

Smart és intelligens textíliákra példák

Kutasi Csaba

2023. október

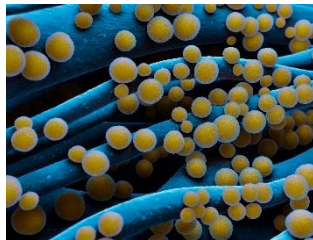
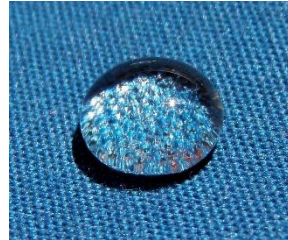


A speciális textíliák felosztása

smart textíliák

a textiltermék a hagyományos képességeken túl további funkciót töltenek be

- lángolásgátló
- szennytaszító
- víztaszító
- öntisztuló
- antimikrobális
- mikrokapszulás
- stb.



intelligens textíliák

egyes környezeti változásokra reagálnak és bizonyos tulajdonságaikat módosítják, ill. pl. alakemlékező tulajdonsággal rendelkeznek

- védőképességű
- biztonsági
- egészségmegőrző
- alakemlékező
- egyéb funkcionális
pl. kommunikáló,
színváltó ruházat
- stb.



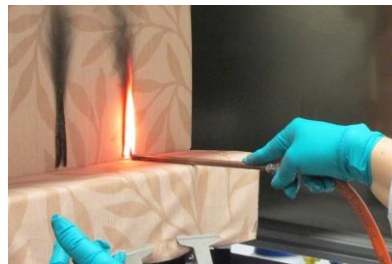
Néhány smart textíliára példa

Éghetetlen, égés késleltetett textíliák

a tűz gyors terjedésének akadályozása, menekülési lehetőség biztosítása

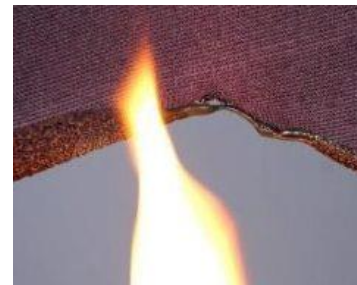
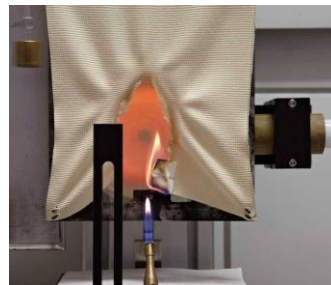
nehezen égő, lángolásgátló szálanyagok:

- **FR (Flame Retardent) szálak** (módosított viszkóz, -poliészter, -poliakril-nitril stb.)
- **aromás poliamidok**
- **oxidált szálak, szénszálak**
- **üvegszál**



égéskésleltetett textilanyagok:

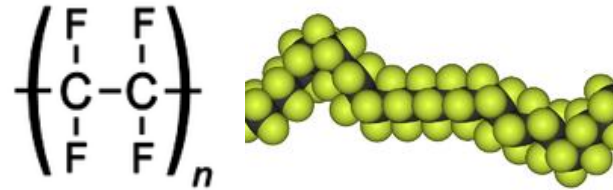
- **lángolásgátló, tartós (műgyantás) különleges kikészítések**
- **reaktív kikészítőanyaggal a cellulóz (pamut) átalakítása nehezen gyulladó változattá**
- **plazmakezeléssel lángolást gátló implantátum felvitele**



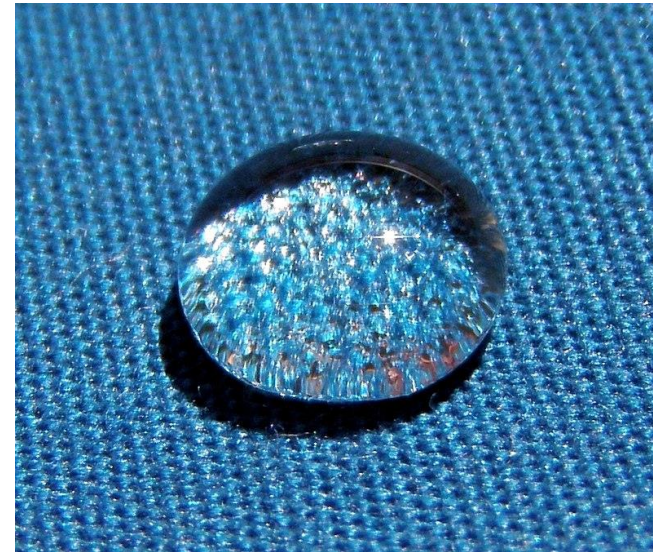
A szenny- és vízszító kikészítés

a textília kritikus felületi feszültségét – nemcsak a vizes nedvesedés megakadályozására, hanem - az olajénál is **kisebbre kell csökkenteni**

olajtaszítás (oleofób) vízszító **szerves fluorvegyületekkel**



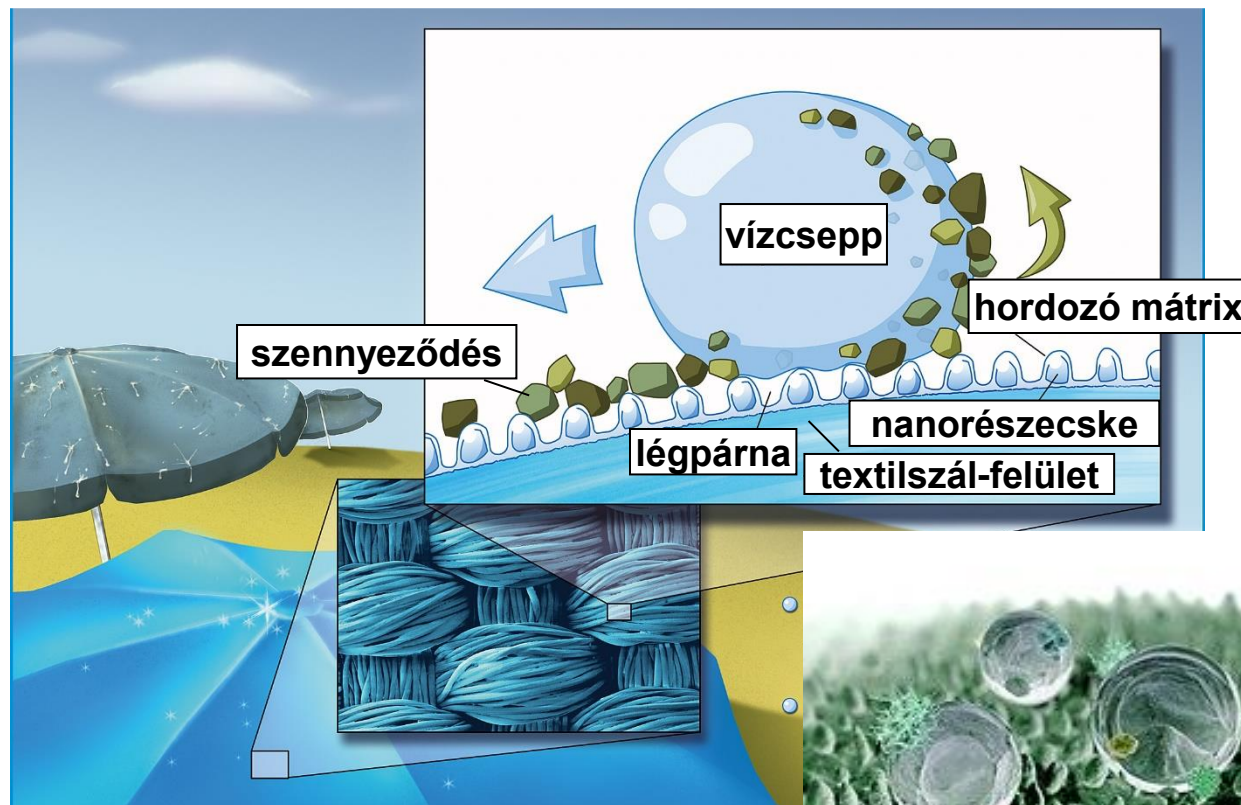
poli-tetrafluoretilén
(teflon)



