

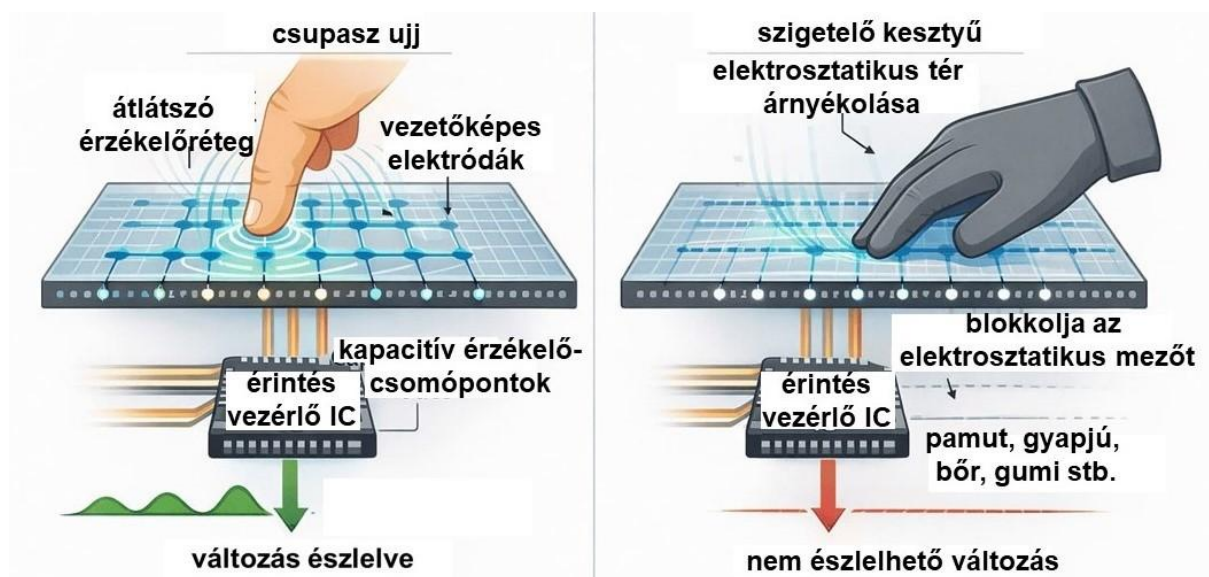
Érintőképernyő használatára alkalmas kesztyűk

A tűzoltók hőszigetelő képességű védőkesztyűt viselnek, miközben egyre gyakrabban táblagépeket használnak, vagyis nem csupasz kézzel végzik feladataikat. Részükre is fontos az érintőképernyős munkakesztyű. A hagyományos vastag többrétegű védő vagy gumikesztyűk blokkolják az elektromos töltést, a kapacitív érintőképernyők működtetéséhez az érintés így nem érzékelhető. Milyen megoldásokat javasol szerzőnk?

Kesztyűs kézzel?

Amikor egy csupasz ujj hozzáér a képernyőhöz, az elektromosan vezető emberi test kapcsolatba lép ezzel az elektrosztatikus mezővel. Ez a kölcsönhatás kis mértékű, de mérhető kapacitásváltozást idéz elő a közeli csomópontokban.

Megjegyzésként, a sebészeti- és egyéb orvosi gumikesztyűk (latex, nitril, vinil) többsége megfelelően működik az érintőképernyőkkel, miután elég vékonyak ahhoz, hogy a test természetes elektromos töltése (kapacitása) átjusson a kijelzőre. Ennek figyelembevételével azonban a túl vastag vagy púderes gumikesztyű esetében azonban ez a kapcsolat megszakad. Ugyanakkor számos modern okostelefon rendelkezik a beállításokban „kesztyűs mód” (Glove mode) vagy „érintési érzékenység növelése” (Increase touch sensitivity) funkcióval, ezt bekapcsolva a kijelző sokkal érzékenyebbé válik.



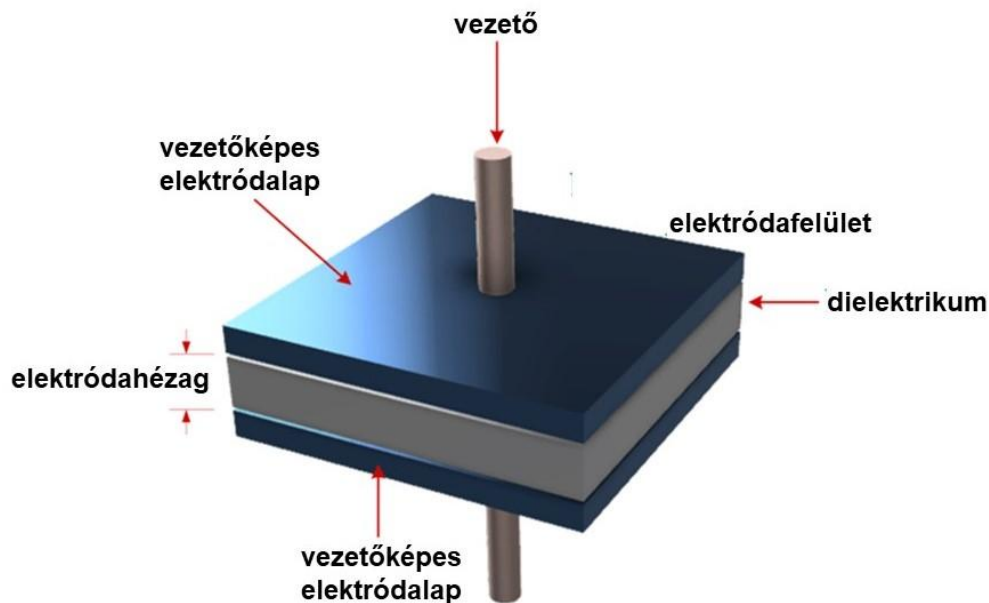
1. ábra Az érintőképernyős kesztyű szükségessége

