

Az orvosi eszközökhöz és a hordozható orvosi eszközök házához alkalmazott műanyagokkal szembeni elvárások

A műanyagpiacon már jó ideje forgalomban vannak az ún. „orvosi műanyagok”, de valójában nincs pontosan definiálva, hogy milyen alapkövetelmények alapján kaphatja meg egy termék ezt a minősítést. A németországi VDI ennek irányelveit próbálja meghatározni. Az otthon alkalmazható és gyorsan terjedő hordozható orvosi eszközöknek a gyógyító funkciók mellett a beteg biztonságát is szavatolniuk kell. Ezért elsősorban az eszköz burkolata vagy háza felelős. A megfelelő műanyag kiválasztásához ugyancsak jól jönnek a hasznos tanácsok.

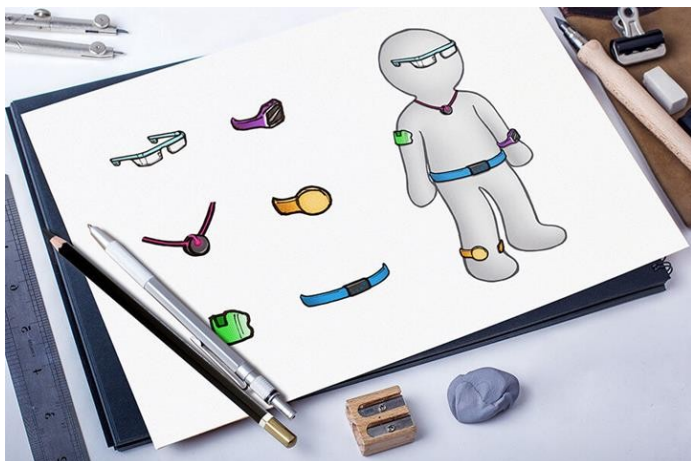
Tárgyszavak: egészségügy; orvosi műanyagok; hordozható eszközök; anyagkiválasztás; irányelvek; szabványok; eszközházak; elektronika; távgyógyítás.

Az orvosi eszközöket gyártóknak nagyon szigorú előírásokat kell betartaniuk. A műanyagok gyártói számára viszont nem mindig egyértelmű, hogy milyen alapvető tulajdonságokkal kell termékeiknek rendelkezni, hogy azokat „orvosi műanyagok” nevezhessék. Emiatt a gyártmányokhoz alkalmazható műanyagok kiválasztása sem könnyű. A Német Mérnökök Egyesülete (VDI, Verein Deutscher Ingenieure) ezért egy bizottságot hozott létre az orvosi eszközökben alkalmazható műanyagokra és azok adalékaira vonatkozó irányelvek (német nevén „Richtlinie”, amely egy későbbi szabvány első változatának is tekinthető) megszövegezésére. Ebbe a munkába az orvostechika, a műanyagok gyártásának és feldolgozóinak képviselőit is bevonta.

Némileg eltérő szempontokat kell alkalmazni az egyre jobban elterjedő, hordozható orvosi eszközök külső burkolatának anyagválasztásakor. Ezek az eszközök javítják a betegek komfortját és életminőségét, lehetővé teszik otthoni gyógyítását, ez által mérséklük az egészségügyi személyzet leterheltségét. Az ilyen eszközök tervezőinek és anyaggyártóinak is több segítséget kell kapniuk.

A VDI irányelvek kidolgozása

Az orvostechika legfontosabb szempontja a beteg biztonsága. Az orvosi eszközök (fecskendők, implantátumok, katéterek stb.) gyártásakor számos előírást kell betartani, számos követelménynek kell megfelelni. Termékeikért a gyártó felelősséggel tartozik. Ha a termék hibásnak bizonyul, az nem csak a betegnek okozhat kárt, hanem a gyártót is jogi következmények fenyegetik. Az orvosi eszközökben alkalmazott műanyagokkal szemben emiatt igen magasak a részben műszaki, részben az előírások szerinti követelmények,