tartós vízszítás pl.
zsírsavas komplex vegyületekkel

Öntisztuló textíliák optimális nano bevonattal

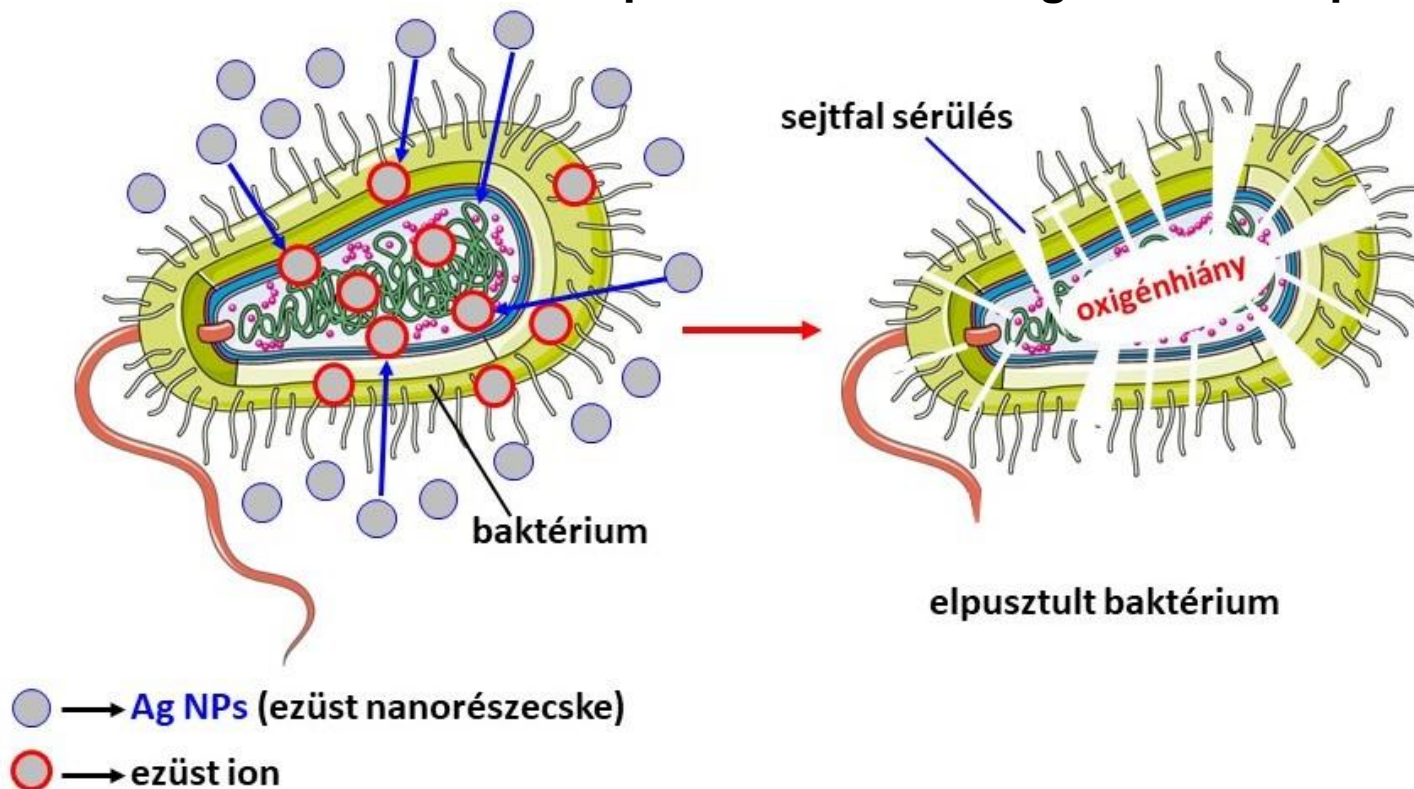
- 100 nm-nél kisebb átmérőjű **nanorészecskék** mélyen beágyazva a hordozó mátrixba
- **különleges kötőanyag** biztosítja a **bevonat tartósságát** a textília felületén
- csak a **vízcsepp 2-3 %-a érintkezik** a textilanyaggal



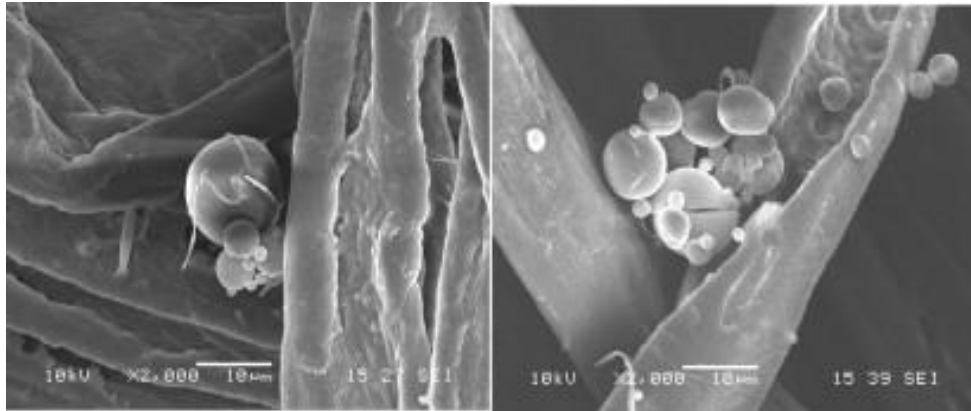
a természet ihlette öntisztító képesség
(lótusz-effektus)

Az ezüstionok baktériumölő hatása vázlatosan

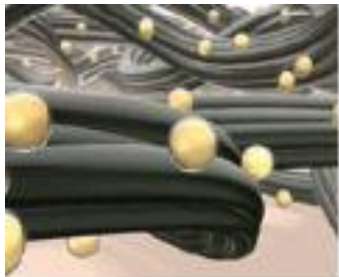
- a baktérium és a nanoméretű ezüst részecske találkozásakor a mikroorganizmus sejtfalát felépítő vegyületek reakcióba lépnek az ezüst részecskével, amelynek felületéről ezüstionok válnak szabaddá a kémiai reakció során sérül a baktérium védelmét jelentő sejtfal, az ezüstionok könnyen behatolnak a baktérium belsejébe, amelyek a számára létfontosságú enzimekhez kapcsolódnak (a DNS elveszíti szaporodó képességét), az ezüst nanorészecskék reakcióba lépnek a sejtmembrán transzportfehérjével, a baktérium nem jut oxigénhez, ami elhalásához vezet
- feltételezhető, miszerint a baktérium külső rétegével érintkező ezüstrészecskék bemélyedéseket alakítanak ki a sejt falon, egyúttal módosítják a membrán polaritását, elősegítik a szabad gyökök képződését, az így károsodott membrán vezet alapvetően a mikroorganizmusok pusztulásához



Mikrokapszulás textíliák

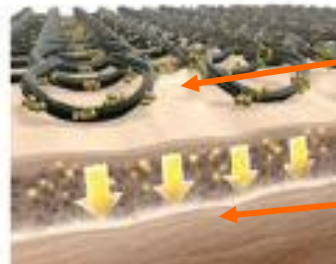
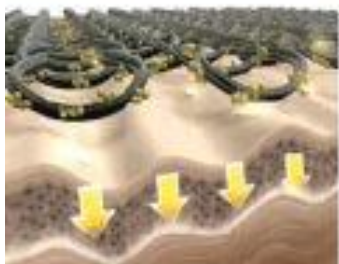


- inaktív, mikrokapszulákba ágyazott **probiotikumokat** olyan **lakástextil-termékekbe** (pl. matracok, párnák, takarók, kárpitok és szőnyegek) telepítenek, ahol **háziállat** van a lakásban
- mozgással járó **súrlódás felnyitja a mikrokapszulákat**, amelyek **felszabadítják a spórákat**, amelyek **probiotikus baktériumokká** alakulnak és **fogyasztják** a kutyák és macskák által kijuttatott **allergéneket**



mikrokapszula

szál



mikrokapszulás
textilanyag

emberi bőr

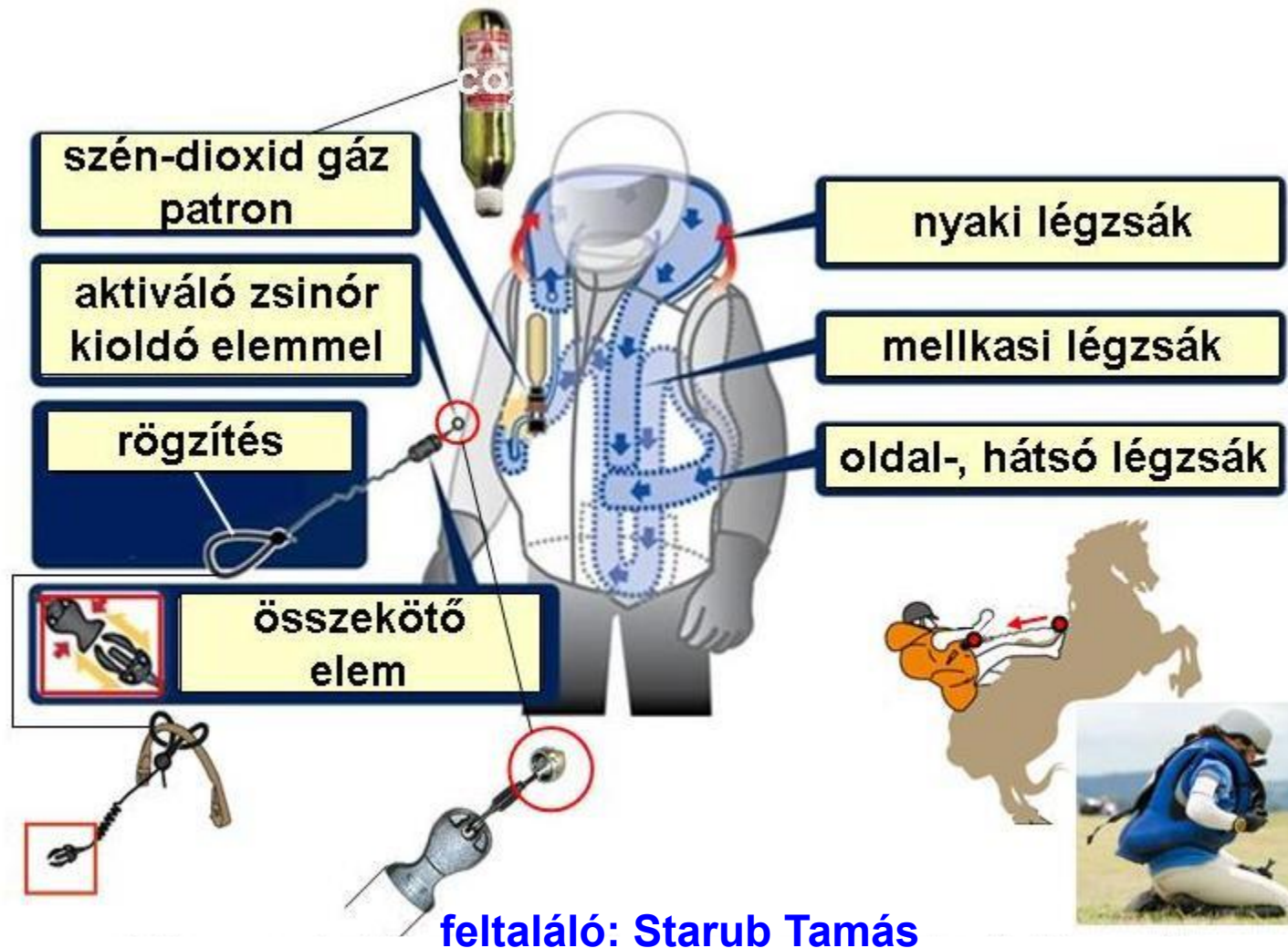
a mikrokapszulás textíliák felépítése



- az **egészségmegőrzést** célzó és **wellness textíliákba** pl. **bőrápoló, allergiacsökkentő, parfüm** részecskéket stb. csomagolnak mikrokapszulákba

