

Bővül a műanyagok alkalmazása az orvostechikában

A gyógyítás egyre modernebb eljárásokat alkalmaz az újonnan kifejlesztett berendezések, eszközök segítségével. A nagyléptékű innovációs folyamatokban a műanyag alapanyaggyártók és a feldolgozók is aktívan részt vesznek. Újdonságaikat évről-évre szakkiállításokon mutatják be.

Tárgyszavak: orvostechika; mikrofröccsöntés; csip; kiállítás; temperálás; műszaki műanyagok; ultrahangos eljárás.

A műanyagok szerepe az árcsökkentésben

A gyógyítás költségei évről évre nőnek, és a költségtényezők között ott szerepelnek az orvostechikát alkotó berendezések, eszközök is. A költségek emlegetése azonban csak az egyik oldal – hiszen az iparilag fejlett országok mindegyikében az átlagéletkor növekedése miatt egyre több orvosi beavatkozásra, szolgáltatásra van szükség.

Az egyik jól felismerhető és már régóta folyó trend a miniatürizálás, például a minimális beavatkozást igénylő terápiák, a diagnosztika (*lab-on-a-chip technológia*), a beültethető, majd a hatóanyagot lassan leadó „gyógyszerraktárak” területén. A kisebb eszközöknél megnő a felület szerepe a térfogathoz képest, megvalósul a test és a technológia bizonyos fokú összeolvadása. Az implantátumok említett „raktározó” szerepe mellett fontosak az olyan funkcionális szerepek is, mint amelyeket pl. a húgyhólyag, a szívbillentyűk vagy a csontok esetében játszanak. A csontok esetében az implantátumok komoly mechanikai behatásoknak is ki vannak téve, ezért a fejlődés először a csontcementekkel indult, majd ez után következtek a csonthelyettesítő anyagok, és ma már olyan komplex elemek helyettesítésére is sor kerül, mint egy-egy csigolya. A szívimplantátumoknál nagy lehetőséget rejt magában a *műanyagok és az elektronika (szenzorok, végrehajtó szervek) kombinációja*. Eddig a szivattyúkat leszámítva a műanyag implantátumok passzívok voltak, de közel az idő, amikor beépített mechanikai és villamos funkciók is elérhetők lesznek. A merev műanyagok mellett az olyan elasztomereket, mint a TPE (hőre lágyuló elasztomer) és a szilikongumit is egyre inkább alkalmazzák katéterként, infúziós és dializáló rendszerekben vagy szekrétum és vizeletgyűjtő funkcióban. Biokompatibilitásuk, kis allergén hatásuk, kellemes tapintásuk, könnyű és reprodukálható feldolgozhatóságuk jó ár/érték hányadost biztosít.

Kockázatok és mellékhatások csökkentése

Másik jól felismerhető tendencia az egyéni terápia, pl. a genetikai állomány ismerete alapján. Ezzel csökkenthetők nemcsak a költségek, hanem a kockázatok és

mellékhatások is. Ehhez megfelelő vizsgáló és szűrőeszközökre van szükség, például *csip alapú technológiákra és mikrotiterlemezekre*. A kórházi fertőzések megelőzésében célzott terápiákat alkalmaznak, amelynek előfeltétele a különböző csírák és azok ellenálló képességének felmérése. A műanyagok itt is fontos szerepet játszanak, mint szubsztrátumok. A kórházi ellátásban egyre fontosabbak a *mobil (mozgatható) eszközök és az ezüsttartalmú antimikrobiális hatású műanyagfelületek*. A fertőzések megelőzését szolgálják az *egyszer használatos műanyag eszközök*, különösen azokban az esetekben, ahol a beteg önmagának adja be az orvosságot. Tipikus példa a cukorbeteg vércukorszint-mérése és inzulinbeadása, amelyek korszerű megoldásai több kényelmet és biztonságot nyújtanak az egyébként krónikus betegeknek.

