

ben [15] így írt: „Találkozni akartam vele [Adolf Wüllner], mert átszámoltam vizes sóoldatok gőznyomáscsökkenésére vonatkozó eredményeit, amire ki akartam térni a tankönyvemben, és azt találtam, hogy azonos összetételű sók egyenértékű koncentrációban ugyanazt a hatást váltják ki. Ez előfutára volt Raoult munkájának, amely vizes oldatok gőznyomáscsökkenésére vonatkozott, és amiért egyedül ő kapta az elismerést. Majdnem mindig ez a helyzet, ha egy új felfedezés egy vaskos könyvben jelenik meg. A tudományos közösség hozzászólt, hogy új dolgok csak cikkekből jelenhetnek meg.”

Bizony igazi ritkaság, hogy egy tudós, aki ritkán mutatkozik a tudományos-társadalmi élet rendezvényein, csak szorgalmasan, kitartóan és célratorősen dolgozik, aki hisz abban, hogy a pontos megfigyelés és a független gondolkodás egy kutató feladata, végül világhírű lesz.

IRODALOM

[1] Erdy-Grúz T., Schay G., Elméleti fizikai kémia II. Tankönyvkiadó, Budapest, 44–85.

[2] H. C. Jones, Francois Marie Raoult. Science (1901) 13(336), 881–883.

- [3] J. H. van 't Hoff, Raoult Memorial Lecture. London Chemical Society on 26 March 1902. Journal of the Chemical Society, Transactions (1902) 81, 969–981.
- [4] H. Chisholm (szerk.), Raoult, François Marie. Encyclopaedia Britannica. Vol. 22 (11th ed.). Cambridge University Press, 1911, 898.
- [5] A. G. Morachevskii, Francois Marie Raoult (To 175th Anniversary of His Birthday). Russian Journal of Applied Chemistry (2005) 78, 856–858.
- [6] E.-M. Raoult, Sur la tension de vapeur et sur le point de congélation des solutions salines. Comptes rendus (1878) 87, 167–169.
- [7] E.-M. Raoult, Loi de congélation des solutions benzéniques des substances neutres. Comptes rendus (1882) 95, 187–189.
- [8] E.-M. Raoult, Loi générale de congélation des dissolvants. Comptes rendus (1882) 95, 1030–1033.
- [9] <https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/vegy/raoult.html>
- [10] E.-M. Raoult, Loi générale des tensions de vapeur des dissolvants. Comptes rendus (1887) 104, 1430–1433.
- [11] <https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/vegy/raoult2.html>
- [12] E. Beckmann, „Modifikation des Thermometers für die bestimmung von Molekulargewichten und kleinen Temperaturdifferenzen.”. Zeitschrift für physikalische Chemie (1905) 51, 329–343.
- [13] E. Beckmann, Bestimmung des Molekulargewichts aus Siedepunktserhöhungen. Zeitschrift für physikalische Chemie (1889) 3, 603–604.
- [14] E. Beckmann, Studien zur Praxis der Bestimmung des Molekulargewichts aus Dampfdruckerniedrigungen. Zeitschrift für physikalische Chemie (1889) 4, 532–552.
- [15] W. Ostwald, The Autobiography. (R. S. Jack, F. Scholz szerk.) Springer, 2017, 103.

Kutasi Csaba

Miért ráz a ruha?

A textíliák elektrosztatikus feltöltődésének oka, hatása és a védekezés lehetőségei

Sztatikus elektromosság akkor lép fel, ha az elektromos töltések nincsenek egyensúlyban egy anyagban vagy a felületén. Az egyensúlyt elektromos áram, elektromos kisülés állíthatja helyre. Amikor kétféle felület érintkezik, súrlódik egymással, majd elválik egymástól, elektronok lépnek át egyikből a másikra, és az egyik felület pozitív, a másik negatív töltésű lesz.

A két különböző anyag összedörzsölésekor kiváltott hatást triboelektromos hatásnak nevezik. (A triboelektromos kifejezés görög eredetű, a „tribo” tag a dörzsölésre, az „elektromos” a borostyánra – elektron – utal.) A triboelektromos hatás a mindennapi életben megfigyelhető statikus elektromosság fő oka (1. ábra).