Intelligens védőruházatokra példák

A lovasok felsőtest védelme légszákkal



- a leeséskor a lótól eltávolodó személy teste – kb. **250-300 N-s erő** fellépésekor - megrántja a húzózsinórt, így **nyitja a gázpatront** (majd kiold),
- a légszákrendszer pedig **0,1 – 0,3 s alatt automatikusan felfújódik** szén-dioxiddal, védőpárnát képezve

A motorkerékpározás és kerékpározás légzsákjai



motorkerékpárra szerelt légzsák



motorkerékpár versenyzőre telepített légzsák



kerékpáros
felfúvódó sisakja



a légzsák-mellény működése

Viselhető légzsák idős, beteg emberek védelmére



felfúvódott légzsákok
fej és csípőrészen



a fejet védő légzsák
közelebbről



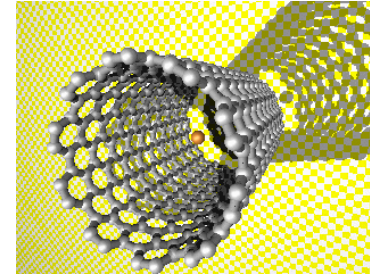
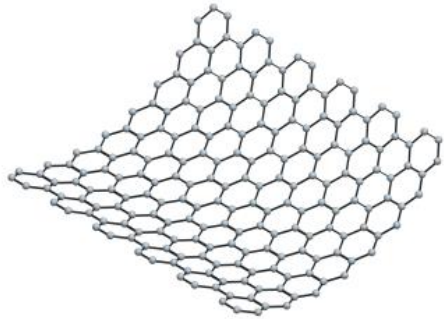
alkalmazás utáni
levétel

- a fokozottan veszélyeztetett idős – pl. **epilepsziás rohamra hajlamos** – embereknél, az **eleséssel járó sérülések csökkentésére**
- az elektromos érzékelő-működtető a **hirtelen mozdulatokra aktiválódik**, riasztáskor **0,1 másodperc alatt, 15 liter sűrített levegő** befecskendezésével automatikusan **felfújódik a párna-rendszer**, amely a **fejnek** és a **csípőnek** nyújt védelmet

Egy intelligens védőruházat elvi felépítése



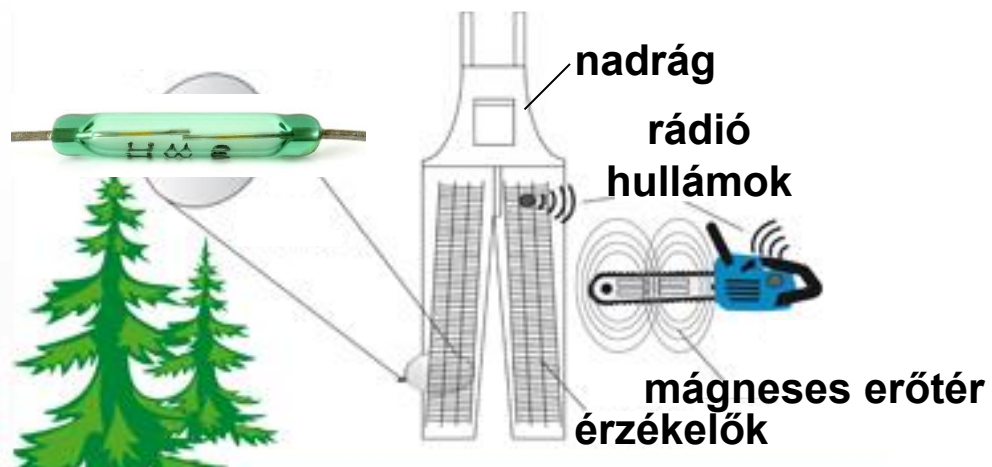
Intelligens védőruházat szén nanocsövekkel



- a **nanocsövek** textilrendszerbe történő bekeverése a fonalak **elektromos vezetőképességi** tulajdonságait megváltoztatja
- az **egyes állapotjelzők** (pl. a **hőmérséklet** vagy a **nyomás**) megváltozása a **nanocsövek belsejében** előidézett **mozgással** a **vezetőképesség megváltozását** idézi elő, így a jelenségek közvetlen visszajelezhetők

Példa az aktív, intelligens védőruházatra

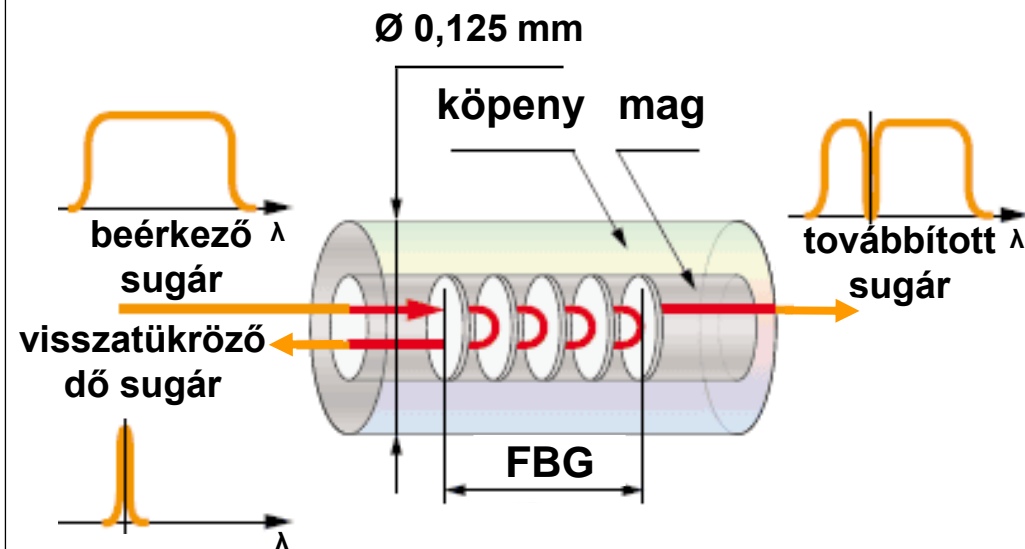
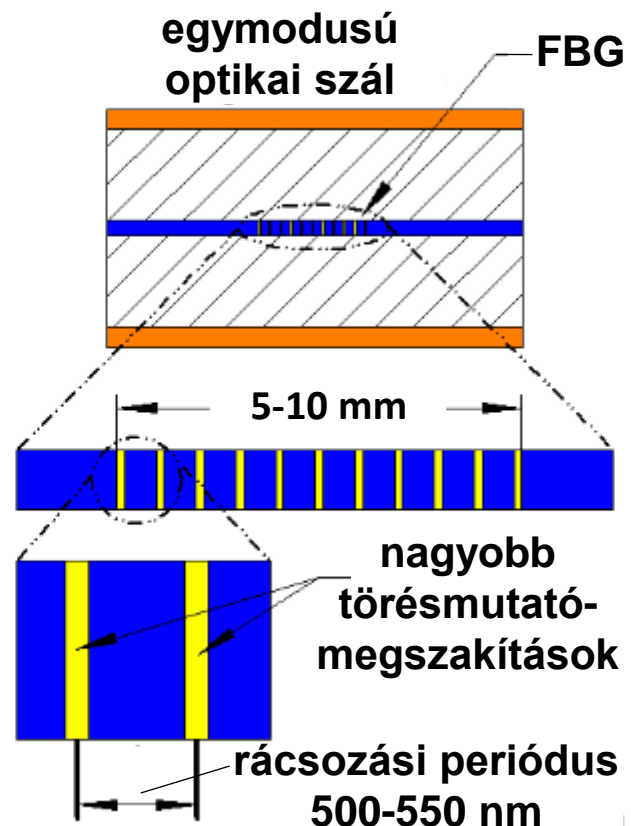
- a **nadrág áramkörrel** és **reed kapcsolókkal** (2,5-3,0 cm hosszúak, 3-4 mm \varnothing -júk) van ellátva (ellenáll a használati-, mosási igénybevételeknek), amely **9 V-os elemmel** működtethető
- a **láncfűrész** vezetősinjénél kialakított egységek **mágneses erőteret** hoznak létre
- amennyiben a **fűrész vágókései túl közel kerülnek** a nadrághoz, úgy a rádiójel **kikapcsolja** a berendezést



Intelligens biztonsági textíliákra példák

Száloptikás szenzorok, az FBG felépítése, alkalmazása

az **FBG** (Fiber Bragg Grating rövidítése, azaz optikai szálas Bragg rácsozat) **szenzor**