A költségcsökkentés lehetőségei

Egyre fontosabbá válnak az úgynevezett helyettesítő terápiák, amikor egy-egy gyógymódot más, gazdaságosabb kezeléssel váltanak ki. Érthető módon az ezzel kapcsolatos kutatásokat a megtakarítás reményében a német állam is támogatja. Ennek része pl. számos fémeszköz műanyaggal való helyettesíthetőségének vizsgálata. A műanyagok egyik nagy előnye többek között, hogy nem zavarják az olyan modern képalkotó módszerek alkalmazását, mint a röntgentomográfia vagy az NMR-tomográfia. A habosítható műanyagok pórusaiban hatóanyagot is el lehet helyezni és a testbe bejuttatni. A könnyű feldolgozhatóság ugyancsak csökkenti a költségeket a fémekkel összehasonlítva.

A műanyagok kulcsszerepet játszanak a minimális beavatkozásokkal járó terápiákban, amelyek nemcsak kevesebb (de korszerűbb) eszközt igényelnek, hanem a gyorsabb gyógyulással is hozzájárulnak a költségek csökkentéséhez.

Újdonságok a Medica/Compamed orvostechnikai kiállításokon

A német Medica/Compamed kiállításokon sok érdekes újdonsággal jelentkeztek a berendezés- és eszközgyártók, valamint a részegységeket szállító cégek. Ez a terület a gazdasági nehézségek mellett és ellenére is meglehetősen aktív maradt: a 2009 novemberében, Düsseldorfban megtartott kiállításon több mint 4 ezer kiállító vett részt, és mintegy 138 ezer látogató volt kíváncsi a termékekre, amelyek széles alkalmazási területet érintenek: a hagyományos palack, pipetta és cső mellett kiterjedt a készülékekre vagy éppen a kábelekre. Az **Axon Cable** pl. PVC, PUR és TPE alapú kábelbevonatait ezüstionok hozzáadásával tette baktériummentessé. Erre elsősorban a kórházon belüli fertőzések (pl. *E. coli*) megelőzése érdekében van szükség. *A kórházi fertőzések aránya még a fejlett országban is eléri a 8%-ot.* Az Axon cég ugyancsak piacra hozott 20 µm átmérőjű PTFE-ből készült agyi mikrokatétert, amely jóval finomabb a jelenleg piacon kapható 70 µm-s katétereknél.

A német **ThinXXS** cég piezoelektromosan működtetett mikrodiafragma membránszivattyúkat mutatott be és egy *Snake-Mix* nevű mikrofluidikai eszközt, amely igen kis folyadékmennyiségeket képes összekeverni és továbbítani. Az előállításához *Topas COC* vagy *Zeonor COP* polimereket használnak biokompatibilitásuk, vegyi ellenálló-

képességük és jó optikai jellemzőik miatt. A készülékekben levő legvékonyabb öntött csatorna átmérője kb. 100 µm, ami megközelítőleg egy emberi hajszál vastagságának felel meg. A **Bartels Microtechnik mp6** néven mutatott be 30x15x3,8 mm méretű, poliszulfonból készült, teljesen műanyag alapú áramláskontrollált mikroszivattyút. A szivattyúnak lézerrel hegesztett háza, piezoelektromos membránjai és passzív ellenőrzőszelepei vannak. Az automatikus összeszerelő egységek használatával a szivattyúk olyan olcsón állíthatók elő, hogy szinte eldobható egységként használhatók.

A **Bischof + Klein** cég *CleanFlex* márkanéven mutatott be összehajtható és lehúzással nyitható, nagy mennyiségű fecskendő csomagolására alkalmas zacskókat. A termékeket DIN szerint 5. osztályú tisztatérben működő feldolgozó és nyomtató üzemben állítják elő.

