom növekedésével a membrán tágul, a növekvő membránfelülettel fokozódik a nedvesség átbo-csátás. Távtartó textilszerkezetek (pl. üreges kötött kelmék stb.) felhasználásával szintén növelhető a pára-transzport.

Klímaaktív megoldások

A hirtelen hőmérsékletváltozásnak kitett ruházatnál is alkalmazható folyadékkristályos anyagok halmazállapot-változásakor a megszokottól eltérő jelenségek tapasztalhatók. Olvadáskor a szilárd fázisból először egy a folyadéknál sűrűbb, zavaros, folyékony állapotú közeg alakul ki (ez a folyadékkristály), további melegítésre ezt követné az izotróp folyadék, majd a gáz halmazállapotú anyag. Ezek az újrendszerű, ún. klíma-aktív anyagok a „Phase Change Material” angol kifejezés kezdőbetűiből képezve PCM-anyagként terjedtek el a szakirodalomban, miután fázisváltó, fáziscserélő, halmazállapot váltó tulajdonságuk kerül az alkalmazás előterébe. A PCM-ek jelentős mennyiségű hőenergiát képesek elnyelni, átmenetileg tárolni, majd a környezeti változásokhoz igazodva ezt a látens hőt leadni. Adott hőmérsékleti tartományban halmazállapotukat a környezeti hőmérséklet-változás függvényében változtatják (9. ábra):

- ha a környezet hőmérséklete emelkedik, a szilárd fázisból közel folyékony halmazállapotba a kerülnek a környezetből felvett hő segítségével, ez hőelnyelődéssel jár (hűtés);
- ha a környezet hőmérséklete csökken, a folyékony halmazállapotból szilárdra válnak, azaz hő szabadul fel, ez hőleadást jelent (melegítés).

Így a környezet melegítő hatására a szilárd állapotot biztosító belső kötések a részecskében lebonthatók, azonban a szabályozott folyamat eredményeként a PCM olvadáspontja előtt leáll a melegítési ciklus. A külső közeg hűtő hatására a tárolt hő leadásra kerül mindaddig, ameddig a PCM kristályosodási hőmérsékletét eléri a folyamat. Az említett halmazállapot változások során a



A PCM részecske elvi működése

9. ábra



Sportruházat hőszigetelése aerogéllal

10. ábra

klima-aktív részecskék, ill. az ilyen tartalmú/bevonatú anyag hőmérséklete az ismert fizikai jelenségek értelmében állandó marad.

A hatást kifejtő mikrokapszulák előfordulhatnak a szálak belsejében, kerülhetnek a szálak közé, befonhatják a fonaltestbe, felvihetik a kelmefelületre.

A termikus szabályozással ellátott klímaaktív ruházat működésének lényege:

- A klímaaktív ruházatban a parányi PCM részecskék a testmeleg hatására közel megolvadnak (az olvadáspont előtt leáll a folyamat), a felszabaduló hőmennyiséget a bőr közeléből elvonják, és egyenletes eloszlásban tárolják (hűsítő hatást érzeli a viselő személy).

- Amennyiben a külső hőmérséklet csökkenése, az aktív mozgás megszűnése miatt a testközeli hőmérséklet csökken, úgy a termikus szabályozásért felelős részecskék megkeményednek, a kialakuló szilárd halmazállapot során hőleadással felmelegszik a textil, ill. közvetítésével nő az emberi test hőérzete.

Innovatív hőszigetelés, hőntartás

- Az ún. energia-visszanyerő textilszerkezet különleges összetételű ásványi mátrixból felépülő kelme. Ez visszatükrözi a szerkezetből távozó infravörös sugárzást. Így viselőjének nemcsak a testét tartja melegen, hanem javítja a vérkeringését, fokozza is vérben az oxigénszintet. A teljesítmény növelhető és a korai kifáradás megelőzhető, jobb regeneráció érhető el. A kísérletek szerint kisebb pulzusszám mellett hatékonyabb légzés valósul meg, ami a téli sporttevékenységek során ki-



A lavinaomlásokkor működésbe hozható életmentő légszák

11. ábra

emelten előnyös.

- A hővisszaverő és ruházatzfiziológiailag komfortos technológiának megfelelő béléskelme fémfóliás pontnyomással is készülhet. Amennyiben a testbélésül szolgáló textilanyagot kellő sűrűséggel ellátják apró tükrösítő felületekkel, úgy az emberi testből sugárzással távozni kívánó hő nagy része visszairányítható.