- a szenzor célú **speciális optikaiszál** rövid szegmensében a **magrésztörésmutatóját megváltoztatják**
- ez a periodikusan előforduló képződmény **visszatükrözi a sugárzás bizonyos hullámhosszait**, ugyanakkor a többit továbbítja
- a **száloptikás szenzorok** olyan területeken is használhatók - pl. napelemekkel - ahol **nincs közeli tápegység**, a jelek **műholdas kapcsolattal** is elérhetők

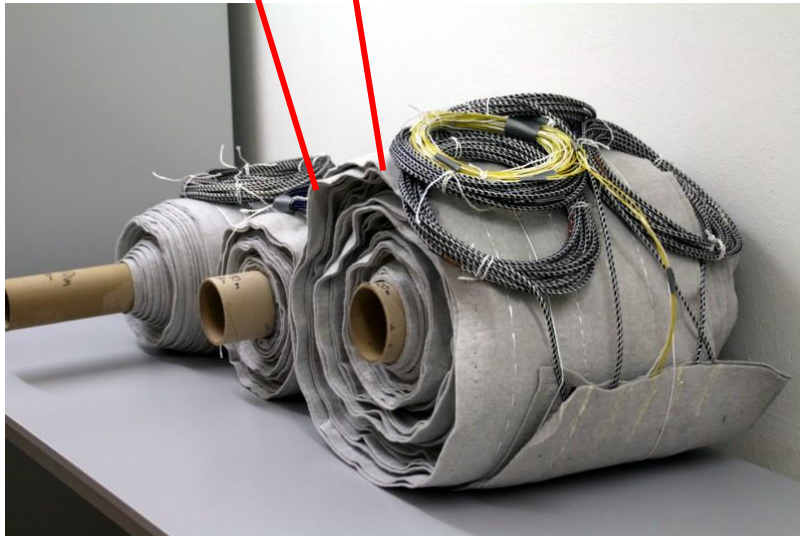
FBG érzékelővel monitorozott gát



Multifunkcionális textíliák – monitorozás (földben, építményben)

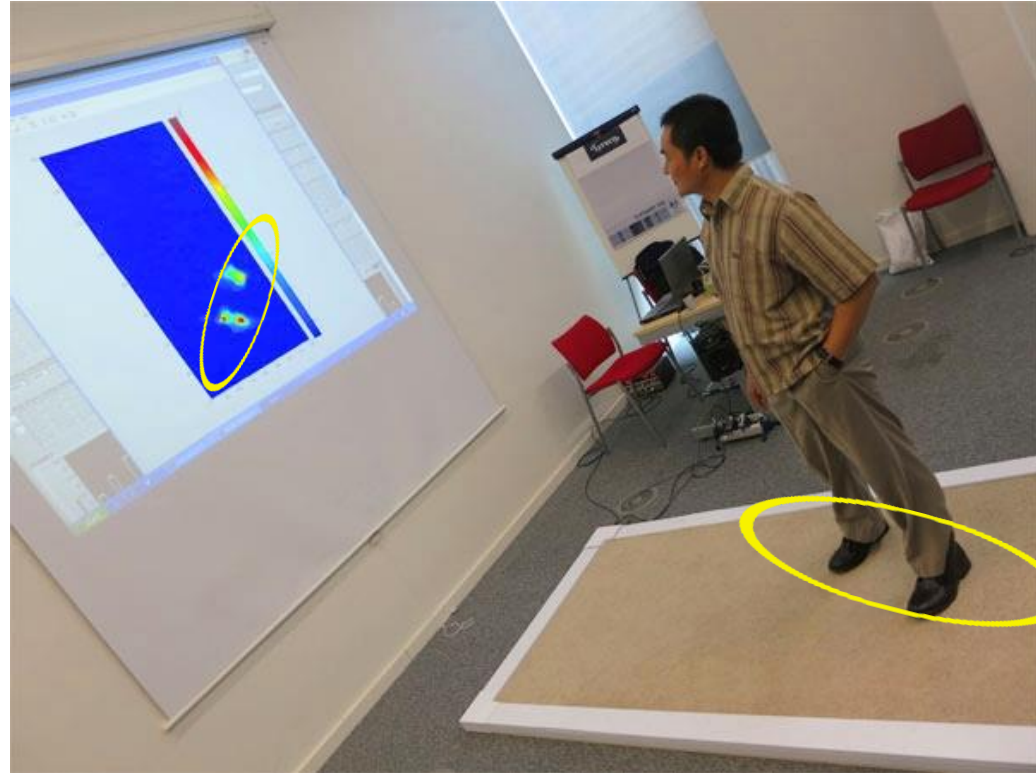


- nemszőtt textíliába beágyazott **szenzorszálak** ill. hálórendszer folyamatos paraméter követést tesz lehetővé
- **optikai szálak**, nano-kristályos **piezo-érzékelő** szálak képezik a jeladást
- **deformáció, nyomás, hőmérséklet, strukturális rétegezetség, vízszint, vízösszetétel**, stb. **vizsgálható folyamatosan** pl. utak, vasúti pályák alatt, építmények szerkezeti részeiben ill. falazatában



- a beépített textilrendszer a strukturális szerkezet **megerősítését** is szolgálja és **hajlékonyságát** is növeli

Intelligens szőnyeg fontossága



- a szőnyeg alsó részébe ágyazott **optikai szálak kétdimenziós nyomásképet** alkotnak, ami torzul, ha valaki rálép
- a szőnyeg széle körül található **szenzorok** továbbítják a jeleket az elemzést végző számítógép felé
- ha a rendszer **változást észlel** – amit például egy hirtelen megbotlás és elesés idézhet elő – az eszköz **hanggal kísért riasztást** ad le
- a lépések nyomon követésével a rendszer képes **járásmintákat megtanulni** és érzékelni a finomabb változásokat is, így a szőnyeg **illetéktelen behatolókat** is képes érzékelni

A biometrikus kesztyű és fontossága



orvosi
team
autója

pálya
kórház



szaturáció,
szívfrekvencia,
véroxigénszint



a biometrikus kesztyű Forma-1-es versenyzőknek

baleset esetén az orvosi team távfelgyülettel tudja értékelni a sérülést, már a versenyző kiemelését specilásan végzik, pl. ha **belső vérzésre** utalnak a paraméterek

látható vörös
és infravörös
LED



transzmisszív oximetria

reflektív oximetria

látható vörös
és infravörös
LED



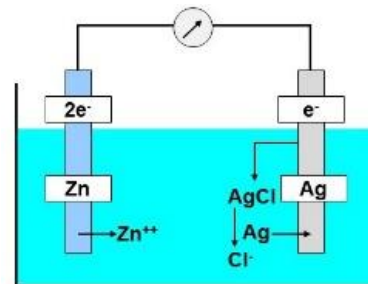
fotodióda
szenzor

a pulzoximéter elvi működése (véroxigén szint méréshez)

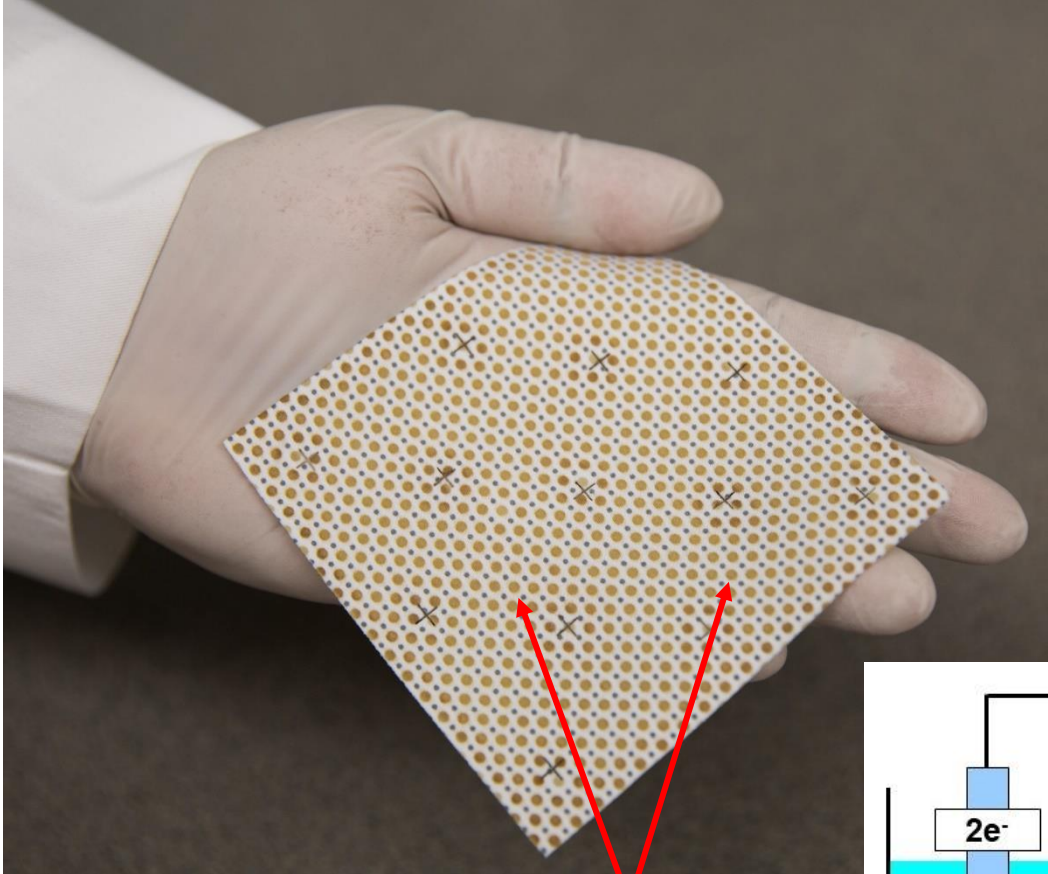
Intelligens egészségmegőrző textíliák

Elektrolitikusan ható antibakteriális sebtapasz felépítése

- az időskorban gyakoribb **sebképződéseknél** különösen fontos a **bakteriális biofilm kialakulásának elkerülése**, a fokozott kockázatú **szövődmények megelőzése** céljából
- egy új módszerrel **nem kémiai hatóanyagokkal**, hanem egy **fizikai hatás** bevetésével akadályozzák meg a fertőződést
- a ragtapsz sebbel érintkező szövetszerű felületére **apró cink- és ezüstalapú pöttyszerű nyomokat** visznek fel
- a **sebnedvek hatására gyenge elektromos mező** alakul ki (természetesen áramforrás nélkül), ez **zavarja a mikrobiális gazdaszervezetek kölcsönhatását**, azaz az **elektromos impulzusokon alapuló kommunikációjukat** ellehetetleníti
- így **nem alakul ki a szövődményveszélyes biofilm**, felgyorsul a **sebzáródás**
- a speciális antibakteriális sebtapasz azért is előnyös, mert a **gyógyszer-rezisztencia szóba sem jöhet**