A **DSM** bemutatta a *Biomedical II PCU-t*, a *Bionate* polikarbonát-uretán sorozat legújabb, implantátumokhoz ajánlott tagját. A polikarbonát alapú poliolt tartalmazó rendszert beépített *SAME-technológiával* (biológiailag aktív felületmódosító funkciók csoportok, amelyek flexibilis, spontán rendeződő „távtartó” csoportokon keresztül kapcsolódnak a tömböt alkotó molekulákhoz) látták el, ami javítja a felületi jellemzőket az implantátumokban.

A kompaundokat gyártó és fejlesztő **PolyOne** termékei közül említésre méltó a *Stat-Tech* márkanévű, villamosan vezető PP-kompaund, amelyből robotpipetták pontosabb adagolást biztosító végződése gyárthatók, és a *GLS Versaflex HC* hőre lágyuló elasztomercsalád. Ez utóbbit citotoxikációs és hemokompatibilitási jellemzői alkalmassá teszik az orvosi csövek gyártására, térfogategységre vonatkozó ára pedig (kisebb sűrűsége miatt) összevethető a PVC-ével. A csövek a PVC-hez hasonló sebességgel extrudálhatók, és nincs szükség ömledékszűrőre. A *Versaflex HC* csövek 120 °C-on 30 percig autoklávozhatók, sőt az *MT307* típus akár 137 °C-on is. A cég bemutatta *Trillian HC* volfrámtöltésű poliamid 12 polimerjét is, amely vezető vagy antisztatikus jellemzőket biztosít röntgen- és rádióhullámú átlátszatlanság mellett. A *Trillian HC* SG értéke 8, ami nem áll messze az ólom 11-es SG értékétől. Az anyag árnyékolási alkalmazások mellett felhasználható röntgensugarat fókuszáló optikák készítésére is.

Az egyik **Fraunhofer Intézet** különböző fém-, kerámia- és polimerporból készített biotechnológiai anyagokat mutatott be, amelyek különleges gyártástechnológiákkal (pl. mikroextrúzió, mikrofröccsöntés) készültek mikroméretben vagy mikronos felületi struktúrákkal. A svájci **Gemü** cég 1,5 ml űrtartalmú autoklávozható mikrocentrifugacsöveket mutatott be, amelyek előnye, hogy kisebb a felhasználó ujjá általi szennyeződés veszélye, ugyanis azokat a fedél hátoldali megnyomásával lehet kinyitni – szemben a hagyományos módszerrel. A Gemü 20 fröccsöntő gépet üzemeltet, amelyek közül egyesek a DIN 6-os tisztatér körülményei között dolgoznak. A **Greiner Bio-One** véralvadás automatikus vizsgálatát végző PP csöveket mutatott be. Ezek a 9 mm átmérőjű csövek nem törékenyek, mint az eredetileg használt, 13 mm-s üvegcsövek. Ugyanez a cég gyártja a módosított felületű *Advanced TC* polisztirolcsészéket szövettenyésztéshez, speciális poliolefin tárgylemezeket proteinkristályok vizsgálatához, PP csöveket minták lefagyasztásához, ELISA mikrolemezeket stb.

A **Harmonic Drive Polymer** bemutatta két standard méretben elérhető műanyag bolygókeres meghajtását (8–70 mm-s méretben), amely csökkenti a szerszámzási költségeket a hagyományos fémmegoldásokhoz képest, és amely hordozható és személyes adagolóberendezésekben, diagnosztikai rendszerekben, sebészeti eszközökben használható. A jövőben nemcsak a bolygókeres, hanem a tokozást is műanyagból fogják előállítani.

Az Egyesült Királyságban működő **Micro Systems** egy *Battenfeld Microsystem* típusú mikrofröccsöntő gépen mutatta be feldolgozási és szerszámgyártási tudását, amelyen katéteralkatrészeket, felszívódó sebészeti segédeszközöket, csipeszeket, csatlakozókat, optikai elemeket állítottak elő.