Az érintőképernyős képességű kesztyűk speciális vezető anyagokat pl. fémshálakat, egyéb vezetőképes szálakat vagy polimer bevonatokat hordoznak az ujjbegyeken, ezzel az elektromosság a bőrről a képernyőre juttatható (1. ábra).

A kapacitív érintőképernyő felépítése

A képernyő üvegfelülete alatt egy láthatatlan és átlátszó vezető réteg található amely egy rácsszerkezetet alkot. Ez a rács rengeteg apró, nyitott kondenzátorként működik. Az áramköri elem az elektromos térben képes energiát tárolni ellentétes töltések felhalmozásával. A

legegyszerűbb *kondenzátor* legalább két, párhuzamos *vezető* anyagból (elektródalap, fegyverzet) és a közöttük lévő elektromosan *szigetelő* anyagból (dielektrikum) áll. Az elektromos töltéstároló képesség (kapacitás) meghatározására szolgál a farad - jele: az F - (Michael Faraday angol fizikus és kémikus emlékére), mint SI-mértékegység. Mivel a gyakorlatban előforduló kapacitások többnyire rendkívül kicsik, leggyakrabban a *mikrofarad* (μF), *nanofarad* (nF) vagy *pikofarad* (pF) mérési tartományok jellemzők (2. ábra).



2. ábra A kondenzátor felépítése

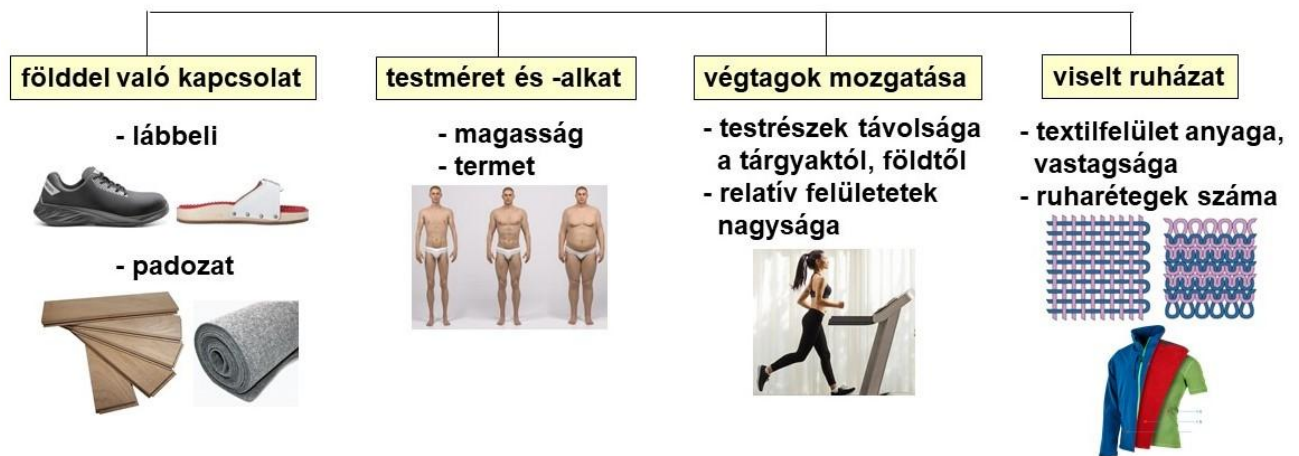
A szabványos képernyők apró *elektromos mezők rácsát* rendkívül vékony, átlátszó és elektromosan *vezető réteg* alkotja (általában indium-ón-oxid). Ez az érzékelőréteg sorokba és oszlopokba rendezett, vezetőképés *elektródákból* álló finom rácsot jelent. Az egyes kereszteződési pontok kapacitív érzékelési csomópontként szolgálnak. Az egymást keresztező vezető vonalakat (elektródákat) szintén egy ultravékony *szigetelő* réteg (pl. szilícium-dioxid vagy speciális optikai ragasztó/műanyag) választja el egymástól, ezt *dielektrikumnak* nevezik. A kapacitív képernyők kijelző felületén a kondenzátor folyamatos, gyenge *elektromos mezőt* hoz létre.