1. ábra. A hordozható orvosi eszközök az emberi test minden részén megjelenhetnek

amelyeket mindenkor az adott terméktől függően határoznak meg. A műszaki követelmények teljesítése többnyire nem okoz gondot, az előírások betarthatósága körül azonban elég nagy a bizonytalanság, mert nincs olyan szabvány vagy alapvető dokumentum, amely meghatározná, hogy mikor lehet egy műanyagot „orvosinak” nevezni. Zavart okoz az is, hogy egyes gyártók az orvostechnikának ajánlott termékeiket „orvosi műanyagként” (medizinischer Kunst-stoff), mások „orvosi minőségű műanyagként” (Medical Grade Plastic) forgalmazzák. Az utóbbi elnevezés a

kiemelkedő minőséget sugallja, és többnyire arra (is) utal, hogy kielégíti az ISO 10993 szabvány szerinti, emberi szervezettel összeférő tulajdonságra (biokompatibilitásra) vonatkozó követelményt. (Az emberi testtel bárhol érintkezhető orvosi eszköz – 1. ábra – az érintkezéstől semmiféle elváltozást nem szenvedhet, és az emberi testen semmiféle módon nem válthat ki kellemetlen vagy káros hatást.) Ez a szabvány azonban nem tartalmaz semmiféle előírást a gyártási recept szigorú betartására, ami pedig a gyógyászatban alkalmazott anyagok esetében alapvető feltétel. Az orvostechnikában alkalmazott műanyagokat ugyanis idő- és költségigényes laboratóriumi és klinikai vizsgálatoknak vetik alá, hogy meggyőződjenek arról, nem okoznak-e nemkívánatos mellékhatást a beteg szervezetében. A recept bármilyen változásakor ezt a vizsgálatot ismételtel el kell végezni. Ha ez nem történik meg, és a forgalomba hozott orvosi eszköz miatt egy beteget kár ér, a teljes felelősség az anyagszállítót terheli.

Az orvosi műanyagokat gyártóknak ezért célszerű egy „változást menedzselő” munkacsoportot felállítani, amely minden felhasznált és gyártott anyag változását felügyeli. Ez azért is fontos, mert a műanyaggyártók általában tömegtermékeket állítanak elő, amelyeket a legkülönbözőbb iparágakban és alkalmazási területeken használnak fel.

A VDI irányelvek lefektetésén dolgozó bizottság egyik tagja, az Albis Plastic GmbH (Hamburg) munkatársa elmondta, hogy az orvosi eszközökhöz felhasználandó anyagok kiválasztása mindig frusztrációt kiváltó feladat, és már többször előfordult, hogy rosszul döntöttek. Az irányelveket kidolgozó bizottságot 2016-ban a VDI „Műanyagok az orvostechnikában” témájú friedrichshafeni konferenciája után hozták létre. A bizottságban ott van a franciaországi Sanofi gyógyszergyártó vállalat (Páris), a svájci orvostechnikai Roche Diagnostics cég (Rotkreuz), a hollandiai alapanyaggyártó LyonellBasell (Rotterdam), a németországi Ineos Solution (Frankfurt am Main) képviselője. A bizottság elnöke a Schmalkaldeni Főiskola műanyag-feldolgozási laboratóriumának professzora, dr. S. Roth.

A 2017-ben megfogalmazott irányelveket a VDI 2019 júliusában tette közzé. Ebben definiálták azokat a követelményeket, amelyeket a műanyaggyártók termékeinek ki kell elégíteniük, hogy gyártmányaikat „orvosi minőségű műanyagként” nevezhessék. Ilyenek a

receptúra és a termék minőségének változatlansága, a biokompatibilitás és az ellátás biztonsága, továbbá az előírások betartásának szavatolása. Az irányelvek utalnak a változást menedzselő munkacsoportok felállítására; a csomagolás, a tárolás és a szállítás megszervezésére; továbbá a szállító és az ügyfél kapcsolatának kialakítására. Az irányelveket a műanyaggyártók vezérfonalként vagy akár kézikönyvként használhatják. Az irányelvekben felfedezett hiányosságokat a közös munka során folyamatosan pótolják.