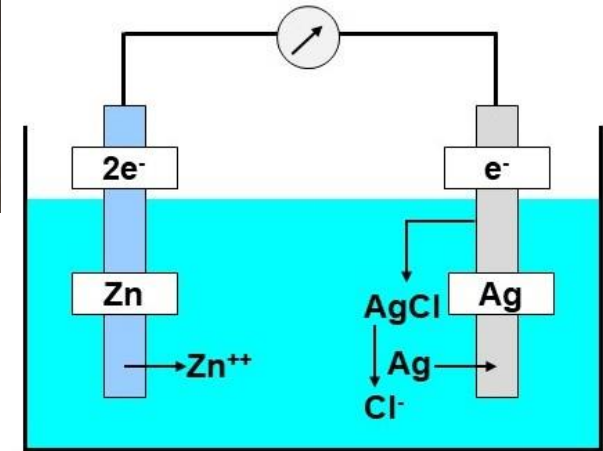


Elektrolitikusan ható antibakteriális sebtapasz



cink (Zn) és ezüst (Ag) „pöttyök”

gyenge
elektromos
mező



Intelligens harisnya nanotechnológiával



a sportolónál is használatos lehet

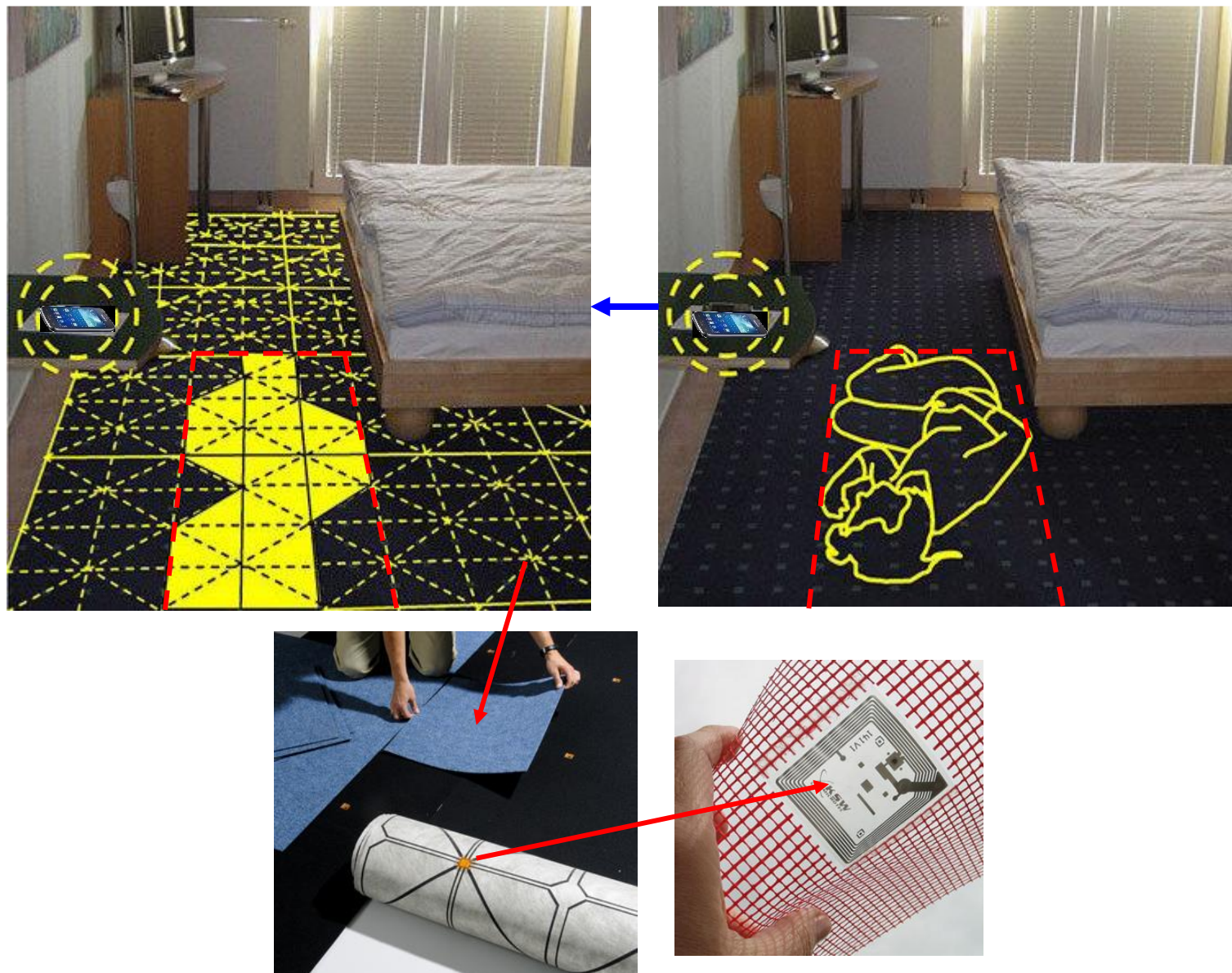
- az emberi hajszálnál is vékonyabb **elektromosan vezető** huzal; a fonal belseje egy **40 mikrométer vastag rézszál**, ezt **0,8 mikrométer vastag ezüstréteg** borítja és kívül még egy **néhány mikrométer vastagságú poliészter bevonat** is van
- pl. az **úrhajósok** olyan harisnyát kapnak, amelyekbe **szenzorokat** és **EMG** [electromyographia – a **vázizmok** (akaratlagosan szabályozható működésű izmok) ún. **motoros egységeinek működéséről** ad felvilágosítást] műszert építenek
- az **intelligens harisnya** információkat szolgáltat a **vér oxigénszintjéről**, az **izmok állapotáról** a földi irányításnak, de kijelzők segítségével a **zokni világít**, ha gond van

Intelligens textilalapú padlóaljzat felépítése, működése

- az intelligens padló **képes érzékelni** egy azon **fekvő személyt**, ill. kommunikálni a segítség érdekében
- a speciálisan kialakított, **integrált mikroelektronikával** és **szenzorokkal** felépített textil alapú aljzat, **bármilyen típusú padlóburkolat** (pl. szőnyeg, PVC, laminált fa stb.) **alatt** elhelyezhető
- az így összetett padló a rajta **áthaladó személyről**, annak **mozgási irányáról érzékelő jeleket** vesz, az **információk** a külön áramforrással működtetett **vezérlőegységbe** kerülnek
- a rendszer **különbséget tud tenni** a **padlón álló helyzetű**, ill. így **mozgó**, valamint a **fekvő személy** között
- a segítség érdekében vezeték nélküli **mikrohullámú kommunikációval** (Wi-Fi) automatikusan **riasztás indul mobiltelefonon** keresztül
- az ún. érzékeny padló akár **több személy mozgását is** képes követni szintén a biztonságot növeli, hogy beállítható, miszerint **sötétben** a **padló érintésekor bekapcsol** a helyiség **világítása**



Intelligens textilalapú padlóaljzat



az „érzékeny padlón” **elesett személy érzékelése** és a **segítség riasztása**

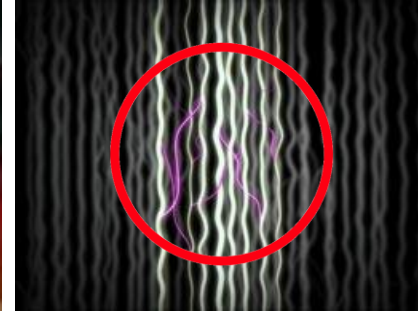
Mozgás érzékelésre alkalmas textíliák



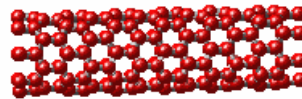
a ruházatok és kiegészítők érzékelik a **mozgást** és a **testhelyzetet** a beépített **piezo-rezisztens szenzorok** segítségével



A mesterséges izom nanocsövek „beépítésével”



a nanocső-köteg **feszítés közben** is tökéletesen **képes csavarodni**
a **villamos feltöltést** a **szén-nanocsövek** teszik lehetővé



Példa az intelligens monitorozó ruházat elvi felépítésére



egészségi kockázat miatt fokozottan érzékeny személyek (pl. krónikus szív- és érrendszeri betegek) **folyamatos monitorozása**, **vészhelyzet elkerülésére** beavatkozás azonnali kapcsolattartással