1. ábra. Példa elektrosztatikus feltöltődésre

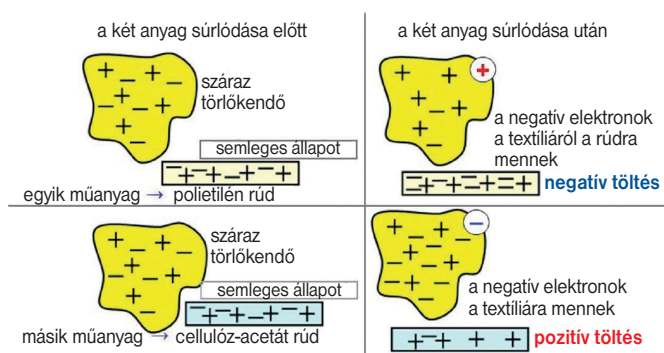


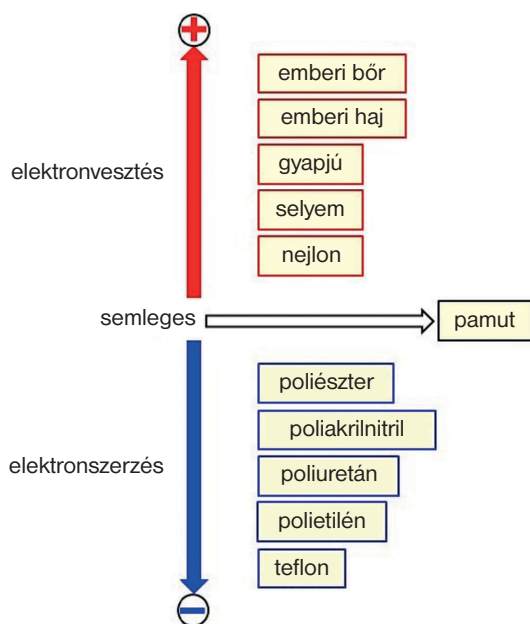
műanyag csúzda szintetikus ruházat

Az elektrosztatikusan érzékeny eszközök – például integrált áramkörök – gyártása során akár 5 V feszültség is a *tönkremenetelüket* okozhatja. Egyébként az emberek a „fő generátorok”, így 10–20%-os relatív légnedvességű térben a padlószőnyegen áthaladó személy akár 35 000 V-ot, a padon ülő dolgozó pedig 6000 V-ot generálhat, de mivel kisüléskor nagyon kicsi az áramerősség, az ember számára nem jelent veszélyt.

A szálanyagok döntően kiváló elektromos szigetelők, ezért elterjedt a villamos ipari alkalmazásuk is. Ezeknek a *dielektrikumoknak* (amelyek kevés szabad töltéshordozót tartalmaznak) a fajlagos ellenállása $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ -nél nagyobb. A szigetelők fontos jellemzője a permittivitás (dielektromos állandó) is, amely megadja, hogy hányszorosára nő egy kondenzátor kapacitása, ha fegyverzetei közé a vákuum helyett ilyen anyag kerül. A szálanyagok kedvező szigetelőképesége ugyanakkor – az anyagminőségtől, felvitt adalékoktól függően – változó mértékű elektrosztatikus feltöltődéssel párosul. Ez a hatás nemcsak a feldolgo-

2. ábra. Töltésmegoszlás két anyag összedörzsölése során





3. ábra. Néhány anyag triboelektromos tulajdonsága

zásuk (pl. fonás) során, hanem a textiltermékek használatakor is problémákat, kellemetlenségeket okoz. Amennyiben a szigetelő jellegű anyagokat *dörzsölésnek, nyomásnak, érintkezésnek és szétválasztásnak* teszik ki, úgy a töltések megoszlanak (ahogy már utaltunk rá), és a két anyag azonos nagyságú, de ellentétes töltést mutat. Az így kialakuló töltésfelesleg rövidebb-hosszabb ideig megmarad (2–3. ábra).