Az irányelvek egyik legfontosabb része a receptúra állandóságával foglalkozó fejezet. Ez ugyanis a legfontosabb tényezője a változatlan anyagtulajdonságoknak, a megbízható feldolgozásnak és a végtermék (az orvosi eszköz) előre meghatározott és megkívánt jellemzőinek.

A receptúra állandóságának alapfeltétele, hogy előre pontosan kiválasszák a gyártandó műanyag fő és kiegészítő komponenseit és csak ezeket alkalmazzák; emellett szigorúan betartsák az előírt gyártási eljárást. A felhasznált komponenseknek azonosnak kell lenniük, és beszerzési forrásaikat ismerni kell. Az összetétel gyártási folyamatban fellépő esetleges ingadozásából eredő eltérések toleranciahatárait előre meg kell határozni. A komponenseket és azok gyártóit az orvosi műanyagok gyártója választja ki, és azok nem tartoznak a forgalomba hozatal felelősségi tartományába. A receptúra esetleges változásáról az orvosi műanyagokat felhasználó partnereket a változást menedzselő munkacsoportnak értesítenie kell.

A gyártási eljárás állandóságának feltétele, hogy egyértelműen meghatározzák, mely gépi berendezéseken kell azt elvégezni. A gépeket előzetesen kockázatértékelésnek kell alávetni. Ha a gépeket különböző gyártási folyamatokhoz alkalmazzák, vagy ha egy gyártási folyamatot többféle gépen végeznek, meg kell vizsgálni, hogy azok hogyan hatnak a receptúra állandóságára.

A receptúra állandóságát folyamatos ellenőrzés alatt kell tartani. Ha a receptúrában vagy a gyártási eljárásban bármilyen változás történik, meg kell vizsgálni, hogy milyen hatással van ez a termékre, azaz az orvosi műanyagra. A vizsgálatnak ki kell terjednie a mechanikai, termikus, kémiai és optikai tulajdonságokra, a morfológiára, a feldolgozhatóságra és a biokompatibilitásra is. A komponensek vagy a gyártástechnológia, továbbá a tulajdonságok esetleges változásairól mindenkor tájékoztatni kell a műanyag felhasználóját.

A receptúra állandóságát szavatoló adatokat a gyártónak dokumentálnia kell. Az adatoknak tartalmaznia kell a recept összetételét, a komponensek forrását és műszaki adatlapját, a gyártási eljárás leírását, a gyártáskor alkalmazott kritikus paramétereket, a gyártást végző üzem megnevezését, a termék ellenőrző vizsgálatához alkalmazott vizsgálati eljárásokat.

Az Albis cégnél az irányelveket már a gyakorlatban alkalmazzák. A cég *Alcom Med* elnevezéssel 2019-ben kifejezetten az orvostechnika számára gyártó kompaundáló üzemet hozott létre, amelyben az irányelvek szerint megy a gyártás. Az üzem megvalósítása és a VDI bizottság munkája párhuzamosan haladt, ami hasznos tapasztalatokat eredményezett, és pozitívan hozzájárult az irányelvek kialakítására.

Az irányelvek lefektetése után is maradt egy nyitott kérdés: hogyan lehet egy harmadik felet, a vásárlót meggyőzni arról, hogy a gyártó betartotta az irányelveket? Erre való az *ISO 13485* szabvány, amely az orvosi műanyagok minőségbiztosítását szabályozza, és számos pontja megegyezik a VDI irányelvekben található követelményekkel. Ebben a szabványban a

végpont, azaz az orvosi eszköz áll a fókuszban, a VDI irányelvekben pedig a gyártási folyamat egy előző lépcsőjét, az alapanyagok és a felhasznált műanyagok megbízhatóságát próbálják szavatolni.

Mivel a VDI irányelvek betartása egyelőre nem kötelező, az *Alcom Med* termékeket az *ISO 13485* szabvány szerint minősítik. A cég az irányelveknek megfelelően kötelezettséget vállal orvosi műanyagainak kiemelkedő minőségéért, és a VDI irányelvek betartását a szabvány szerint végzett minősítés alapján bárki számára nyomon követhetővé teszi.