- Az aerogéllal kombinált úrhajós ruházat a polgári alkalmazásra szánt hidegvédő ruházatok területén is elterjedőben van. Az aerogélek szilárd vázát kerámia-, polimer- vagy hibridanyagok adják, a közbezárt nanopórusokat levegő tölti ki. Ezt úgy érik el, hogy a megfelelő gél állapotú anyagból a kötött víztartalmat teljesen kivonják. Az aerogélek rendkívül nagy porozitásuk miatt a világ legkönnyebb szilárd anyagai, a pórusok átmérője 1–100 nm közötti (a hétköznapi pórusos anyagok üregei mm vagy µm méretűek). A „megszilárdult füst” elnevezéssel illetett aerogél nagyon kis sűrűségű (1,9 mg/cm³) és átlátszó. A levegő nem tud cirkulálni az aerogél pórusrendszerében, így a hőátadás egyik formája (pl. hővezetés, hőáramlás) sem érvényesül. A kiváló szigetelőképeségre jellemző, hogy pl. egy 18 mm vastagságú szilika-aerogél-réteg a Mars –130 °C-os hidegétől is megvéd. A szilárd anyag tehát rendkívül porózus (több mint 99%-a levegő), így melegtartó képessége szinte tökéletes. Technikailag eddig problémát jelentett, hogy az aerogél folyadékkal szemben nem volt ellenálló, továbbá rendkívül rideg anyag (törékeny, morzsolható). Előbbieit speciális felületkezeléssel sikerült megoldani, utóbbinál az üregek megfelelő polimerekkel történő feltöltése segített. A rugalmassá tett, akár vékonyrétegű aerogél dzsekinél, nadrágonál alkalmazva kevésbé vastag és kiválóan melegtartó ruházati cikkeket eredményez (10. ábra).

- Érdekes és hatékony megoldás a speciális fűtőtasakok alkalmazása a hideg ellen védő ruházatoknál. A légmentesen záródó tasakban olyan betétet helyeznek el, amely kötőanyagba ágyazott cinkpor és aktív szénrészecskéket tartalmaz. A tasak felnyitásakor a levegőben levő oxigén beindítja a tartós hőfejlődéssel járó elektrokémiai folyamatot. A különböző méretű tasakbetétekkel a ruházat adott része melegíthető több órán át. A hőtermelő reakció a betét ismételt tasakba zárásával megszakítható, majd újra működésbe hozható.

Lavinaomlásokkor előnyös a légszák



A sísport textiles vonatkozásai

12. ábra

A légzsákokat a gépkocsiknál 1984 óta használják passzív védelemként. Főként poliamid 6.6, vagy 4.6 (az utóbbi 285 °C-on olvad) típusú multifilament képezi az alapanyagot, amelyet szilikonnal vonnak be. A légzsákok anyagánál 10 liter/100 cm²/min légáteresztés az alapkövetelmény.

A konfekcionálás során a terítést nagy pontosságú célgéppel, a szabást elektronikus vezérlésű vágóberendezéssel végzik. A háromdimenziós varratos konfekcionálás robotvarrógépen készül. Speciális jacquard-fejjel felszerelt légsugaras szövőgépen darabban szőtt légzsák gyártható.

Ameddig a gépkocsikban rendszeresített légzsákok nitrogéngázzal töltődnek fel, addig a sielők által viselt légzsákokat sűrített szén-dioxid (CO₂) fújja fel. Lavina bekövetkeztekor a hó csapdájába került sielő testtérfogatót 150 literrel növeli, ezzel a sűrűségváltozással segíti, hogy a test a felszín fölé kerüljön (11. ábra).

* * *

Összefoglalásként a 12. ábra vázlatosan bemutatja, hogy a sisportnál milyen textilanyagú részek fordulnak elő közvetlenül és közvetett módon.

Felhasznált irodalom

- [1] Chernelházi Chernel István: A lábszánkázás kézikönyve. Budapest, 1896
- [2] Szabó Lóránt, Szabó Rudolf: Kompozitok, Magyar Textiltechnika 2014/4
- [3] A magyar textil- és ruhaipar kutatás-fejlesztési és innovációs stratégiája, TMTE 2009, 2. melléklet, szerzők: dr. Kókasné dr. Palicska Livia, Bánfi Erzsébet, dr. Borsa Judit, Kutasi Csaba, Molnár Orsolya: Funkcionális textil- és ruházati termékek fejlesztése
- [4] Sisporteszközök gyártóinak termékleírásai
- [5] Siöltözők gyártóinak termékleírásai
- [6] Wikipédia szócikkek