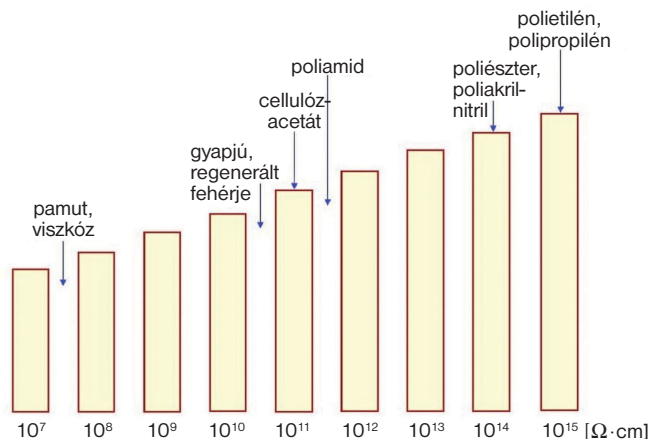
A szálanyagok feltöltődése

Szárazabb légtérben a szálanyagok vezetőképessége kismértékű, ezért a *töltésfelesleg* tovább megmarad. Nagyobb relatív légnedvesség esetén viszont növekszik a textíliák elektromos vezetőképessége, így fokozódik a töltéselvezetés (a töltésvesztés nagyobb).

A természetes eredetű szálanyagok optimális nedvességtartalmú közegben csekély elektrosztatikus feltöltődést mutatnak, viszont a mesterséges – főleg *szintetikus* – textilipari nyersanyagok számottevő sztatikus elektromosságot produkálnak. Utóbbi a rendkívül kicsi vezetőképességgel függ össze. Megjegyzendő, hogy 65% relatív páratartalmú légtérben a cellulózsálak fajlagos elektromos ellenállása 10^5 – $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, a gyapjúé kb. $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ (azonban amfoter jellege következtében a feltöltődés nem jelentős), a szintetikus szálaké 10^{10} – $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$.

A *nagy ellenállású szálak* erőteljesebben töltődnek fel sztatikus elektromossággal, mint a kisebb ellenállásúak. A zárt szerkezetű, kismértékű vízfelvételre képes szálanyagokra (pl. cellulóz-triacetát, poliészter, poliakrilonitril, polivinil-klorid stb.) főleg a negatív feltöltődés jellemző, a kedvezőbb nedvességfelvételre képesek (pl. gyapjú, egyes poliamidok stb.) pozitív töltést mutatnak. A szálanyagot felépítő láncmolekulák kémiai hovatartozása mellett az egyéb jelen levő vegyületek (szálbevonati anyagok, színezékek, elektrolitok, kikészítési segédanyagok stb.) befolyásoló hatása is számottevő. A színezővegyületek esetenkénti töltésfelesleg-növelő hatása egyértelmű, például egyes színezékek magasabb koncentrációjú alkalmazása akár több tízszeresére növelheti a kelme fehér állapotú feltöltődési képességét (4. ábra).

A feltöltődés tehát számos kellemetlen hatással párosulhat a termékek feldolgozása és használata során. A textilanyagok felületén nem egyenletes a sztatikus töltés eloszlása, akár pozitív és



4. ábra. A szabványos légkörben tömegállandóságig pihentetett különböző szálanyagok fajlagos ellenállása