Az *Alcom* eddigi tapasztalatai alapján meg van győződve arról, hogy a VDI irányelvek alkalmazásával megtette az első lépést a megfelelő úton. Az *ISO 13485* szabvány szerinti minősítés segítette a cégnél abban, hogy az egyes munkafázisokra és folyamatokra vonatkozó útmutatásokat módosítsa. A minősítés folyamata arról is meggyőzte őket, hogy az irányelvek lefektetése jelen formájában nem a végpont, és a piac visszajelzései, továbbá a felhasználók tapasztalatai szerint további fejlesztést igényel.

Az orvosi műanyagok gyártói korábban is indítványozták és próbálták valamilyen módon megfogalmazni az ilyen termékekkel szembeni követelményeket, de a műanyagipar ezekre nem nagyon reagált. A 2017-ben megfogalmazott VDI irányelvek megjelenése nagyobb érdeklődést váltott ki, mert eleve két iparágat, a műanyaggyárakat és az orvosi eszközök gyártóit érintette, ezek képviselőit pedig egy asztal köré ültette. Több múltbeli példa van arra, hogy a VDI irányelvei a későbbi szabványok startpontjaivá váltak, és ezeket a szabványokat más országok is átvették.

A nagyobb figyelem arra is visszavezethető, hogy a VDI szokásai szerint lehetővé tette a szabad konzultációt; a bizottság tagjain kívül az egyedi véleményeket és vállalatok hozzászólásait is befogadta. A bizottság valamennyi tagja amellet van, hogy a közös munkát komolyan vegye, nyitott legyen a hasznos tanácsokra és ötletre, továbbá hogy a piac tapasztalatait és elvárásait felhasználja az irányelvek továbbfejlesztésében.

Műanyagok a hordozható orvosi eszközök külső burkolatához

Az időskorú lakosság részarányának nagyobbodása együtt jár a krónikus betegek számának növekedésével, ami növeli az egészségügyi személyzet terhelését és a betegellátás költségeit. Ezért a gyógyításban egyre nagyobb szerepet kapnak azok az eszközök, amelyek lehetővé teszik, hogy bizonyos betegeket és betegségeket kórházi ápolás helyett valamilyen hálózatba kötött eszközökkel saját otthonukban tartsanak ellenőrzés alatt és/vagy ilyen eszközökkel lássanak el gyógyszerekkel. Ezek az eszközök megteremtik az állandó kapcsolatot az egészségügyi intézménnyel, a beteg orvosával (2. ábra), ami könnyebbséget teremt az intézmény számára és jobb életminőséget jelent a beteg számára. Ma már ilyen eszközökkel tudják a betegek EKG, EEG vizsgálatát elvégezni vagy vércukor-koncentrációját ellenőrizni.

A hordozható készülékekhez felhasznált műanyagokat a készülék funkciójának megfelelően kell kiválasztani. Néhány speciális esetben, pl. a fitness-okoskarkötők gyártásakor csak a mechanikai tulajdonságokra és a formázhatóságra kell ügyelni. Orvosi eszközöknél, pl. gyógyszert adagoló fecskendőknél már fontosabb a pontos adagolás, a sterilizálhatóság és a biokompatibilitás. Az orvostechikában sokféle eszközhöz, elsősorban az elektronikus eszközökhöz és az egészség megőrzését szolgáló eszközökhöz jól bevált a

polikarbonát (PC). A hordozható eszközök külső burkolatának vagy házának legfőbb követelményei a következők:

- Meg kell védenie az eszköz belsejét, függetlenül attól, hogy az gyógyszert vagy elektronikát tartalmaz, azaz ki kell zárnia a külső körülmények, pl. a nedvesség vagy a környezetben előforduló vegyszerek hatását, és meg kell őriznie eredeti szilárdságát.
- Meg kell akadályoznia, hogy hordozója az elektromos alkatrészekkel közvetlenül érintkezhesék.
- Lehetővé kell tennie az eszköz kommunikációját az eszköz hordozójával, amiben a burkolat aktív szerepet kaphat pl. fényjelek kibocsátásával vagy kijelző képernyővel; bizonyos esetekben pedig jeleket kell továbbítani egy másik eszköz, pl. egy okostelefon számára.
- Küllemének tetszetősnek kell lennie, hogy hordozója szívesen viselje (3. ábra).