A **Paritec** cég a Fraunhofer Intézet által kifejlesztett technológiával állít elő piezoelektromos membránokat, ahol a rozsdamentes acél szivattyúkamrát poli(éter-imid)-del (PEI) bélelik, illetve erre préselnek szilikongumi szelepeket. A PEI-re hőállósága miatt esett a választás (120 °C-ig felhasználható). Az így készült szivattyú 50 µl és 100 ml/perc közti sebességgel képes vizet továbbítani, de 1000 mPa.s viszkozitású folyadékok (pl. glicerin) továbbítására is alkalmas.

A francia **Plastiques Gosselin** cég fröccsfúvással előállított, 125–1000 ml-s PET palackokat mutatott be, amelyekhez csak roncsolással felnyitható PE-HD záróelemek tartoznak, és amelyeket a gyártás során béta-sugárzással sterilizálnak.

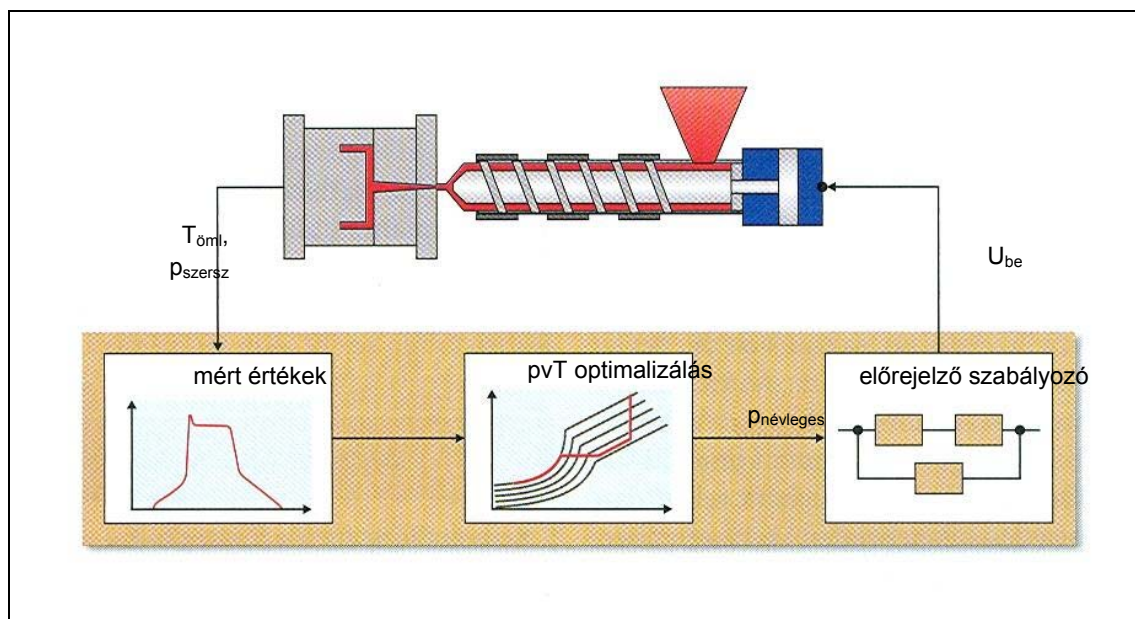
Feldolgozástechnikai újítások az orvostechikában