A legtöbb mai okostelefon és táblagép *kapacitív* érintőképernyőt használ, amely az ujj által keltett elektromos mező változásait érzékeli. Érintéskor a kijelző az úgynevezett *kölcsönös kapacitást* (mutual capacitance) méri, ami a pontos, *többujjas* (multi-touch) vezérlésért felel. A legkorszerűbb érintőképernyők képesek reagálni az ujj *közelítésére* (lebegtetésre) anélkül, hogy fizikailag történne hozzáérés a kijelzőhöz [lebegő érintésnek (hover touch) vagy közelítésérzékelésnek nevezik]. Közelítéskor a rendszer átvált vagy kiegészül a *saját kapacitás* mérésével. Ez a módszer sokkal *érzékenyebb*, így már néhány milliméteres vagy akár 1-2 centiméteres távolságból is észleli az ujj jelenlétét a levegőben.

Az érintőképernyő működése

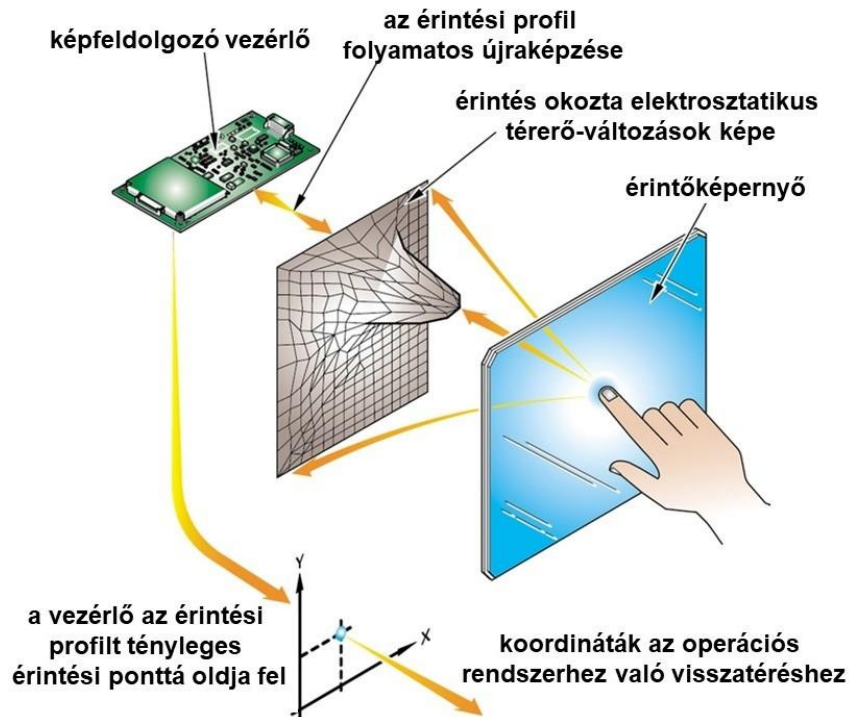
Az *emberi test* nagyrészt vízből és feloldott ionokból (sókból) áll, ezért kiválóan *vezeti az elektromosságot* és rendelkezik *saját* elektromos *töltéssel* (kapacitással). Az *ujj* elektromos kapacitása önmagában mérve (a földhöz képest) jellemzően néhány pikofarad (1–10 pF). Az elektrosztatikus kisülések (ESD) modellezésére is használt szabványos emberi test modell (Human Body Model - HBM) a teljes emberi test kapacitását *100 pF* értékben határozza meg.

Az emberi test elektromos *kapacitása* jellemzően $100\text{--}400\text{ pF}$ között mozog, az érték a földhöz való csatolástól, a fizikai *méretektől* és a *környezettől* függ. A földdel való *kapcsolódást* vagy éppen az *elszigeteltséget* a lábbeli és padlózat határozza meg. A *cipőtalp* anyagától és vastagságától ill. a *padlóburkolat* típusától változik a kapacitás, mint fő befolyásoló tényező (pl. vastag talpú cipőben állva vagy szőnyegen sétálva ez $100\text{--}200\text{ pF}$ között mozoghat). A *testméret* és *-alkat* hatással van a kapacitásra, a *magasabb alkat* vagy *nagyobb* termetű test esetén közel arányos a *méretnövekedéssel* a *kapacitás* növekedése. A karok és lábak *felemelése* vagy *mozgatása* megváltoztatja a testrészek és a közeli falak és tárgyak, vagy a talaj közötti *távolságot* valamint a relatív *felületet*. A *környezet* befolyása abban nyilvánul meg, hogy pl. falak, bútorok, fémlemezek (földelés nélkül) vagy egyéb nagy méretű *vezetőanyagok* közelsége *módosítja* az elektromos teret és ezzel a kölcsönös kapacitást is. A viselt *ruházat* anyaga, a ruharétegek száma ill. vastagsága kismértékben módosíthatja a sztatikus töltés eloszlását és a szórt elektromos tereket (**3. ábra**).