2. ábra. A hálózatba kötött orvosi eszközök működési elve



3. ábra. A hordozható okoskarkötőnek csinosnak kell lennie, hogy gazdája szívesen viselje

A németországi Covestro cég (Leverkusen) többféle műanyagot kínál orvosi eszközök házána gyártására. Csökkentett éghetőségű *Bayblend FR3010* márkanevű kompaundja iránt a legnagyobb a kereslet, amely PC és ABS (akrilonitril-butadién-sztirol kopolimer) keveréke. Ez a műanyag könnyen feldolgozható, és sokféle elektronikus eszköz burkolatához használják. Húzómodulusa 2700 MPa, húzószilárdsága a folyáshatáron 60 MPa, Izod ütővizsgálatkor 23 °C-on nem törik el. A mechanikai tulajdonságok mellett fontos a műanyag forma- és hőállósága, éghetőségi fokozata és fröccsönthetősége is.

A készülékházak anyagainak kiválasztásakor figyelembe kell venni a ház méreteit és falvastagságát is. A hordozható eszközök méreteit és falvastagságát csökkenteni igyekeznek, hogy hordozójuknak minél kevesebb kényelmetlenséget okozzanak. A kisméretű eszközök fala akár 0,5 mm-nél vékonyabb is lehet. Ehhez szívós, emellett merev anyagokra van szükség.

Az árammal üzemeltetett kész orvosi eszközök mechanikai tulajdonságait a *DIN EN 60601-1* szabvány szerint vizsgálják. Elsőként 250 N erővel 5 s időtartamig terhelik az eszköz burkolatát, amelyen semmiféle károsodás nem keletkezhet. A második lépésben 0,5 tömegű acélgolyót legalább 1,3 magasságból ejtenek rá, a harmadik próbában pedig magát az eszközt ejtik le 1 m-ről. A többféle hőmérsékleten ütésálló *Makrolon 2458* márkanévű PC vagy a 20 °C-on ütésálló *Bayblend FR3010* PC+ABS kompaundból készített házak ezeket a próbákat többnyire kiállják. A szigorúbb, többféle oldalról és alacsony hőmérsékleten végzett ütésállósági vizsgálatok során a PC már legtöbbször eltörik.

1 mm-nél vékonyabb falvastagságú készülékházak gyártásához kisebb ömledékviszkozítású polimert kell választani. Ha a *Makrolon 2458-ből* 0,5 mm vastag házat akarnak fröccsönteni, annak folyási útja fele akkora lesz, mint az 1 mm vastag ház fröccsöntésekor. Általános szabály, hogy magasabb viszkozítású műanyagokkal nagyobb szilárdságú és (a hosszabb polimerláncok miatt) vegyszereknek jobban ellenálló burkolatokat lehet készíteni; a kis viszkozítású műanyagokkal vékony falú, de kevésbé vegyszerálló házat lehet fröccsönteni.

A hordozható orvosi eszközök sokféle vegyi anyaggal érintkezhetnek, mindenekeelőtt testápolókkal és fertőtlenítőszerrel, amelyek hatása az érintkezés időtartamától és a hőmérséklettől is függ. Az alkoholt, fehérítőszert, hipokloritot, peroxidot vagy aldehidet tartalmazó fertőtlenítőszerrel kevésbé hatnak a PC-re, de a 10 pH-nál lúgosabb, továbbá az aminokat vagy ammóniumsókat tartalmazó készítmények kondenzációs jelenségeket válthatnak ki a PC-ből vagy a PC+ABS-ből gyártott burkolatokon. A Covestro cég ilyen esetben a PC részlegesen kristályos polimerrel kombinált (PC+poliészter összetételű) kompaundjainak alkalmazását ajánlja, amelyek az olajokkal és a legtöbb tisztítószerral szemben is ellenállóak.