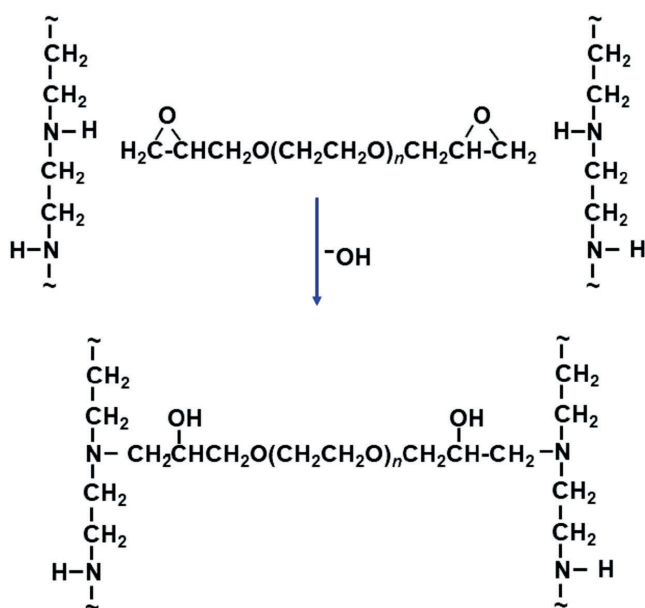
negatív töltésű területek is előfordulhatnak. A textíliák legnagyobb *töltéssűrűsége* $3,3 \cdot 10^{-9} \text{ C/cm}^2$ alatti ($\text{C} = \text{coulomb}$, az elektromos töltés mértékegysége), amelynek kialakulásakor már *fényjelenséggel* járó kisülés következik be (a mikroamperes nagyságrendű áramerősség miatt csekély hatású). A gyártás során a töltésfelesleggel bíró szálak egymást taszítják és borzolódnak, a töltéssel teli anyagrétegek nemkívánatosan elmozdulhatnak, valamint az arra hajlamos kötött kelmék szélbesodródási hajlama fokozódik. A feldolgozási műveletek során bekövetkező elmozdulások számos hiba forrásává válnak. A szintetikus alapanyagú multifilamentek és kis sodratú filamentfonalak mintegy felfúvódnak (a szálak körüli elektromos mező hatására az ágak szétválva eltávolodnak). A jelentősen feltöltődő nyersanyagú textiltermék a viseléskor fokozottan magához vonzza a szennyezőanyagokat, továbbá az így rákerült idegen szál- és fonaldarabokat nehéz eltávolítani. A feltöltődött kelmerek erőteljesen egymáshoz tapadnak, az erővel szétválasztott textíliafelületek szikrázhatnak. Az elektrosztatikusan aktív, töltésfelesleggel rendelkező textilanyaghoz hozzáérő személyt önmagában *veszélytelen* – ugyanakkor ijesztő hatású – áramütés éri, ebből egyéb veszélyhelyzetek (pl. hirtelen mozdulat), kellemetlenségek származnak.

Az elektrosztatikus feltöltődés kezelése

Az elektrosztatikus feltöltődés megakadályozására és mértékének csökkentésére a gyártóműveletek során a szálanyag és a környező levegő *vezetőképességét* növelni kell, és a szálfelület sűrűségi tényezőjét is célszerű csökkenteni. A jobb vezetés érdekében a környező légtér vezetőképességét a relatív légnedvesség fokozásával vagy ionizálással növelik. Előbbi klimatizálással vagy ennek hiányában légnedvesítő berendezéssel érhető el, utóbbihoz koronakisülést előidéző berendezés (pl. egy rúdon elhelyezett hegyes tűk ionizáló hatása alkalmas). Az elektrosztatikus feltöltődés csökkentése – a vezetőképesség növelése – érdekében már a szintetikus szálak gyártásakor is be lehet avatkozni. Főleg olyan adalékok kerülnek a szálképző anyagba, amelyek kötődnek a polimerláncokhoz és szabadon maradt, funkciók részük vízmegkötésre alkalmas. A *bikomponens* (kétféle szálképző anyagból készülő) szálváltozatoknál a megfelelő vezetőképességű magot veszi körül a szintetikus polimer rész. A szálakra felvitt fémbevonatok (réz, ezüst stb.) kiváló vezetőképességet biztosítva fejtenek ki aktív antisztatizálást. A nagy elektromos ellenállású szálanyagokból készülő fonalak testébe bedolgozott fémháló hatékonyan gátolja a töltésfelesleg kialakulását.



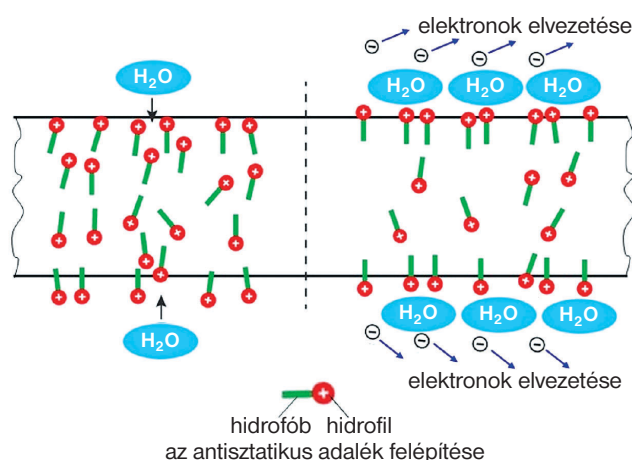
A textiltermék használata során fellépő elektrosztatikus hatások csökkentésére/megakadályozására a szálasanyag felületére utólag felvitt *antisztatizáló* készítmények főleg higroszkópos anyagok és elektrolitok keverékei alkalmasak (amelyek a levegőn nem száradnak ki, inkább elfolyósodnak); ezek színtelenek, szagtalanok és az egészségre veszélytelenek. Így – a nem mosásálló hatások elérésére – többek között alkalmas szervesetlen sókat (lítium-klorid stb.), sztearátokat, glicerint, egyes polioxi-etilénlikol-éter vegyületeket használnak. Amennyiben a lágyító és antisztatizáló hatás együttes érvényesülése fontos, úgy ásványi és növényolajokat és a vezetőképességüket növelő felületaktív anyagokat alkalmaznak. Tartós hatást oldható, polietilén-oxid-szegmenseket tartalmazó térhálós *poliaminokkal* lehet elérni, mert a polielektrolit mozgékony ellenionja és a víz optimális elektromos vezetést biztosít (5. ábra).