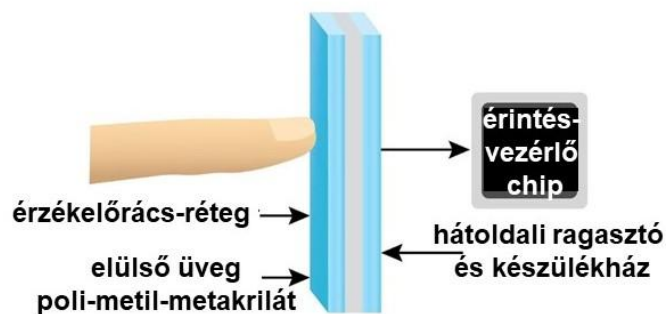
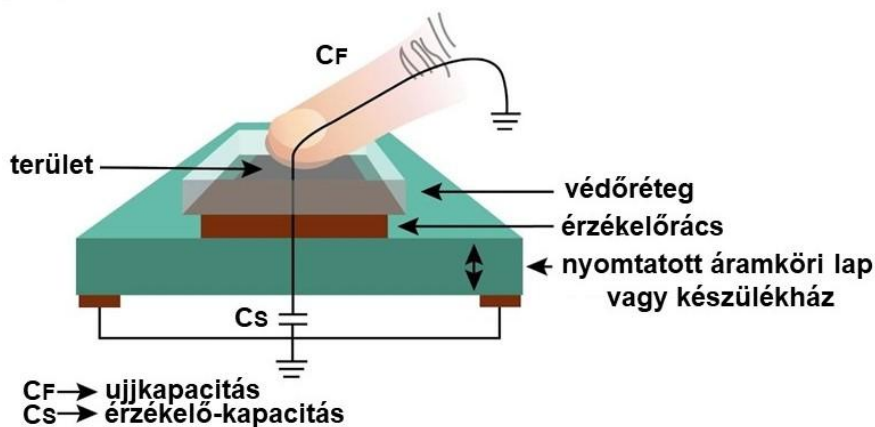
3. ábra Az emberi test kapacitását befolyásoló tényezők

A képernyő megérintésekor az *ujj* (mint külső vezető) és a *kijelző* alatti vezető réteg között az üvegen keresztül egy *új elektromos mező* jön létre, megváltoztatva az adott pont kapacitását. Ezt a változást érzékeli a telefon vezérlőegysége (**4. ábra**).



4. ábra Az érintőképernyő működése

A képernyővel érintkező *ujj* tehát megváltoztatja a helyi elektromos mezőt, az emberi test mintegy „elszív” egy kevés elektromos *töltést* az érintkezési helyről. (A telefon sarkában lévő érzékelők mérik a töltésváltozást, a processzor pedig ez alapján ezredmásodpercek alatt kiszámítja az ujj pontos koordinátáit érintési pontból) (5. ábra).



5. ábra Érintés hatása a kijelzőre

Az emberi test elektromos *ellenállását* (amely a vezetőképesség ellentéte) elsősorban a *bőr állapota* határozza meg, miután ellenállása *nagyobb* a belső szövetekhez képest. Száraz, ép *bőr* ellenállása nagyon magas, általában $100\text{--}500\text{ k}\Omega$ (vagy akár $1\text{ M}\Omega$) között mozog. A *nedves* ill. *izzadt ujj* (a víz és a sós izzadság következtében) fokozottan *lecsökkenti* a bőr elektromos *ellenállását*, $1\text{ k}\Omega$ vagy az alá zuhan. Ilyen esetben a test sokkal jobban vezeti az áramot. A *sérült bőr* (horzsolódás, vágás stb.) esetén az áram közvetlenül a jól vezető *belső* szövetekkel találkozik, így az ellenállás szintén *minimálisra* csökken. A belső test ellenállása (pl. nyílt seben keresztül) a bőr alatti szövetek ill. a vér ellenállása miatt mindössze $300\text{--}500\text{ }\Omega$ közötti (elektrolitokban gazdag testnedvek) (**6. ábra**).



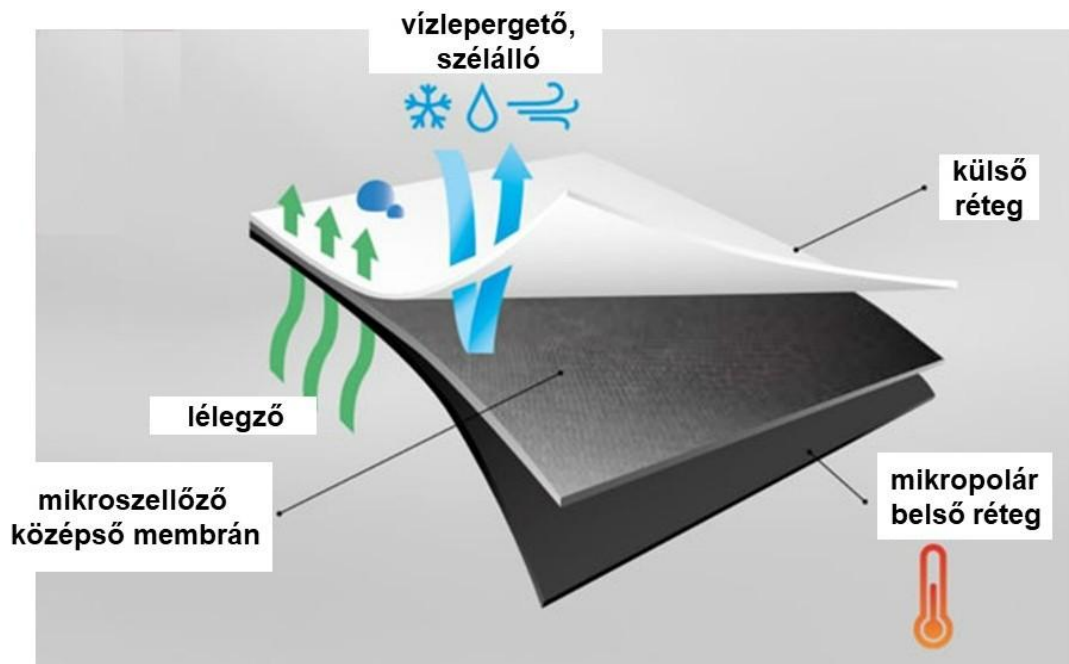
6. ábra Az emberi ujj elektromos ellenállását befolyásoló főbb tényezők

