

# Nemszőtt kelmék, mint arcvédő maszkok alapanyagai

Kutasi Csaba

A világon – 2022. január közepéig – 298 millióan fertőzödtek meg a SARS-CoV-2 (COVID-19) koronavírus-járványban, közel 5,6 millió ember vesztette életét. A cikk írásakor a SARS-CoV-2 B.1.1.529. az ún. Omikron variáns (1. ábra) a domináns koronavírus-mutáció. Állítólag csak a tüskefehérjében több, mint 30 módosulás fordul elő az eredeti vírushoz képest, ebből 15 a tüskefehérjének azt a részét (CoV-RDB, Coronavirus Resistance Database) érinti, ami a kórokozót semlegesítő immunválasz szempontjából kiemelten fontos.

## A különböző maszkok

Az orvosi szájmáskok, légzésvédelmi eszközök és textilmaszkok használata mára már teljesen beépült a hétköznapijainkba.

Az egészségügyi (sebészeti) szájmáskok anyaga (a vonatkozó szabvány szerint) baktériumszűrő képességű textilréteg(ek)ből készül, azonban a légzésvédelem tekintetében a biológiai részecskék áthatolásával szemben nem mutat teljes ellenállást, miután nem illeszkedik tökéletesen az arcra, emiatt az ún. alászívás jelensége bekövetkezik. Az orvostechinikai eszközök pl. az MSZ EN 14683:2019+AC:2019 (Sebészeti maszkok. Követelmények és vizsgálati módszerek) kritériumainak betartásával készülhetnek és az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet (OGYÉI) engedélyével forgalmazhatók.

A légzésvédő eszközök használatakor (FFP2 és FFP3 szűrőosztályú maszkoknál – a vonatkozó szabvány/ok szerint – a belélegzett levegő egy szűrőn keresztül áramlik, így a szennyező anyag visszatartásával, szűrésével a levegőből eltávolítja és/vagy megköti a káros részecskéket. Ezzel az eszközzel sem várható el teljes körű védelem a már említett alászívás miatt. A részecskeszűrő félálarcok viselésekor a használat során a levegőből kiszűrt szilárd és folyékony szennyeződések a szűrőn felhalmozódnak (az eltömődés következtében megnövekszik légzési ellenállás), azonban a biológiai kóroki tényezők okozta expozíciók esetében nem követhető a csere időszerevése.

A légzésvédőeszközök tanúsítását csak notifikált (kijelölt) szakintézet végezheti. Az ún. 1. kategóriába csak azok a védőeszközök sorolhatók, amelyeknél „a gyártó vélelmezheti, hogy a felhasználó képes az adott védőeszköz védelmi szintjét elegendő biztonsággal megítélni, az alkalmazásának szükségességét kellő időben megállapítani, és azt megfelelően használni”. (A védelmi szintet a gyártó tanúsíthatja EK megfelelőségi nyilatkozáttal, használati útmutató szükséges.)

Az egyéb maszkok csoportjába a textilruházati termékeknek minősülő, bármilyen szerkezetű (főleg szövött) kelméből készített védőeszközök tartoznak. Ezekre az alapanyagokra nincs előírás, így az áteresztő pórusok méretét, ezek nyúlásra történő hézagnövekedését és egyéb viselkedéseket nem kell elemezni, kontrollálni. A konfekcionáláshoz felhasználható kelme lehet fehér, egyszínű, tarkánszött vagy akár nyomottmintás, ill. digitálisan mintázott is. Így gyárthatnak nagyüzemileg, vagy akár a háztartásokban is ilyen maszkokat, amelyek szabadon forgalmazhatók textilruházati termékként. Ennek megfelelően a nyersanyag-összetétel, a kezelési jelképsor és a gyártó/forgalmazó feltüntetése szükséges a bevarrt szalagcímkén és a csomagoláson (2., 3. ábra).