5. ábra. Polietilén-oxid-szegmensekkel térhálósított poliamin

Lényeges kritérium, hogy a kikészítőszer a szál felületére rakódjon (miután a töltésfelesleg is itt koncentrálódik) és tartósan ott maradjon. Az antisztatikus adalék molekularéteget képez a határfelületen, polárossá teszi felületet. Ez magához vonzza a nedvességet a környezetből, és molekuláris vízréteget biztosít a felületen, így a nedvesség felhalmozódása segít elvezetni a feltöltődést. Amennyiben a tároláskor és az idő múlásával a hatást ki-

6. ábra. Az antisztatizáló vegyi anyag hatásmechanizmusa

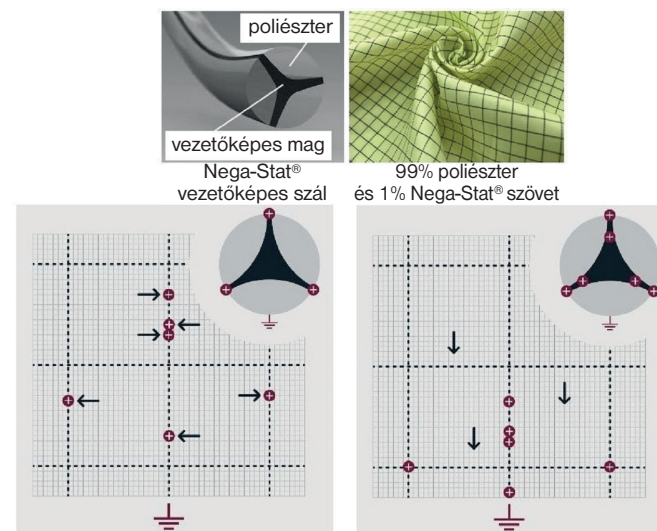


fejtő vegyület a szál belsejébe vándorol, úgy az antisztatizáló képesség romlik. Külön megjegyzendő, hogy a cellulóزالapú szálasanyagok (amelyek a szintetikus szálak melletti keverőkomponensként gyakoriak) használati tulajdonságait javító térhálósító kikészítések anyagai (*műgyanták* mint szigetelőanyagok) fokozzák a textílianyag elektrosztatikus feltöltődési hajlamát (6. ábra).

Védőruhák, tárgyvédő munkaruházatok

Az elektrosztatikusan vezető védő- és munkaruházatok a tűz- és robbanásveszélyes területeken (pl. olyan gázelegyek közelében, amelyiket egy szikra begyűjthet), valamint egyes további iparágakban (pl. mikroelektronikai alkatrészgyártás) káros kisülések elkerülésére alkalmasak. A megfelelő textíliák *vezetőképessé* szálak/fonalak bekeverésével készülnek. Olyan kelmeanyagokat állítanak elő, amelyekben például rácsszerűen elosztva vannak jelen vezetőképessé fonalak. Ezek távolsága a 10 mm-t nem haladhatja meg, az ilyen kelmefelület ellenállása nem lehet nagyobb 10⁹ Ω·cm-nél.

A gyűjtő kisülések elkerülése érdekében az elektrosztatikus töltéseket levezető védőruházatot vezetőképes szálakkal/fonalakkal kiegészített textíliákból készítik. A *Nega-Stat®* szálakat például egyedi, trilobális alakú vezetőmaggal képzik, amelyet poliészter réteg burkol (7. ábra).