Speciális kesztyű anyaga, felépítése

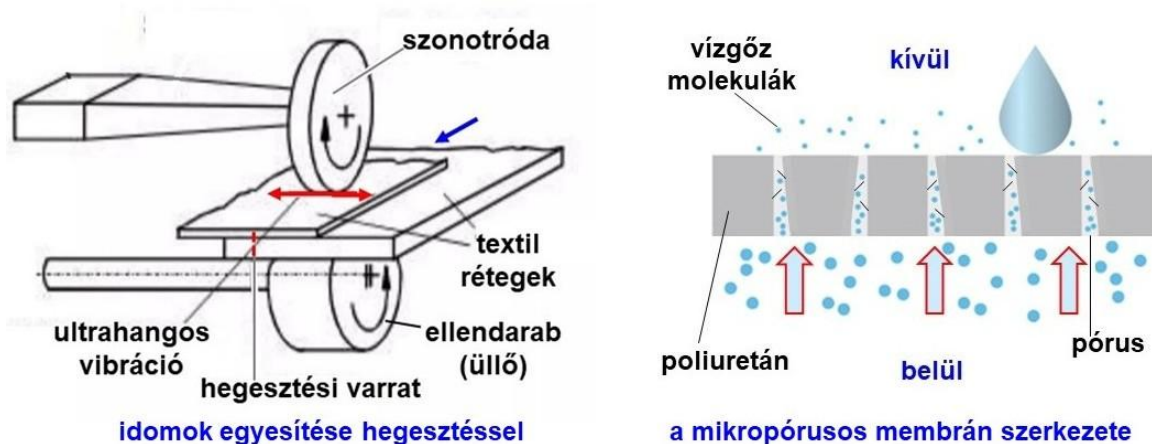
Gyakori a *softshell* anyag egy *többrétegű* szerkezet, a kesztyű részeket (idomokat) a varrás helyett *ultrahangos hegesztéssel*, vagy *termikus* kötéssel (ragasztóval történő összeolvasztás, ill. a két eljárás kombinációjával egyesítik).

- *Külső réteg*: sűrű *szövésű* vagy *kötött* poliészter vagy poliamid 6, 6 (nejlon) kelme, amelybe a rugalmasság érdekében *elasztánt* is beépítenek; gyakran tartósan *vízlepergető* (Durable water repellent - DWR) *bevonattal* látják el, így *taszítja a vizet* ill. *véd a szél*től.
- *Középső réteg* (két rétegből álló szerkezet is lehet): vékony, *légáteresztő* technikai *membrán* jellemzően *poliuretánból* (PU), ill. *termoplasztikus poliuretánból* (Thermoplastic Polyurethane - TPU), vagy pl. a *Gore-Tex*-ből áll, amely *megakadályozza a víz és a szél bejutását*, ugyanakkor lehetővé teszi az *izzadságpára távozását*.

- *Belső réteg: puha, hőszigetelő réteg - általában mikropolár (pehelykönnyű), bolyhozott poliészter vagy vékony hálós anyag -, amely kényelmes viseletet és hőszigetelést biztosít az emberi bőr számára (7., 8. ábra).*



7. ábra A softshell textilanyag szerkezete



8. ábra A hegesztéses egyesítés lényege, a lélegző membrán felépítése

Amíg a csupasz ujj megváltoztatja ezt a mezőt az érintés regisztrálásához, addig a hagyományos szálanyagú és egyéb felületű kesztyűk leárnyékolják, (pl. pamut, gyapjú stb.) szigetelnek, azaz blokkolják az elektrosztatikus mezőt. Az intelligens kesztyűkben lévő vezetőképes szálak elektromos töltés átvitelére és a képernyő elektrosztatikus mezőjének megváltoztatására képesek. Ezek a szálak mintegy a bőr kiterjesztéseként működnek, hidat képeznek a kéz és a képernyő között, így létrehozva az elektromos kapcsolatot.

A textilanyagba integrált vezetőképes szálak ultravékony fémötvözetű szálanyagok, az ezeket tartalmazó fonalakat az ujjbegyekbe bekötve helyezik el (pl. a hüvelyk-, a mutató- és

középső ujjba). Az alkalmas fonalat jellemzően *réz-, ezüst- vagy rozsdamentes acélszálakkal* keverik, így a képernyő regisztrálja az érintést. Egyes márkák (pl. Glider) a *teljes kézfelületen* rézfonalat alkalmaznak.