A burkolat gyúlékonysága a falvastagságtól is függ. A *DIN EN 60601-1* szabvány a vékony falú burkolatok *UL94 V* szabvány szerinti legalább V2 vagy annál jobb éghetőségi fokozatát írja elő. A Covestro PC alapú kompaundjai kielégítik a V2 éghetőségi fokozat követelményeit. A szigorúbb éghetőségi fokozatú anyag alkalmazása különösen az árammal működtetett eszközöknél indokolt. A kifejezetten hordozható eszközökre vonatkozó *DIN IEC 63203-101-1* szabvány fejlesztés alatt van, ez feltehetően az éghetőségre vonatkozó részletesebb előírásokat is tartalmazza majd.

A készülékházak anyagának fontos tulajdonsága a hőállóság és a formaállóság is. Meleg nyári napokon egy napsütötte gépkocsiban akár 80 °C hőmérsékletet is mérhetnek. Az eszközök gyártásakor pedig az alkalmazott technológia miatt az anyagok 100 °C feletti hőmérsékletnek is ellen kell állniuk. A *Makrolon* márkájú PC-k 100 °C-t tartósan elviselnek, rövid ideig pedig a 121 °C-ig szavatolják a formaállóságot. Erős hőmérséklet-ingadozás mellett a készülékházaknak meg kell tartaniuk méretállandóságukat is. Ez elsősorban az anyag lineáris hőtágulásától (CLTE, Coefficient Linear Thermal Expansion) függ. A PC CLTE értéke mindössze $0,65 \times 10^{-4}/K$, ezért a belőle készített burkolatok méretüket a polimer üvegesedési hőmérsékletéig, 145 °C-ig megtartják.

Mivel a hordozható orvosi készülékek legtöbbször az emberi testtel közvetlenül érintkeznek, nem megengedhető, hogy azok anyagából olyan komponensek, mint pl. festékek, katalizátormaradványok stb. irritációt vagy egyéb káros reakciót váltsanak ki a beteg bőrében. Ennek elkerülését segíti az *ISO 10993* szabvány, amely az biokompatibilitás megítélése alapján – az érintkezés módját és időtartamát is figyelembe véve – több csoportba sorolja az eszközöket. Ha azok közvetlenül érintkeznek a bőrrel, vizsgálni kell az anyagok

citotoxicitását is *ISO 10993-5* szabvány szerint, azaz hogy nem mérgező hatásúak-e a biológiai sejtekre; továbbá az allergén hatást *ISO 10993-10* szabvány szerint. Ezeket a vizsgálatokat magán az eszközön végzik, de célszerű a biokompatibilitást már korábban, az anyagokon is ellenőrizni. Az orvosi eszközök mellett tanácsos a wellnessipar eszközeit is hasonló vizsgálatoknak alávetni.

A hordozható orvosi eszközök gyakran más eszközökkel, pl. okostelefonnal vagy speciális diagnosztikus végző eszközökkel vannak összekötve. A hordozható eszköz háza csak minimális mértékben gyengítheti az adó és a vevő eszköz közötti jelet. Ez főképpen a ház anyagának dielektromos állandójától (Dk) és veszteségi tényezőjétől (Df) függ. Az *1. táblázat* néhány műanyag 5,0 GHz frekvenciával mért értékeit mutatja. Minél alacsonyabbak ezek az értékek, annál jobb a jel átvitele. Az alacsony Dk és Df érték különösen előnyös a magasabb frekvenciák alkalmazásakor, pl. 30 GHz esetén, amelyet nagy mennyiségű adat átviteléhez használnak. A hordozható készülékeket alacsony frekvenciával működtetik, mert ezek kevesebb áramot és kisebb elemkapacitást igényelnek. A szükséges frekvencia nagysága függ a vevőeszköz távolságától. Néhány kilométeres távolsághoz (ilyen lehet egy okoskarkötő jelének útja) pl. 1 GHz is elegendő. A 2,4 GHz frekvenciával működő bluetooth eszközök ugyancsak egy közeli területen belül tudnak kommunikálni egymással.