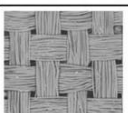


Az omikron variáns a COVID-19 vírus egyik mutáns változata

1. ábra

orvosi eszköz	egyéni légzésvédő eszköz	egyéb maszk
pl. sebészmaszk MSZ EN 14683:2019+AC:2019	pl. légzésvédő álarc MSZ EN 149:2001+A1:2009	előírás nélküli
anyag- és kivitelezési vizsgálat	FFP 1-, 2-, 3 megfelelőségi nyilatkozat	textil-ruházati termék (nem orvosi eszköz, nem egyéni légzésvédő)
Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet (OGYÉI) nyilvántartás	tanúsítás notifikált (kijelölt) szakintézet szakvéleményével	nyersanyagösszetétellel, kezelési útmutatóval (mosás, fertőtlenítés, szárítás, vasalás) ellátva
		

Különböző maszkok, álarcok jellemzői

2. ábra

kelmetípus (egy rétegben)	áteresztő nyílás átlagos mérete
 vászonkötésű szövet pl. ágynemű	0,09 mm = 90 µm = 90.000 nm
 nemszőttkelme-1 pl. FFP-2 maszk	0,0006 mm = 0,6 µm = 600 nm
 nemszőttkelme-2 pl. FFP-3 maszk	0,0003 mm = 0,3 µm = 300 nm

Különböző kelmék részecskeszűrő képessége

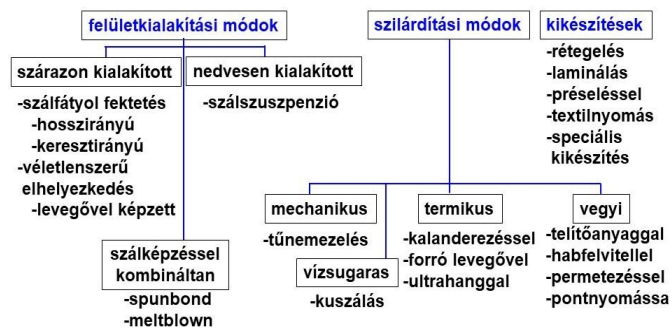
3. ábra



Többretegű maszk szerkezete

4. ábra

## A nemszőtt kelmék

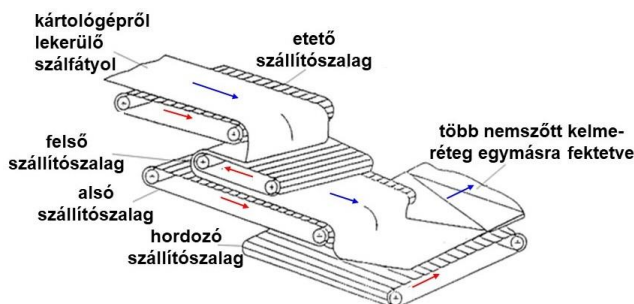


Nemszött kelmék előállítása

5. ábra

helyzetű *vágott*- ill. *végtelen szálaból* képzett lapszerű termék (textilfelület), amelyben a szálak sűrűdéses, kohéziós, valamint adhézios (esetleg ezek kombinált) jellegű kapcsolata biztosítja a megfelelő szilárdságot. A vágottszál-alapúakhoz *természetes szálanyagok* (pl. pamut), *természetes alapú mesterséges* (pl. viszkóz) és alkalmas *konvertezett szintetikus szálak* (pl. poliamid, szénszál, poliakril-nitril) alkalmasak. A szálképzéssel kombinált eljárások (pl. spunbond, meltblown) esetében általában polipropilén, poliészter *végtelen szálaból* képződik a kelme (5. ábra).

## Textilfelület képzési módok



Szálfátyol jellegű lapképzés kártyással

6. ábra

lületén, vagy hálós szerkezetű hevederen szétterülő szálhalmazból alakul ki a lapszerű réteg (7. ábra).

A *nedves szálréteggé* képzés során a vizes közegbe adagolt szálaból szuszpenziót alakítanak ki (folyadékban lebegő szilárd részecskék elegye). A perforáltjellegű szalagra kerülő rendszer szétterül, a víz gravitáció útján, majd préssel eltávolítják. Ezután a szárított szálhalmaz réteg leválasztható (8. ábra).

Az orvosi szájmaszkok, légzésvédelmi eszközök szűrőképességük folytán tehát felfogják az idegen részecskéket (pl. kórokozó, szemcse stb.), cseppek formájában is. Ezeket nemcsak mechanikusan lehet befogni (ha az a textilszerkezetbe ütközik), hanem elektrosztatikus tapadást biztosító támogatással is, ha a maszk adott rétege magához vonzza „betolakodókat”.