Előfordul olyan megoldás is, amelynél a kesztyű ujjbegyeket vagy a teljes tenyérfelületet *szén- vagy fémalapú vezetőképes* adalékanyagokkal dúsított (nitril- vagy poliuretán) keverékbe mártják a gyártás során (**9. ábra**).

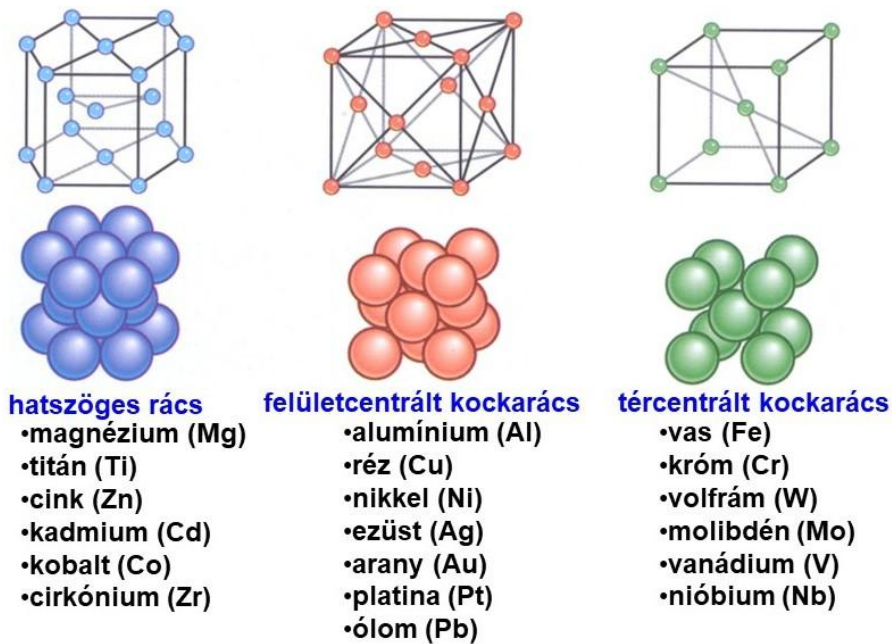


9. ábra A speciális kesztyű fontossága

Az ábrán jól követhető, hogy a *hagyományos szálanyagú* kesztyű esetében a töltések mintegy *visszaverődnek*, a *vezetőképes* szálakkal ellátott ujjbegynél az elektromosan vezető emberi testtel kialakul a *kapcsolat*.

Vezetőképes szálak, fonalak

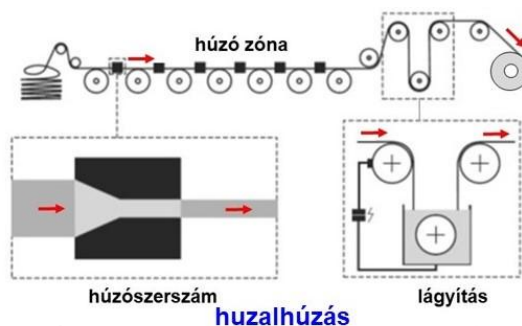
Az elektromos vezetésre képes fő anyagok a kristályos szerkezetű *fémek*. A fémes kötés különleges kémiai kötés, a *fématomokat* szilárd összefüggő szerkezetbe fogja, ezzel kapcsolatos pl. a kiváló elektromos *vezetőképes*ség. Alapvetően jellemző a *delokalizált elektronok* jelenléte, a fématomok külső héján található vegyértékelektronok nem egyetlen atomhoz kötődnek, hanem *szabadon* mozoghatnak a teljes kristályrácsban. A fémek atomjai nem véletlenszerűen helyezkednek el a térben, hanem egy nagyon specifikus, ismétlődő mintázatot követnek, ez a *kristályrács*. Legkisebb ismétlődő egysége az *elemi cella*, ennek geometriai elrendezése és mérete határozza meg a fém makroszkopikus tulajdonságait. Ez egy képzeletbeli térbeli egység, amelynek csúcsaiban, középpontjában vagy felületein *atomok* (vagy ionok) helyezkednek el, az elemi cellák periodikus ismétlődésével épül fel a teljes kristály. Az elemi cella méreteit a *rácsállandók* határozzák meg, amelyek a cella éleinek hosszát és a köztük lévő szögeket jellemzik. A fémek esetében a leggyakoribb elemi cella típusok a *kocka* és a hatszög alapú *prizma*. A fémek többsége három alapvető *kristályszerkezet* egyikét veszi fel szobahőmérsékleten (**10. ábra**).