7. ábra. Töltéselvezetés vezetőképes szálát tartalmazó szövettel

A kelme alkalmasságát (disszipatív) a felületi ellenállás és töltéscsillapodás méréseivel kontrollálják. Az MSZ EN 1149 *Elektrosztatikus tulajdonságok mérése* tárgyú szabványsorozat tartalmazza a különböző vizsgálati eljárásokat. Az ilyen védőruházatok esetében csak a külső borítóanyagnál fontos az *antisztatizáló képesség*, a bélések és aláöltözetek anyaga esetében nincs ilyen követelmény. Például a petrokémiai iparban dolgozók, benzinkutasok védőruházatában az elektrosztatikus töltések levezetése mellett lényeges a *lángthatás elleni* védelem is.

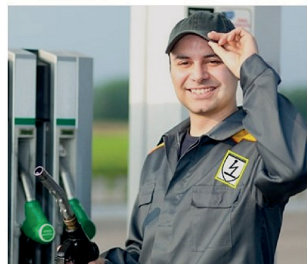
Az elektrosztatikus kisülést levezető, ún. *tárgyvédő munkaruházat* egy- vagy kétrészes lehet, de mindig alkalmasnak kell lennie a test, a karok és a lábak befedésére. A munkaruházat anyagának vezetőképes fonalainak közvetlenül kell érintkezniük az emberi bőrfelülettel (pl. nyaki részen, csuklónál, nadrágszárvégeknél). A kizárólagosan vezetőképes beszövésű, (pl. szénszállal) vezetővé tett szövetből készült köpeny önmagában nem elégíti ki a védőruházati követelményeket. Többek között fontos, hogy az



öltözék a ruházat alsó rétegeit teljesen befedje, továbbá a kétrészes védőruhadarab zubbonya annyira fedje a nadrág felső részét, hogy a viselő személy lehajlásakor se forduljon elő fedetlen felület. Az elektrosztatikus kisülés angol elnevezése (electrostatic discharge) alapján ezek *ESD-ruházatként* is ismertek. Az MSZ EN 61340 *Elektrosztatika* tárgyú szabványsorozat foglalkozik döntően a különböző mérési módszerekkel. Természetesen lényeges az elektrosztatikus képességű öltözékek esetén a viselet, illetve viselő földelése (flexibilis elektromos vezetővel be kell kötni EPH – egyenpotenciálra hozó – hálózatba), és fontos a lábbeli, a padozat, a munkavégzéshez szükséges bútorok/eszközök hasonló képessége is (8–10. ábra).



elektrosztatikus kisülés ellen védő munkaruházat



elektrosztatikus töltéseket levezető munkaruházat

8. ábra. Példa a munka- és védőruházatokra

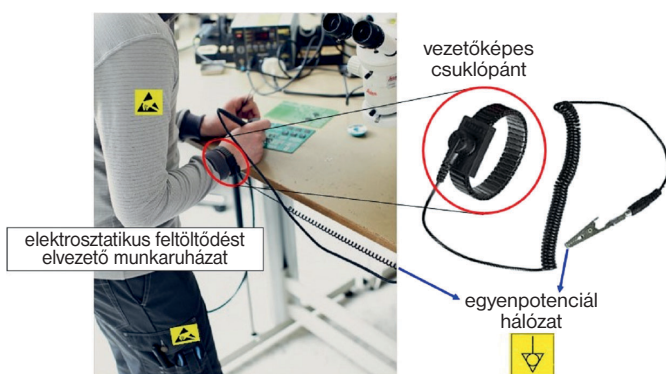


ESD (Electrostatic Discharge)
elektrosztatikus kisülések
elleni védelem



EPA
(Electrostatic Protected Area)
ESD-védett terület

9. ábra. Védelmi jelzések



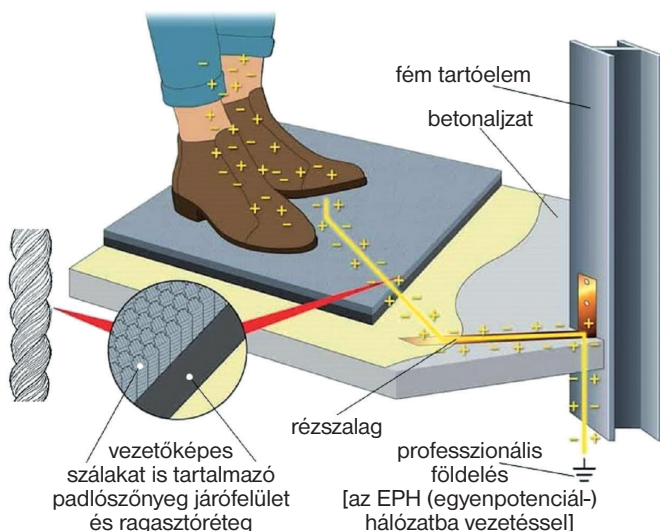
10. ábra. Munkavégzés ESD-védett területen (EPA)