1. táblázat

Néhány műanyag dielektromos állandója (Dk) és veszteségi tényezője (Df) 5,0 GHz frekvenciával mérve

Műanyag	Dk	Df
PC	2,7	0,005
PA66	3,2	0,02
PA6	3,2	0,03
PBT	2,9	0,006
PP	2,2	0,0002
ABS	2,7	0,005

Az alacsony frekvenciával működő eszközök kommunikációjához azonban magas antennák kellenek, amelyeket a hordozható készülékeken nem lehet alkalmazni, ezért ezek helyett ún. csipantennákat (PCB-t, áramköri lapot) építenek be az eszközök belsejébe vagy házába.

Egy új technológia szerint lézeres közvetlen strukturálással (LDS, Laser-Direkt-strukturierung) építik be a házba az elektronikát. Ehhez erre alkalmas műanyagokat kellett kifejleszteni. A ház felületén bizonyos területeket lézerral aktiválnak, majd ezekre az aktivált részekre viszik fel különböző fémrétegeket. Egy másik eljárásban ún. struktúrelektronikát hoznak létre (In Mold Electronics, IMSE). Ebben az elektronikát vékony fóliára nyomtatják, majd a fóliát formázzák, és körülfröccsentik a ház anyagával. Ilyen módon az áramkört beágyazzák a ház falába. A PC-t hőállósága különösen alkalmassá teszi ennek a technológiának az alkalmazására, mert a beágyazás közben akár 150 °C hőmérséklet is előfordulhat.

A korszerű technika további kommunikációs vagy látványos elemek, pl. fényt kibocsátó diódák, LED-ek beépítését is lehetővé teszi. A LED-et tartalmazó eszközök burkolatát átlátszó anyagból kell készíteni, egyúttal a fény szórásáról is gondoskodni kell, hogy ne alakuljanak ki az eszközben forró pontok. A PC ehhez kellően átlátszó, és alkalmas festékekkel vagy fényszóró adalékkal a túlmelegedést is meggátolja. Bizonyos színezékekkel olyan műanyagokat is elő lehet állítani, amelyek csak bizonyos hullámhosszú fényt eresztenek át – egy feketének látszó PC pl. csak az infravörös hullámokat –, amelyeket speciális érzékelőként lehet hasznosítani.

Az orvosi eszköz házába beépített kijelző színe bekapcsolás előtt fekete. Bekapcsolás után életre kel, sokféle színnel sokféle információt közöl. Egy ilyen kijelző ugyanis sokféle anyagból épül fel és megtervezése és előállítása komoly hozzáértést igényel, különösen olyankor, ha a képernyő érintős, vagy az eszköznek bonyolult 3D-s formája van.

A hordozható orvosi eszközök házai sokkal többet tudnak, minthogy csupán védelmet nyújtsanak a bennük lévő szerkezetnek. Emiatt alapanyagaiknak is sokféle igényt kell kielégíteniük. Kiválasztásuk egy konkrét alkalmazásra nagy kihívást és nagy hozzáértést követel.

Összeállította: Pál Károlyné

Meyer, L.: Keine Unsicherheit mehr in der Medizintechnik = Kunststoffe, 2020. 4. sz. p. 44–47.

Wearable technology: A prescription for an improved patient experience = https://www.covestro.com/en/media/newsletters/healthcare-polymers/2016_06_wearable-technology

Lützow, U.: Schutz und attraktives Design. Materialien für die Gehäuse medizinischer Wearables = Kunststoffe, 2020. 5. sz. p. 54–57.

Connected wearable medical devices improves healthcare = <https://www.pioneeringminds.com/-connected-wearable-medical-devices-improves-healthcare/>

Wearable of Internet of Medical Things = <https://iothought.com/wearables-of-internet-of-medical-things/>