Az orvostechika (amelynek Németországban nagy hagyományai vannak) olyan iparág, amelynek van jövője, hiszen az új ötletekkel nemcsak nagy hozzáadott érték állítható elő, de sok ember élete tehető könnyebbé vagy elviselhetőbbé. Érthető tehát, ha erre a területre több pénzt fordítanak, mert nagy növekedési lehetőségeket kínál még depressziós gazdasági környezetben is. A német orvostechikai ipar portfóliója széles (a képpalkotó eljárásoktól a diagnosztikai rendszereken keresztül az aktív és passzív implantátumokig), sok innovatív elemet tartalmaz, ezért versenyképes a nemzetközi piacon. Az alkalmazott műanyagok köre igen széles, és folyamatos igény van nemcsak az új anyagokra, de az új konstrukciókra, feldolgozás- és alkalmazástechnikai újításokra is. Az orvostechikai alkalmazásoknak más high-tech iparágakhoz képest vannak sajátosságai is (biokompatibilitás, sterilizálhatóság, estenként hosszú távú stabilitás biológiai körülmények között). A biztonsági követelmények rendkívüliek az anyagokkal, eljárásokkal, ellenőrzési módszerekkel szemben. Az Aachenben működő **Institut für Kunststoffverarbeitung – IKV** (Műanyag-feldolgozási Intézet) hosszú évek óta foglalkozik orvostechikai termékek és azok feldolgozását (elsősorban fröccsöntését) javító módszerek fejlesztésével.

Szerszámnyomás szabályozása

Az orvostechikai alkalmazásoknál nemcsak az anyagtisztaság fontos, hanem legalább ilyen jelentősége van a feldolgozás állandó minőségének is. Ez utóbbit nem-

csak biztosítani, de dokumentálással bizonyítani is kell. Ehhez nem elég a feldolgozó berendezés adatait rögzíteni, hanem a szerszámban fennálló körülményeket (például a nyomást) is, mert azok egyébként azonos beállítás esetén is változhatnak, pl. külső zavaró tényezők hatására. *A termékminőséget leginkább a szerszámhőmérséklet és a szerszámnyomás befolyásolja.* A szerszámnyomást és annak időfüggését a szerszámba beépített nyomásszenzor segítségével lehet követni. Az ömledék-hőmérsékletet már nehezebb folyamatosan mérni, bár pl. infravörös szenzorokkal ez is lehetséges. Kevésbé pontos, de egyszerűbben kivitelezhető a szerszámfal és az ömledék érintkezésénél hőelemmel mérni a hőmérsékletet. Ez utóbbi esetben a valódi ömledék-hőmérséklet számításával lehet megbecsülni. A reprodukálható termékjellemzőkhöz arra van szükség, hogy ne csak a gépparaméterek, hanem a szerszámparaméterek értékei, sőt azok időbeli lefutása is egyforma legyen. Az 1. ábra az online szerszámnyomás-szabályozást mutatja be. A szerszámnyomás közvetlen, online szabályozása lehetséges, de nem tartozik a technika standard állásához. A nemlineáris folyamatok és a szabályozási holtidók miatt elég komplex modelleket kell alkalmazni ahhoz, hogy a zavaró körülményektől függetlenül megvalósíthassanak egy elvárt szerszámnyomás – időfüggvényt. Az IKV-nál kifejlesztett szabályozási modell a műanyagok mért pvT viselkedésére épít – és ez lehetővé teszi például a hőmérséklet ingadozásának kompenzálását az utónyomási szakaszban. Ezáltal megvalósul a terméktömeg és a méretek állandóan tartása.



1. ábra: Az online szerszámnyomás-szabályozás folyamatábrája.

Ehhez szükség van a feldolgozott műanyag pvT diagramjára

($T_{\text{öml}}$ = ömledék-hőmérséklet,

P_{szersz} = szerszámnyomás,

U_{be} = beállított feszültség)