10. ábra A fémek alapvető kristályszerkezetei

A *fémshálak* a szervesetlen mesterséges shálak egyik alcsoportját képezik, amelyek fémből, fémtövezetekből készülnek. Ide sorolják a fémmel teljesen *bevont*, *mesterségesshál* magból álló shálanyagokat is. Számos módszer ismert a *fémshálak* gyártására, a legrégebbi eljárás során a *huzalt* egymást követő *húzószerszámokon* húzzák át, így vékonyodik és hossza növekszik. Manapság a leggyakoribb fémshál *előállítási módszerek* közé tartozik:

- a nagyobb anyagból történő *forgácsolás*,
- az olvadt fémből történő közvetlen *öntés*, pl. a Taylor eljárás (magasabb olvadáspontú üvegcsőben olvasztás, üvegcső húzása, hűtés után az üvegburkolat összetörése ultrahanggal).
- olvadék* folyatás hűtött hengerre, kerékre (**11. ábra**).

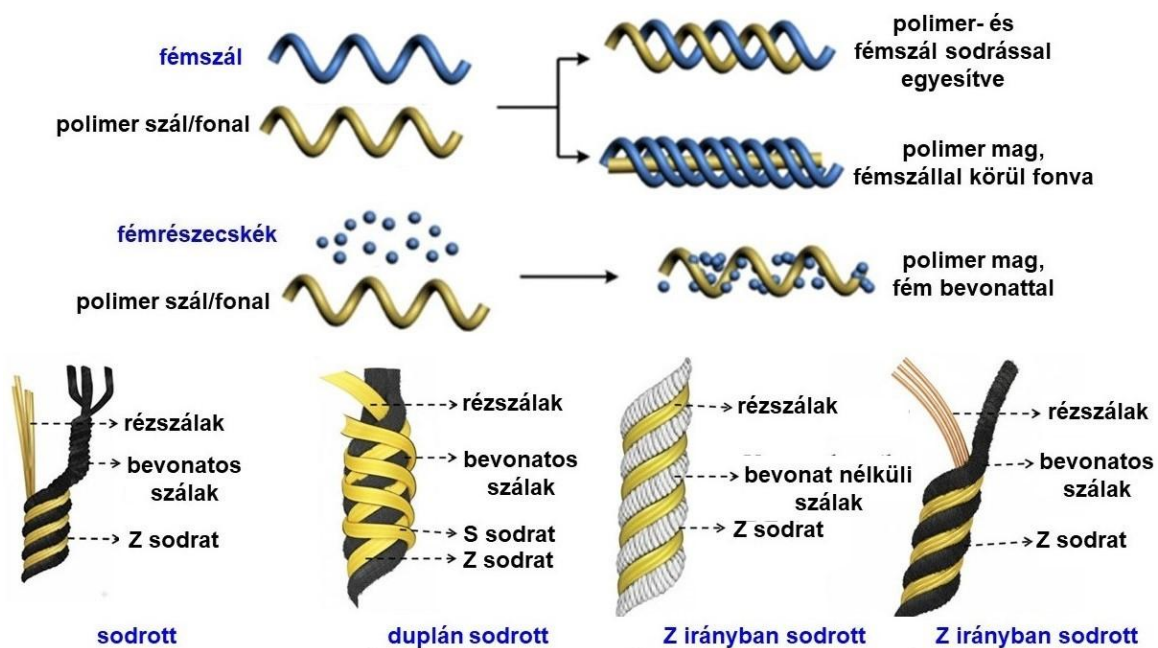


11. ábra A fémszálak előállítása

Az *elektromos vezetőképességet* (σ) Siemens per méterben (S/m) mérik, értéke fordítottan arányos a fémek fajlagos ellenállásával. Pl. az ezüst vezetőképessége 63×10^6 -, a rézé 59×10^6 -, az acélé 14×10^6 S/m.

A fémszálakkal körbetekert/font (vagy egyéb kialakítású) hibrid fonalak vezetőképességét több *tényező* csökkenti:

- a hordozómag köré *spirálisan* feltekert fémszálak fizikailag hosszabb utat tesznek meg egységnyi pászmahosszhoz képest, ami *növeli az ellenállást*,
- a *sodrás*i veszteség, miután a szálak egymáshoz feszülése és a mikroszkopikus *érintkezési ellenállások* negatív hatással vannak az áramvezetésre,
- a fém mellett *szigetelő polimerek* (szintetikusszálak) előfordulása miatt a teljes keresztmetszetre vetített *effektív vezetőképesség* elmarad a tiszta fémétől (12. ábra).