Szívműködést kísérő elektromos impulzusokat közvetítő póló

- speciális textiltermékben elhelyezett **bioelektródák** közvetítésével a **valós idejű emberi elektrokardiogram** közvetlen - orvosi közreműködés nélkül - **megjeleníthető**, mérhető a **szívfrekvencia**
- ennek érdekében a megfelelő, **nano szálanyagot vezetőképes polimerrel** vonják be
- ameddig a ruházatok **hagyományos szálanyagai kb. 10 μm** (mikrométer, 10^{-6} méter) vastagságúak, a **nanoszálak kb. 0,7 μm átmérővel** rendelkeznek; a rendkívül finom, **vékony szálak** bőrhez való **tapadása** lényegesen jobb, továbbá a bevonatos szálak közötti rések kitöltésével a **biomedicinális jelek stabil mérése** valósítható meg
- csekély nyomóerővel a bőrfelületre tapadó, **hordható érzékelést biztosító bioelektródák** egy jó légáteresztőképességű, rendkívül **rugalmas anyagú**, ún. **belső pólóba** vannak ágyazva, így a különböző alkatú emberi testen könnyen viselhetők, a **mozgásokhoz alkalmazkodó** kivitelezésben
- póló és beágyazott tapadóelemei olyan felépítésűek, hogy nagy **nedvességmegtartó képességgel** rendelkeznek, így folyamatosan **csökkentik az emberi test érintkezési elektromos ellenállását**

EKG közvetítő

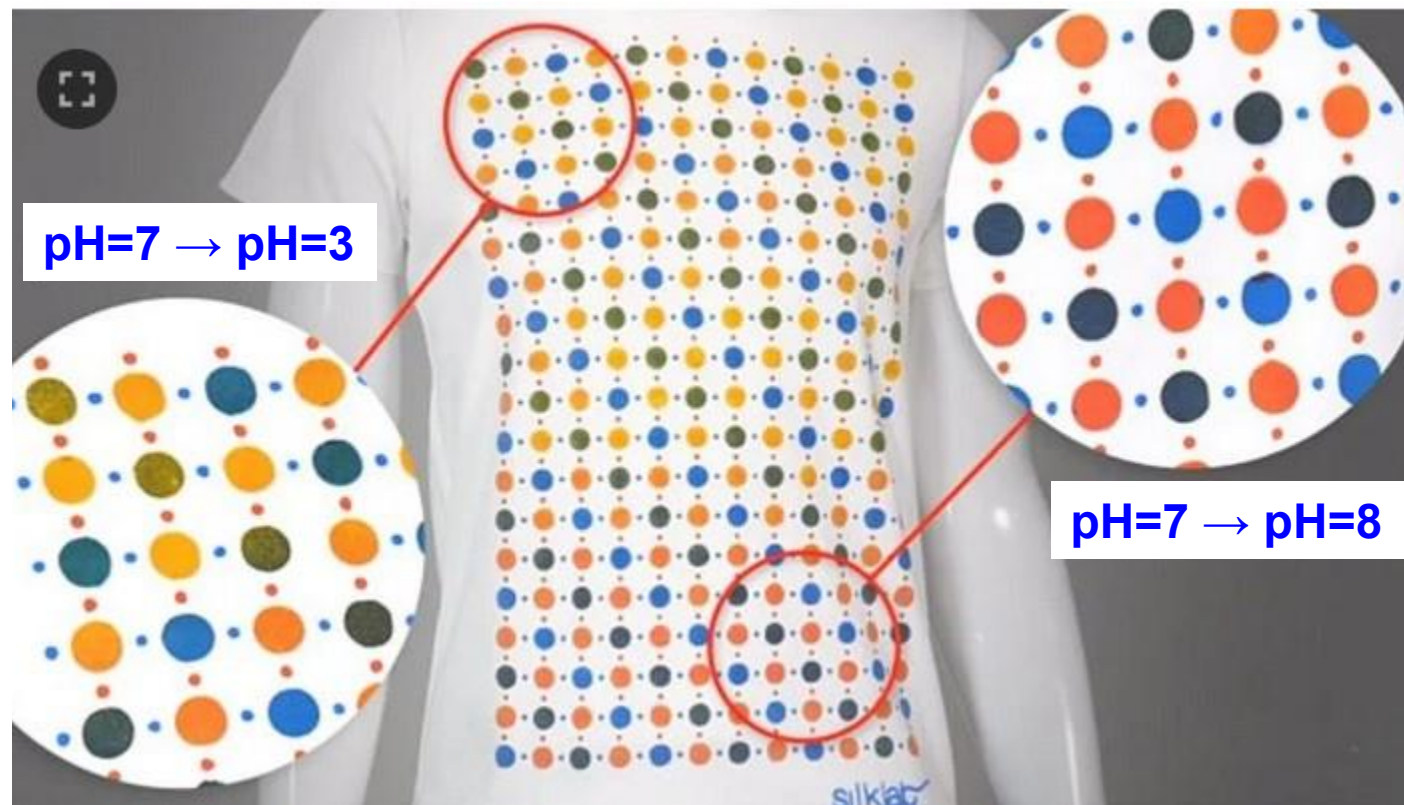


Formamemóriás, alakemlékező sportruházatok

- a **forma-memóriás kötött felsőrész** viselőjét kontrollálni lehet, hogy az előírt **testedzési gyakorlatot** maradéktalanul **végrehajtotta-e**
- az alakemlékező ruházat segítségével elemezhető a mozdulatelemek szabályossága
- az ilyen cikkek textilfelületeit **piezoelektromos-fólia bevonatú szálak** építik fel: a **szálasanyagra ható igénybevétel változással** együtt az **elektromos feszültség is módosul**, az így **regisztrált jelek** adnak lehetőséget a **testmozgások kiértékelésére**



Bioaktív tintákkal digitálisan nyomott textiltermék a pH nyomon követésére

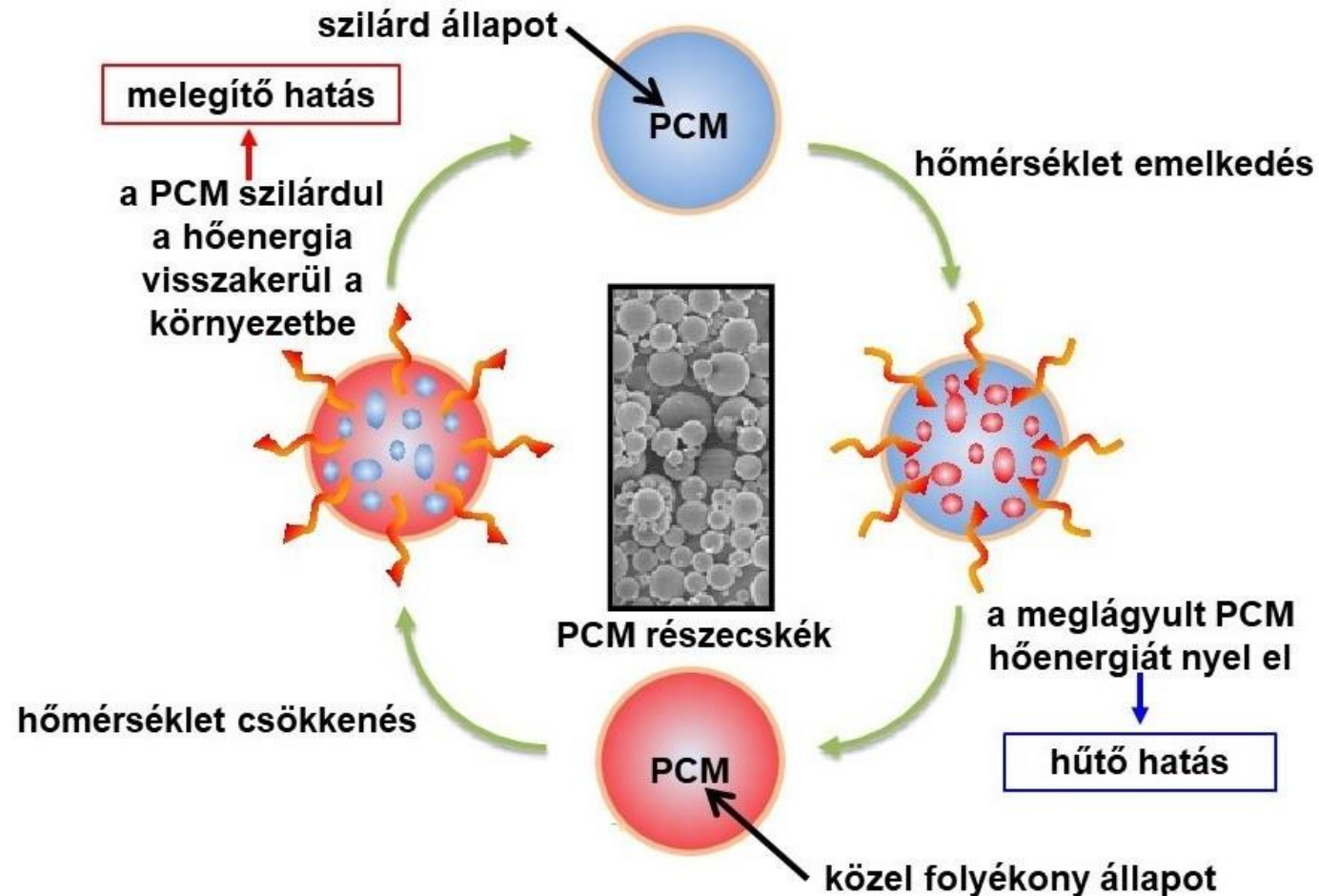


bioaktív tintákkal digitálisan mintázott termék
színváltoztatással figyeli a testet és a környezetet, pl.
a bőr pH változását