Padlászőnyegek feltöltődése

A textilanyagú járófelülettel rendelkező padlóburkolatok esetében előtérbe kerül a hatékony antisztatizálás igénye. A padlászőnyeg járaskor, tárgyakkal való érintkezéskor olyan igénybevételek érik, amelyek *töltésmegoszláshoz* vezetnek, ahogyan már utaltunk rá. A padlászőnyegek főként fonaltűzéssel, tűnemezeléssel, esetleg flockozással készülnek, részben különböző ragasztási

technikákkal, ritkán kötéssel kialakítva. Korábban például a hagyományos poliamid szálakból képzett járófelületű szőnyegekbe vezetőképes szálak is kerültek, hogy a töltéselvezetés lehetőségét valamennyire biztosítsák. A korszerű, fokozott biztonsági képességgel tanúsított típusok (pl. számítógép-terembeli felhasználás, repülőgépen padlóborítás stb.) főrrétegét eleve vezetőképes szálakból alakítják ki. A felületi töltéssűrűsödés enyhítése érdekében olyan bikomponens szálakat fejlesztettek ki, amelyek háromágú, mintegy küllős magprofilú *szénsszálból*, kopásálló szálasanyagú köpennyel kialakítva készülnek. Az említett szénsszálmag éles hosszirányú végződéseinek vonalai mentén érvényesülő csúcs-hatás hatékonyan vesz részt a sztatikus elektromosság – *szikraképződést gátló* – elvezetésében. A feltöltődéssel kapcsolatban megemlítendő, hogy a terem relatív légnedvesség-tartalma fontos befolyásoló tényező (pl. a padlászőnyegen járáskor 10–20% páratartalom esetén 35 000 V, 65–90 % páratartalom esetén 1500 V feszültséggel kell számolni). A padlászőnyegek antisztatizáló képességét több kategóriába soroltan minősítik. A legegyszerűbb és minimális eredményt elérő változatnál a padlón járó személyt nem érheti 20 000 V-nál nagyobb kisülési feszültség (természetesen a rendkívül kis áramerősség következtében ez a hatás csak kellemetlen, de veszélytelen). A speciális, szigorú kritériumoknak megfelelő változatok sokkal hatékonyabbak. Ezeknél nemcsak a szálak optimális vezetőképpessége szükséges, hanem a vezetőképes ragasztók (aktív szénsszálak vannak a diszperzióban) alkalmazása is lényeges. A burkolat *részszalagos* alátámasztása és bekötése útján tökéletes töltéselvezetést kell megvalósítani. Ilyenek kerülnek például a mikroelektronikai és gyógyszeripari tisztárterbe, ahol az elektrosztatikus feltöltődés elkerülése és a szálló por előfordulásának kizárása alapvető követelmény. A disszipatív képességű (az elektromos energia termikus energiává alakulását és „szétszóródását” elősegítő) padlászőnyegek ellenőrző mérésekor műszeres szondát helyeznek a szőnyeg járófelületébe, mert 10^6 – $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ közötti tartományban (főleg $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ alatt) előforduló ellenállást kell elérni. A legnagyobb képességű, elektrosztatikusan „levezető” tulajdonságú textiles padlóburkolatoknál $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ alatti ellenállás a követelmény. Visszatérve a maradéktalan töltéselvezetésre, a teremben az aljzaton például átlósan lefektetett részszalagot elektromos vezetővel kell csatlakoztatni az *egyenpotenciálra hozó hálózatba* (EPH). Ennek érdekében az épületen belül minden nagy kiterjedésű fémszerkezetet, csövet be-

11. ábra. Példa padlászőnyeg földelésére



kötnek ebbe a rendszerbe, így csökkentik a veszélyes mértékű feszültség kialakulását. Ismeretes, hogy a nulla vezetőt is földelik a villamos hálózat több pontján, azonban az egy helyen becsatlakozó egyenpotenciálú EPH-vezeték nem azonos az érintésvédelmi védővezetével (11. ábra).