A szűrési hatékonyságot például fokozzák a feltöltött felületű polipropilén-szálak, amelyek elektrosztatikus vagy elektroforetikus hatások (az ellentétes töltésű ion-felhő ellenkező irányba mozog, mint a részecske) révén akadályozzák a behatolást. Ez a töltés lecsökkenhet a maszk használata során, azonban az elektrosztatikus töltés vesztese nincs közvetlen kapcsolatban a szűrőképességi teljesítménnyel.

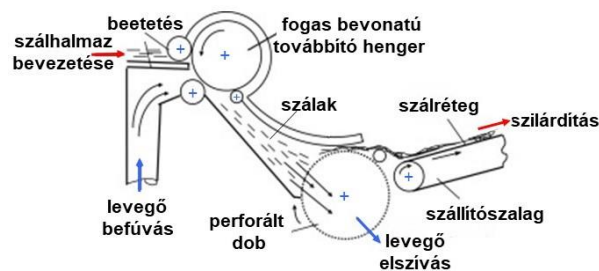
Egyre jobban elterjednek a többretegű maszkok is (pl. FFP2, KN95), amelyekben az egyes, általában polipropilén anyagú nemszöttkelme-rétegek más-más képességeket biztosítanak (4. ábra).

Feltehetően 1942-ben az Egyesült Államokban kezdődött az ún. nemszött kelmék képzése, a síkban kiterített rostok ragasztásos rögzítésével. A meghatározó és maig fennálló ipari nemszött feldolgozási technológiákat 1940 és 1965 között fejlesztették ki. Ehhez szükség volt az alkalmas *szintetikus szálanyagok* kifejlesztésére, a szálfátylak/bundarétegek képzését biztosító technikákra, ill. a *mechanikai*, *vegyl* és *termikus* szilárdító eljárások kidolgozására. Az 1960-as években vezették be a *nedves* nemszöttkelme-készítő eljárást, valamint az 1970-es években a granulátumból *olvasztásos* módszerrel történő, szálképzéssel kombinált textilfelület előállítás. A 2000-es évektől terjed az *olvadékfűvós* eljárás, a mikroméretű fűvókákön keresztül extrudált szálcsoportok fektetésén alapuló előállítás.

A nemszött kelme szabályos (irányított) vagy véletlen helyzetű *vágott*- ill. *végtelen szálaból* képzett lapszerű termék (textilfelület), amelyben a szálak sűrűdéses, kohéziós, valamint adhézios (esetleg ezek kombinált) jellegű kapcsolata biztosítja a megfelelő szilárdságot. A vágottszál-alapúakhoz *természetes szálanyagok* (pl. pamut), *természetes alapú mesterséges* (pl. viszkóz) és alkalmas *konvertezett szintetikus szálak* (pl. poliamid, szénszál, poliakril-nitril) alkalmasak. A szálképzéssel kombinált eljárások (pl. spunbond, meltblown) esetében általában polipropilén, poliészter *végtelen szálaból* képződik a kelme (5. ábra).

A *szárazon* történő, aránylag irányított szálhalmaz formájában megvalósuló felületképzés egyik módszere a fonodai előkészítő műveletek során alkalmazott kártyolás. Ennek során a kártyológép egymással szembenálló bevona-tai segítségével lehet kialakítani a tovább feldolgozásra alkalmas szálfátylat. A kialakított szálrétegből többet helyeznek egymásra a nemszött kelme gyártásához (6. ábra).

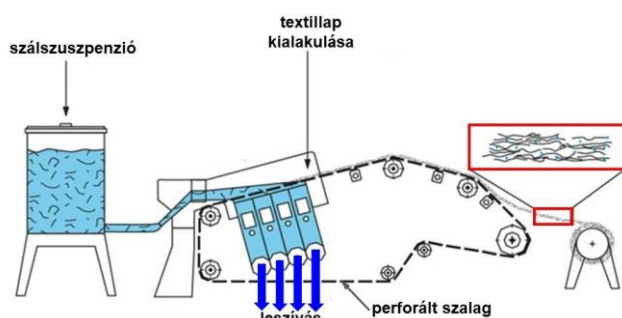
A *véletlenszerű* szál-elhelyezkedést eredményező, *légáramlással* alapuló eljárásnál megszívott perforált dob fe-