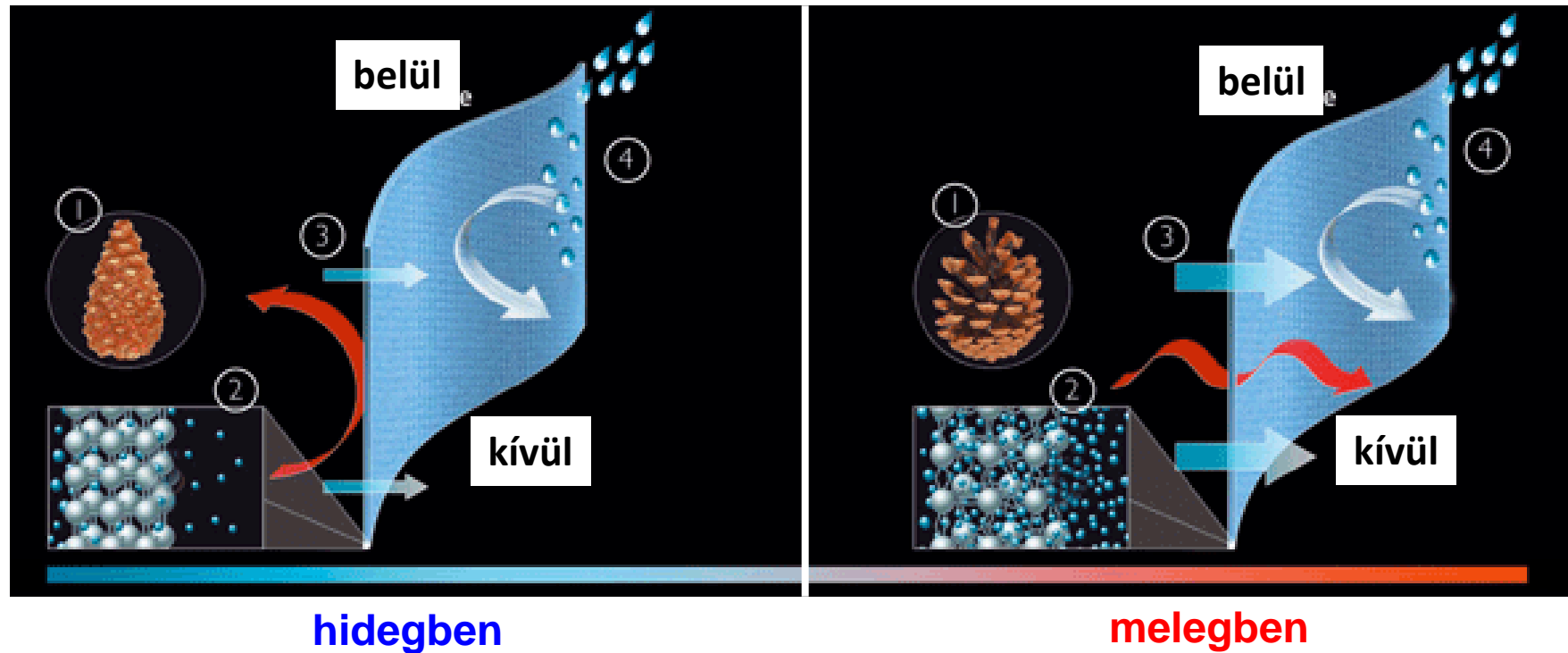
Egyéb funkcionális intelligens textíliák

Hőszabályozó ruházatok anyaga

- a **PCM**-ek jelentős mennyiségű hőenergiát képesek elnyelni a **halmazállapot változás** során, átmenetileg tárolni, majd a környezeti változásokhoz igazodva ezt a **látens hőt** leadni (fordítva pedig hőelvonással képesek hűtő hatást biztosítani)
- ezzel az **emberi test homeotermikus optimumnak** megfelelő hőfelvételi és leadási folyamat folyamatosan fenntartható



A c-change membrán a fenyőtoboz alapján (bionika)



- előre beállított hőmérsékleten a membrán megakadályozza a levegő átjutását a mikroklímából
- ezen hőmérséklet felett a membránszerkezet lehetővé teszi a levegő átjutását

Színét változtató ruházatra példa



a ruházat színe megváltozik viselet közben, reagálva a fényre, a hőre és a súrlódásra



Példa a hordható elektronikára



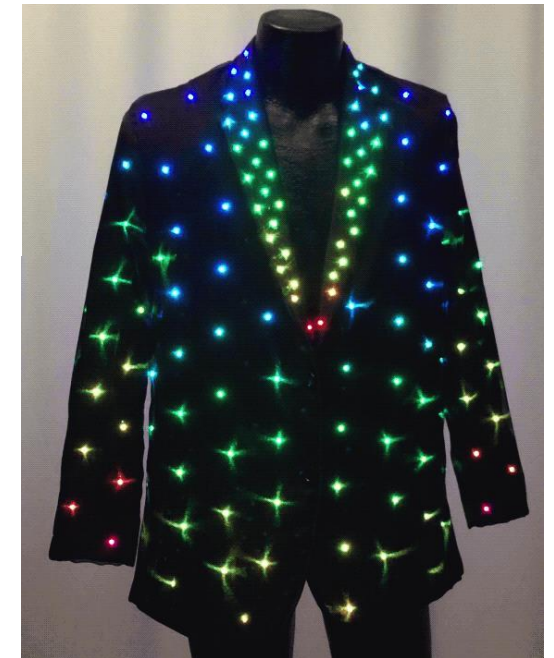
- a nagy kiterjedésű hálózatokon keresztül a **ruházat** is képes **kommunikálni**
- a **pikonetek** - az **emberi test körüli mikrokommunikációs** hálózatok - segítségével a kommunikáció újabb területeken működik
- **személyes adatok, digitális pénztárca és útleveél** is feltölthető lehet

Példa a smart divatruházatra



a ruha **integrált LED-display** és szenzor/vezérlőegység segítségével **fényjátékkal** követi a test mozgását

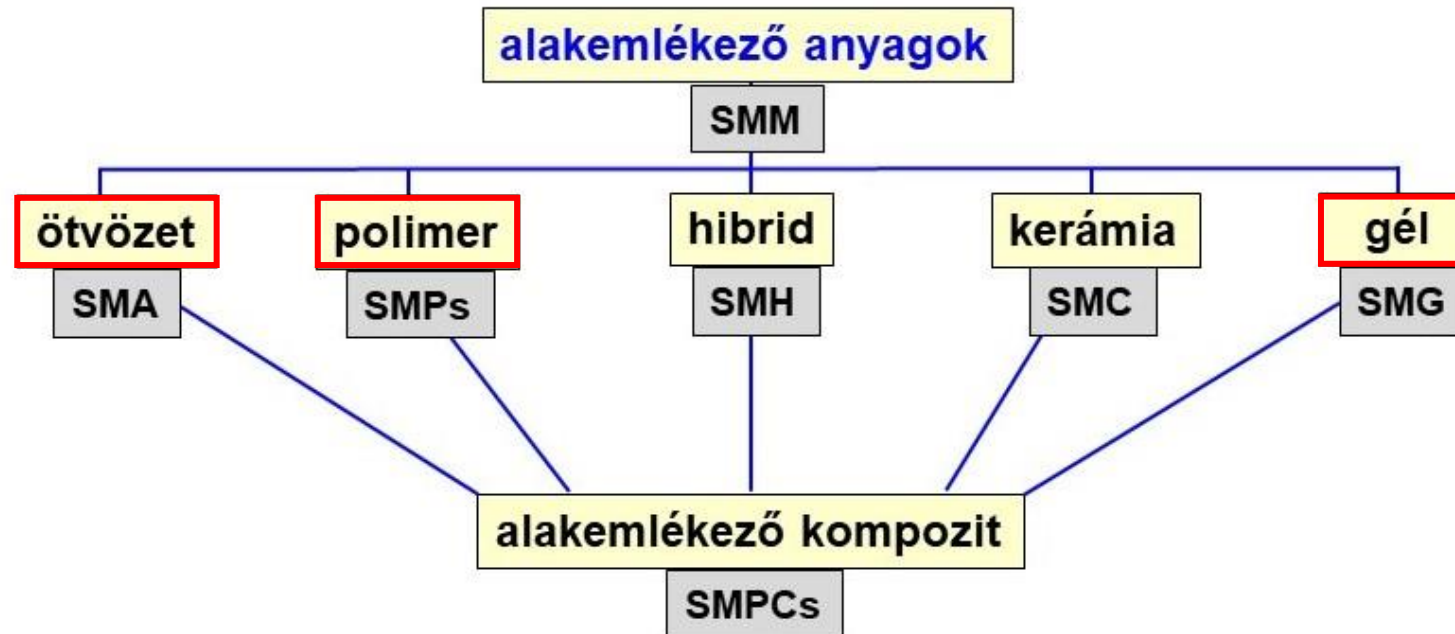
a textíliára laminálással felvitt **nyomtatott áramkör** nyújtható kapcsolótáblája segítségével