12. ábra Példák a fémszállal kombinált hibrid fonalakra

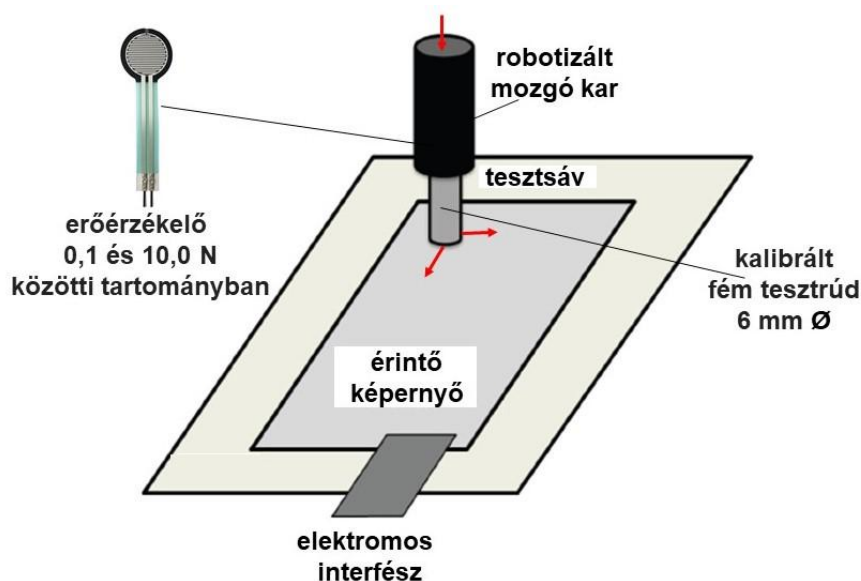
A nagy *igénybevételnek* kitett téli kesztyűk, a professzionális kültéri felszerelések és a munkavédelmi kesztyűk esetében a beépített szálak túl gyorsan *elhasználódnának*. Ennek elkerülésére a gyártók *vezetőképes műbőr rátétet* visznek fel az ujjbegyekre varrással vagy ragasztással. A felhasznált anyag lehet *poliuretán* vagy valódi bőr, amelyet *szén-nanorészecskékkel* kezeltek, ill. *indium-ón-oxid* bevonattal láttak el.

Megjegyzés: A fogyasztói eszközök (pl. mobiltelefon, Tablet stb.) érintőképernyői csak adott érzékenységi küszöbértéket elérő hatásra működnek. A telefonon egy vastagabb képernyővédő fólia (üvegfólia) a kesztyűvel kombinálva már blokkolhatja az érzékelést. Az ipari rendszerek fejlett érintő chipeket használnak, amelyek sokkal gyengébb elektromos változásokat képesek érzékelni, így a panel a vastag védőrétegeken keresztül is hatékony.

Az érintőképernyős kesztyű megfelelése

Az EN ISO 17971:2025 Textíliák - Intelligens textíliák - Vizsgálati módszer textilfelületek érintőképernyő-kezelési tulajdonságainak meghatározására szabvány szerinti vizsgálattal mérik, hogy a kesztyűk megbízhatóan képesek-e az érintőképernyőt működtetni. Értékelik az *elektrosztatikus* csatolást és a jelátvitelt különböző anyagok között.

A *tesztelés* lényege: Egy robotizált, mozgatható karrendszer, amely pontos és megismételhető mechanikai erővel ejti rá, ill. csúsztatja az eszközt a felületre. A teszteléshez szükséges egy szabványos referenciaként szolgáló kapacitív érintőképernyő (amelyen semmilyen védőfólia vagy -réteg nem található), egy kalibrált hengeres fém tesztrúd (6,0 mm átmérővel) amely az emberi ujj vezetőképes helyettesítőjeként funkcionál, valamint erőérzékelők (0,1 és 10,0 N közötti tartományban), amelyek pontosan szabályozzák, mekkora erővel nyomódik a kesztyű anyaga a képernyőhöz. Kapacitív kijelzővel való interakció során méri az egyponthoz, többponthoz és csúsztatáshoz érintés pontosságát (13. ábra).



13. ábra Kapacitásmérésre alkalmas tesztelő vázlata

A megbízható működés érdekében a kesztyű alapanyagának *három* különböző használati módban kell teljesítenie a tesztek:

- *Egyponthoz érintés*: Egyszeri, pontos gombnyomás vagy kiválasztás szimulációja.
- *Többponthoz érintés*: Két vagy több ujj egyidejű használata (például nagyítás, kicsinyítés).
- *Csúsztatás*: Folyamatos érintkezés fenntartása a felületen való görgetés vagy lapozás közben.

A mintákat a tesztelés előtt szabványos légköri követelményeknek megfelelő laboratóriumi körülmények között kell *kondicionálni* tömegállandóságig.

Megjegyzés: Elvárt, hogy a kesztyűt előállító/forgalmazó fél objektív mérések (EN ISO 17971:2025 szabvány szerint) alapján kell, hogy *tanúsítsa* az érintőképernyős használat alkalmasságát.

A *szubjektív* próba (személy kézi érintése közvetlenül és kesztyűt viselve) nem ad egyértelmű képet az alkalmasság tekintetében, mert *személyenként* és a *környezeti tényezők* ismeretében számos zavaró, *különbségekkel* jellemzett körülmény áll fenn. A felmerülő esetleges - így

végrehajtott - elektromos *kapacitásmérés* sem ad megbízható eredményt az előbbieken felsorolt *változók* miatt (14. ábra).



14. ábra A szubjektív értékelő módszer hiányosságai

Felhasznált irodalom

- [1] <https://ccsbestpractice.org.uk/entries/touch-screen-compatible-gloves/>
- [2] <https://www.stio.com/blogs/ski-snowboard/ski-gloves-touch-screen>
- [3] <https://www.rocktech.com.hk/rocktech-blog/how-capacitive-touchscreens-work-principles-and-applications/>
- [4] https://textilelearner.net/metallic-fiber-types-properties/#google_vignette
- [5] ISO 17971:2025 Textiles — Smart textiles — Test method for determining the screen-touch properties of fabrics

Kutasi Csaba textilmérnök