Légárammal képzett szálfátyol/bunda

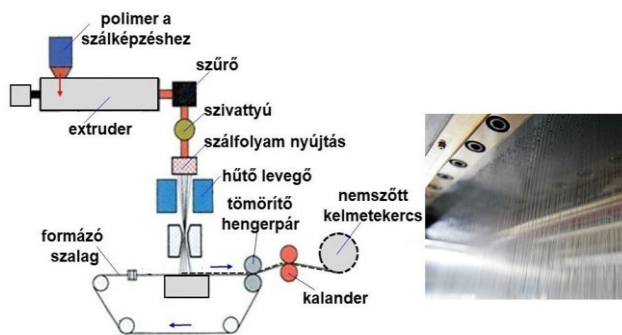
7. ábra





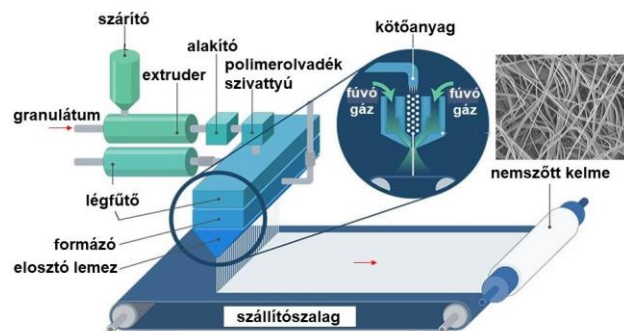
Nedves textillapképzés szálsuszpenzióból

8. ábra



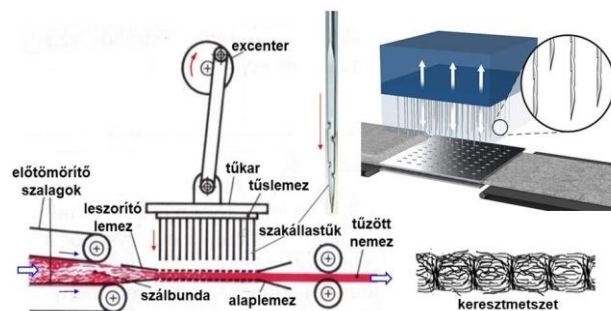
Spunbond eljárás elve

10. ábra



Meltblown eljárás elve

9. ábra



A tűnemezelés elve

11. ábra

Az *olvadékfúvós* eljárás (meltblown) főleg a mikro- és részben a nanoszálakból felépülő nemszöttkelme-előállítás egyik módszere. Ennek során a polimer olvadékat kis fúvókákon keresztül úgy extrudálják, hogy képződményeket nagy sebességű fúvógáz veszi körül. A véletlenszerűen felvitt szálak speciális szerkezetű lapszerű terméket képeznek. Az optimalizált reológiai és felületi tulajdonságokkal rendelkező polimerek megfelelő kombinációja alkalmas az olvadékfúvott szálak (átlagos átmérőjük akár 36 nm) előállítására.

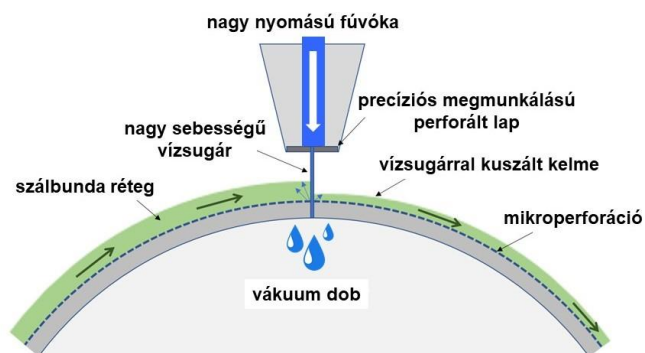
A *kis sűrűségű polipropilén* homopolimeren kívül olyan polipropilén alapú elektret (állandósuló polarizációval rendelkező) mesterkeverék adalék is elterjedt, amely könnyen felfogja a szabad elektromos töltést és hosszan tartó polarizációs képességgel rendelkezik. Így az olvadékfúvott nemszött anyagok a szűrési hatékonysága fokozható (9. ábra).