Alakemlékező textíliák

Alakemlékező anyagok

- az alakemlékező, ún. formamemóriás **intelligens anyagok** képesek megjegyezni és helyreállítani a **programozott formát**, a **deformáció aktiváláskor** és **külső inger hatására**
- az ilyen alkalmazások többek között megfelelő **ötvözetből** ill. **polimerből** állnak, ugyanakkor **hibrid, kerámia** és **gél** változatuk is ismert



az alakemlékező anyagok csoportosítása

Alakemlékező ötvözetből készült pálcával demonstratív kísérlet



alakemlékező ötvözetből készült pálcá



átmeneti rugalmas, hurkos alakváltoztatás



az egyenes pálcá folytonos bevezetése a hűtőtartályba



a hűtésre deformálódott pálcá kiemelése



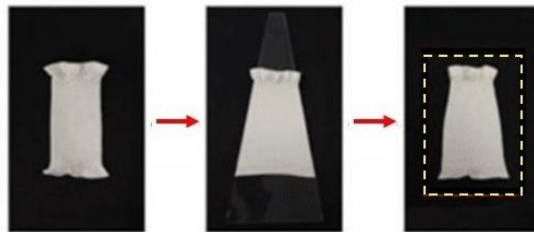
a deformálódott pálcá kezdődő visszaalakulása



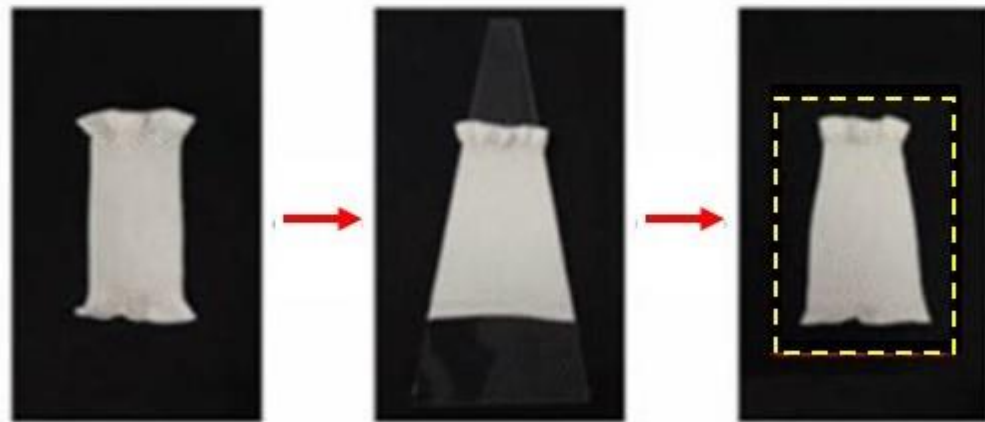
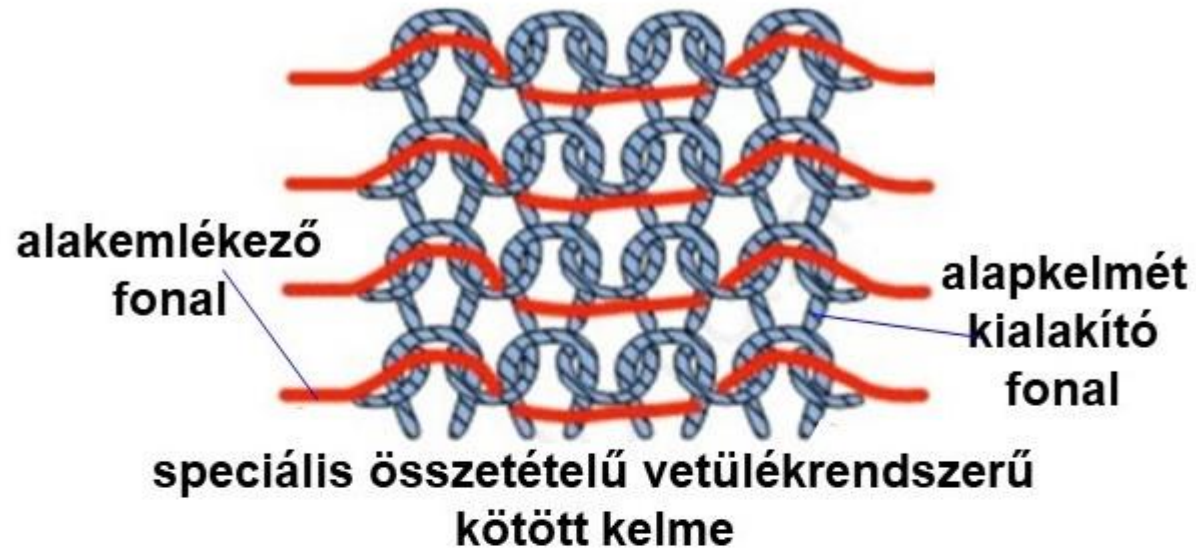
a pálcá közelítése teljes a visszaalakulás állapotába

Formamemóriás textil alkalmazások

- az alakmemóriás polimerek képesek rögzíteni az ideiglenesen programozott alakot, és külső ingerek hatására helyreállítani az eredeti formát
- ezt a képességet az intelligens textíliák fejlesztésére úgy is alkalmazzák, hogy ilyen részeket építenek be a kelmébe
- a hőre, fényre, pH-változásra, mágneses energiára, elektromos tér hatására és nedvességre reagáló anyagokkal ellátott textíliákban intelligens tulajdonságok fokozására ill. elérésére van mód (egyedi esztétikai megjelenés, a környezeti feltételek szélsőséges változásai elleni védelem stb.)
- az alakemlékező anyagok a textilekben való alkalmazásával meghatározó a hő- és nedvességszint változásaira való reagálóképesség is elérhető
- többek között egyedi ruhákban is használhatók, amelyek könnyen átalakulhatnak bőből szűk szabásúvá
- olyan kompressziós ruhadarabok létrehozására is alkalmasak, amelyek kezdetben bő szabásúak és könnyen felvehetők, amelyek később összezsugorodhatnak, és szorosan illeszkednek viselőjéhez



Az alakemlékező kelméből készült termék önmagát testre szabja



**az alakemlékező kelméből készült
termék önmagát testre szabja**

Pamutszövet gyűrődésmentesítése, intelligens nedvesedése funkcionális hidrogéllal

gyűrődésmentesítés

- a **formamóriás anyaggal** kezelt - egyébként **gyűrődésre hajlamos** - pamutszövetek **gyűrődésfeloldódó képességgel** rendelkeznek, miután a szál felépítő **láncmolekulák közötti hidrogénkötések nem szakadnak fel az alakváltoztató erők hatására**; így **reaktív műgyanták alkalmazása nélkül elérhető a tulajdonság**
- a pamutkelmék mellett a **gyapjuszövetek méretállandósíthatók**, mert a bevonat a **pikkelyes szálfelületet lezárja**, így **elkerülhető a káros nemezelődés**

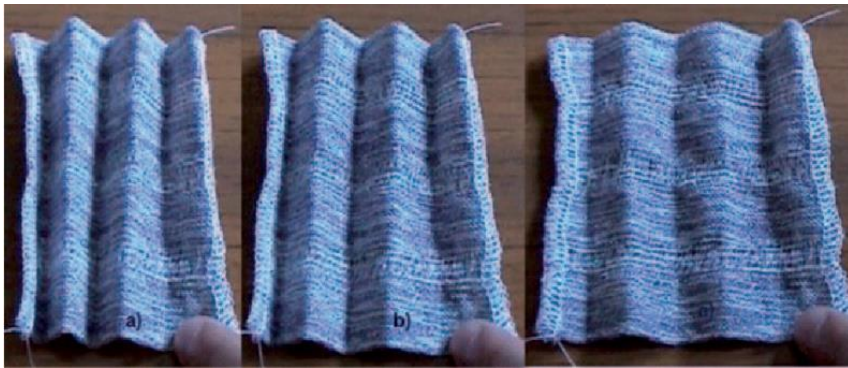


intelligens nedvesedőképesség elérése

- pl. a **poli-N-izopropil-akrilamid** (pl. PNIPAAm) - mint **hidrogél** - egy **hőmérsékletre érzékeny térhálós polimer**, amely **vízben oldódik**
- ugyanakkor, ha az oldatot a **zavarosodási pontja fölé melegítik**, az oldható **hidratált állapotból oldhatatlan dehidratált állapotba** kerül
- tekintve, hogy az **emberi test hőmérsékletéhez közeli hőmérsékleten (32-34 °C-on) dehidratálódik**, lehetővé teszi a **hőmérséklet-érzékeny higroszkópos textíliák előállítását**
- **magasabb hőmérsékleten bekövetkezik a gél zsugorodása a hidrofób kölcsönhatások következtében**

Egyéb alakemlékező lakástextil-, és ruházati termékek

- az intelligens ablakfüggönyök előállításához is alkalmazható az alakemlékező fonalak beszövése, a szerkezet nagyobb fény esetén zártabbá válik,
- az alakmemóriás anyagok a divattervezésnél is hasznosíthatók,
- a textilanyagba beépített vékony formamemóriás huzal a hőmérséklet növekedésével deformálódik, így pl. az ebből készített a szoknya felemelkedik és a textilalapú művirág bezáródik
- a melltartók kosárrészének alsó felében elhelyezett formázó fémíveinél a szuperelasztikus **nitinol ötvözet** alkalmazása jobb kényelmet nyújt, mint a hagyományos acélanyagúak
- az alakemlékező ingujjak megrövidülnek, ha a hőmérséklet emelkedik
- kifejlesztettek olyan párnát, amely a nyak és a váll testhőmérsékletének megfelelően alakítja a formát, miután a formamemóriás habok biztosítják a test kényelmét
- a védőruházatoknál az alakemlékező funkcionális felület a hőmérséklet növekedésével kitágulva növeli a belső légréteget, az ilyen öltözék pl. fokozottabban védi a tűzoltót az égési sérülésektől



Alakemlékező ruházati termékek a divattervezésben



**a napsugárzás vagy az emberi test hőtermelésének hatására
következik be a változás**

Köszönöm szíves figyelmüket!

kutasicsa@gmail.com