A textíliák elektrosztatikus feltöltődésének meghatározása

A feltöltődött textilanyagok felületén kialakuló *elektromos mező intenzitásának* méréséből meghatározható a *töltésfelesleg*. A feltöltődési hajlam a textilanyag fajlagos ellenállásának meghatározásával is becsülhető. Ennek lényege, hogy a mérendő anyagot sorbakapcsolják az ismert kapacitású kondenzátorral, ezután a kondenzátort feltöltik adott feszültségű egyenáramú áramforrással. A feltöltéshez szükséges idő mérése alapján határozható meg az egyedi fajlagos ellenállás. Textil járófelületű padlóburkolatok esetében elektromosan izolált helyiségben járási teszttel egybekötött méréssel, ponttól pontig végzett felületiellenállás- és töltéscsillapítóképeség-meghatározással folyik az ellenőrzés (12. ábra).



textilanyag ellenállásmérése

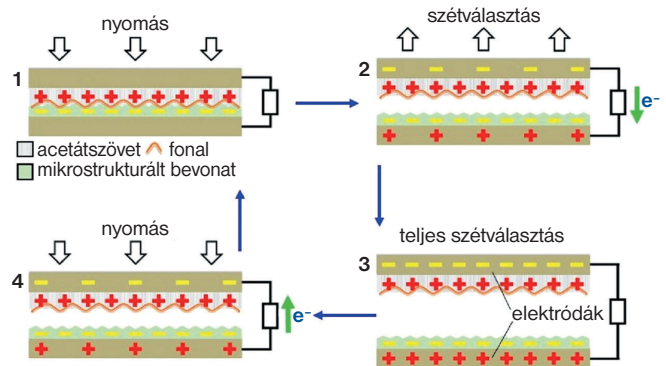


szikrakísülés
jel

elektrosztatikus feltöltődést
elvezető
védőruházatok jelölése



12. ábra. Az elektrosztatikus feltöltődést elvezető textilanyagok vizsgálata, védőruházat alkalmasságának meghatározása



13. ábra. Egy triboelektromos nanogenerátor felépítése és működése

Példa a triboelektromosság hasznosítására

Az érintkező-szétválasztó üzemmódban működő *triboelektromos nanogenerátorban* (TENG) az elektrodákra cellulóz-acetát szövetet és mikrostrukturált bevonatot visznek fel. Amikor az elektrodák nyugalomban vannak, nincs töltés az érintkezési felületen. Külső erő (pl. nyomás) hatására a textíliák negatív, ill. pozitív töltésűek lesznek. A két triboelektromos anyag *szétválásakor* az ellentétes töltések gyorsan elválnak egymástól, mozgás közben az elektrodák között potenciálkülönbség alakul ki, és az elektronok a felső elektródtól az alsóhoz áramlanak. A részfolyamatok ismétlésével több száz fénykibocsátó diódot lehet működtetni, illetve a rendszer *áramforrásként* áll rendelkezésre különböző műveletekhez (egy modellben 361,4 V maximális feszültségű és 58,2 μ A erősségű áramot előállítva) (13. ábra).

IRODALOM

- Rusznák István (szerk.): Textilkémia II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
 Jederán Miklós – Tárnoky Ferenc (főszerk.): Textilipari Kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
https://www.researchgate.net/figure/Electrostatic-properties-of-clothing-and-fabric-from-the-chair-tested_tbl3_229052351
<https://physicsworld.com/a/carbon-fibres-have-directional-electrical-properties/>
<https://www.barnet.com/products/nega-stat/>
<https://textilelearner.net/antistatic-finishes-on-fabric/>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138589472204222X>
 MSZ EN 1149 – Elektrosztatikus tulajdonságok mérése tárgyú szabványsorozat
 MSZ EN 61340 – Elektrosztatika tárgyú szabványsorozat
 Speciális munka- és védőruha-alapanyagok – gyártói műszaki leírások

Kutatók éjszakája, 2024



KRK SZILÁDY ÁRON GIMNÁZIUM ÉS KOLLÉGIUM, KISKUNHALAS