Az ún. *spunbond* eljárással előállított nemszött kelme a „száلكépzésnél szilárdított” csoportba tartozik. A szálhúzással képzett végtelenszál csoportokat nyújtás után lengő mozgással a merőlegesen elhelyezkedő, lassú haladású szállítószalagra rétegeznek (lerakás) rendezetlen formában. A lehűléssel szilárdult termoplasztikus szálak között adhéziós kapcsolat jön létre, az így kialakult szálréteget tömörítés után kalanderezéssel rögzítik. Főként a polipropilén, poliészter szintetikus szálból készített spunbond kelme alkalmas egészségügyi védőruházatnak, arcvédő maszknak (10. ábra).

## Szilárdítási módszerek

A nemszött kelmék előállítása során több önálló szilárdítási módszer ismert. Elterjedt mechanikai megoldás a *tűnemezelés*, a szálrétegbe felülről behatoló szakállas tűk magukkal ragadnak pászmákat, így a szálak közötti súrlódás növeli a szilárdságot és tömöríti a szerkezetet (11. ábra).

A szintén mechanikus, *vízugaras* eljárásnál szálbundára ráirányított nagy nyomású vékony vízugarak kuszálják a szálakat, szintén a szálak közötti súrlódás növelése biztosítja nemszött kelme szilárdságát, egyúttal a tömörségét is fokozva (12. ábra).

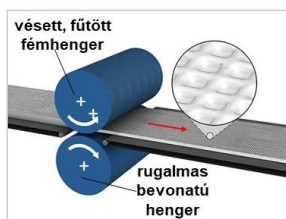


A vízugaras kuszálással szilárdított kelme előállítása

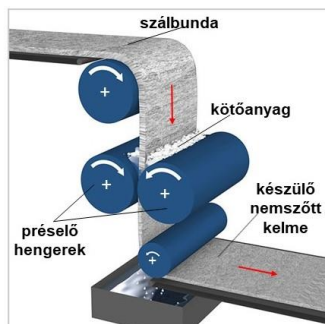
12. ábra

A *termikus* szilárdítás során a textillefelület szerkezetét alacsony olvadáspontú – akár bikomponens – szálak bekeverésével lehet kedvezővé tenni, a hőkezelésnél ezek megolvadva növelik az adhéziós kapcsolatot a szálrendszerben. A hőközlés történhet kontakt módon (pl. üreges fűtött fémhengerrel, kalanderezéssel), vagy konvekciósan forró levegővel, ill. elektromágneses sugárzással (infravörös), valamint nagyfrekvenciás térben.

A *vegyszeri* szilárdításhoz szintetikus kötőanyagokat használnak (pl. akrilát, butadién-koopolimer stb.) folyékony halmazállapotban (apoláros, vagy poláros oldószerrel), habfázisú rendszerben, ill. szilárd (por)



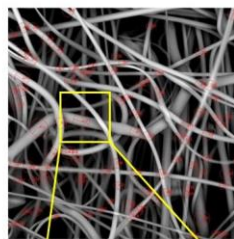
termikus szilárdítás  
kalanderezéssel



vegyi szilárdítás  
kötőanyag felvitellel

### Példák különböző szilárdítási eljárásokra

13. ábra



a szálátmérők histogramja  
szálak átmérője az 1-3  $\mu\text{m}$  tartományban legyen  
a piros körök azt a távolságot jelzik, amelyen keresztül a Fibermetric Software megmérte a szál átmérőjét

### Pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) és Fibermetric szoftver segítségével automata szálvastagság mérés

14. ábra

alakban. A folyadék halmazállapotú kötőanyagok telítéssel, permetezéssel, pontnyomással, a szilárdak pl. szórással vihetők fel (13. ábra).

A nemszött kelméket a rendeltetési céltól függően különböző képességekkel lehet felruházni, kellően megválasztott fizikai- és kémiai *kikészítésekkel*. Préseléssel rusztikus mintázatok, laminálással összetett szerkezetek érhetők el, zártabb réteg alakítható ki. Telítéssel felvitt segédanyagokkal pl. antimikrobiális képesség, kenéssel vízlepergető hatás stb. biztosítható.

## A nemszött kelme minőségellenőrzése

A gyártás- és gyártásközi ellenőrzés során számos paraméter ellenőrizhető, akár folyamatosan mérő berendezésekkel, jeladókkal. Mintavétellel nyert vágatokon többek között olyan automatikus vizsgálatok is elvégezhetők, amivel a szálátmérők alakulása tömegesen meghatározható. Pásztázó elektronmikroszkóp biztosította kép alapján *Fibermetric szoftver* pontos méretinformációkat szolgáltat, akár az átmérőeloszlásról hisztogramot készítve (14. ábra).

## A maszkok gyártása



nemszöttkelme rétegek  
ultrahangos egyesítése



felhelyező-, rögzítőpánt  
ultrahangos rögzítése

### A mechanikus rezgetéssel és nyomással történő egyesítő eljárásokra példák

15. ábra

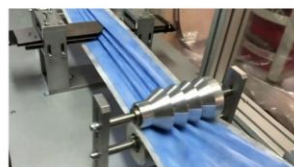
A nemszött kelméből készült maszkok széleinek eldolgozásánál, a tartógumik rögzítésénél a *hegesztési* módszer terjedt el, amely többek között nem okoz anyagsérülést (mint a varrásnál a tű behatolása). Az ilyen elvű anyagegyesítésekhez hő és nyomás szükséges. A termoplasztikus textilréteg(ke)t lágyulási hőmérsékletre (pl. polipropilén esetében 160-170  $^{\circ}\text{C}$ ) melegítik. Ilyen hőtartományban a szálanyag részecskéi annyira mozgásba jönnek, hogy vékony rétegben *meglágyulnak*, miután az egymás közötti kötőerők új helyzetbe kerülve megváltoznak. Az egyesítendő rétegek egyidejű fokozott *összenyomására* az anyagok között erős kohéziós kapcsolat jön létre. A gyors felmelegítés egyik módja a mechanikus rezgetés, ami 20–50 kHz frekvenciájú



1. nemszött rétegek összevezetése



4. darabok továbbítása 90°-ban



2. bőségajtások kialakítása



5. rögzítő gumik bevezetése



3. Szélek hegesztése, darabolás,  
ornál formáló szalag bevezetése



6. rögzítőgumik hegesztéses rögzítése



7. Elkészült maszkok

### Egészségügyi maszkok gyártása folyamatos gépsoron

16. ábra



ultrahanggal is végrehajtható. A meglágyult anyag/ok részecskéi a nyomás hatására kölcsönösen egymásba hatolnak (15. ábra).

Az egészségügyi maszkokat példaként véve, először a megfelelő szélességű nemszöttkelme-szalagokat az igényelt rétegszámban összevezetik. Az összetett textilszerkezetet ezután csomkakúpos részekből álló elemen átvezetve bőség-hajtásokkal látják el. A következő műveletek során a határolószéleknél a hegesztést, az idomok darabolását, majd az orrészénél szükséges záróformálást biztosító hajlítható szalagszakasz bevezetését hajtják végre. Ezt követően a rövidebb oldalak sarkaihoz gumiívek vágása ill. hegesztéses rögzítése következik. (16. ábra).

## A maszkok újrahasznosítása



„eldobható maszk  
újrahasznosítása”

az újrahasznosításra példa

### Használt maszkok gyűjtése, újrahasznosítása

17. ábra

Az újrahasznosításhoz elengedhetetlen az eldobható maszkok szervezett szelektív gyűjtése és zártkörű kezelése (17. ábra).

#### Felhasznált irodalom

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Nonwoven\\_fabric](https://en.wikipedia.org/wiki/Nonwoven_fabric)
- <https://www.thermofisher.com/hu/en/home/electron-microscopy/products/software-em-3d-vis/fibermetric-software.html>
- <https://www.textileworld.com/textile-world/features/2020/07/nonwoven-fabrics-ultrasonic-welding-face-masks--for-the-world/>
- <https://www.technicaltextile.net/articles/nonwoven-manufacturing-7188>
- <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=KN95+marketed+by+ACS+Material+>
- <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/coronavirus/in-depth/coronavirus-mask/art-20485449>
- <https://www.terracycle.com/en-CA/pages/ppe-recycling>
- Kutasi Csaba: A COVID-19 koronavírus elleni védekezés textiles szemmel. Magyar Textiltechnika 2020/2