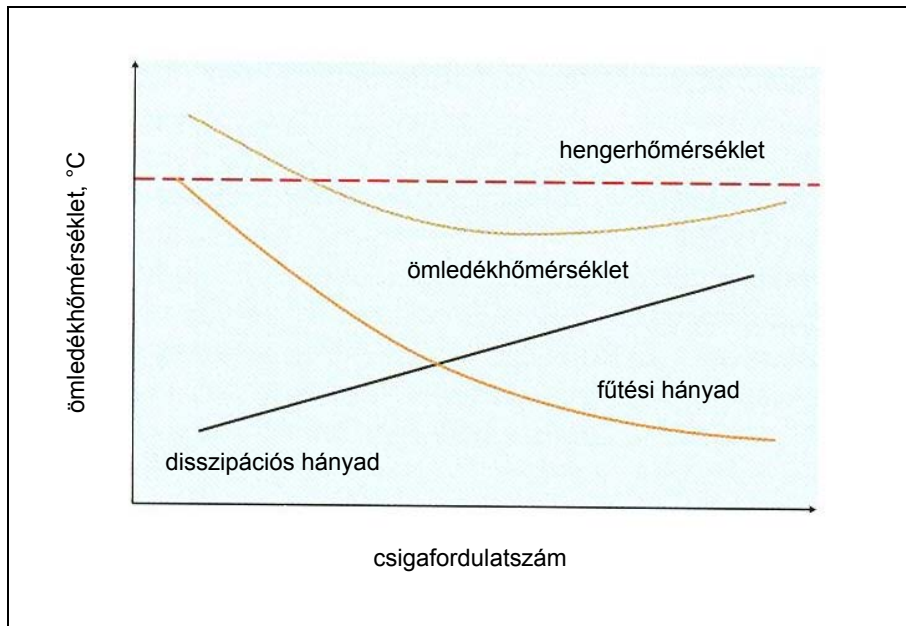
Az ömledék homogenitása

A megfelelő minőségű ömledék előállítását befolyásolja a fröccshenger fütése, de az a frikciós hő is, amelyet a műanyagnak a henger és a plasztikáló csiga közti nyíródása okoz (2. ábra). Az olyan hőre érzékeny polimereknél, mint amilyenek a polilaktid alapú polimerek, oda kell figyelni arra, hogy ne lépjen fel a műanyag szerkezetében negatív változást okozó mechanikai vagy termikus terhelés. A polilaktidok (és különösen kopolimerjeik) feldolgozási hőmérséklete alacsonyabb a hagyományos műanyagokénál, ezért nagyon kíméletes plasztikálást kell alkalmazni. Tekintettel arra, hogy az anyagba esetenként bedolgozott hatóanyagok (pl. antibiotikumok) sem mutatnak túl nagy hőstabilitást, a plasztikáló egységben való tartózkodási időt lehetőleg minimalizálni kell. Mivel az anyag helyenként hajlamos feltapadni a plasztikáló csigára, ott a lokális tartózkodási idő hosszabb lehet az átlagosnál, és az anyag kezdődő bomlása megváltoztathatja az ömledék tulajdonságait. Ha átlátszó műanyagról van szó, akkor ez legegyszerűbben az elszíneződésből állapítható meg. Az elszíneződött műanyag esztétikai hibaként jelenik meg a termékben. Az ilyen hibák valószínűsége csökken, ha meg tudják akadályozni az ömledéknek a csigához való tapadását. Ennek egyik módja a csiga bevonása, pl. *PVD (Physical Vapor Depositon = fizikai gőzkicsapás) módszerrel*. Ezzel csökkenteni lehet a selejtet és javítani a termelés gazdaságosságát. A már évek óta ismert PVD bevonatokat elsősorban a kopásállóság javítására használták – eddig a tapadásra gyakorolt hatást kevésbé vizsgálták. Az IKV-nál átlátszó polimerek (PMMA, COC, PC) feldolgozását vizsgálták meg bevonat nélküli és TiN, CrN, CrAlON bevonattal ellátott csigákkal és összehasonlították az elszíneződés vagy egyéb optikai hibák mértékét. Az eredmények (3. ábra) azt mutatják, hogy az adhéziót csökkentő PVD rétegek jelentősen képesek csökkenteni a hibák számát. Ugyanezek a bevonatok hasznosnak bizonyultak a hőérzékeny, biológiailag lebomló, orvostechikában alkalmazott polimerek feldolgozásánál is.

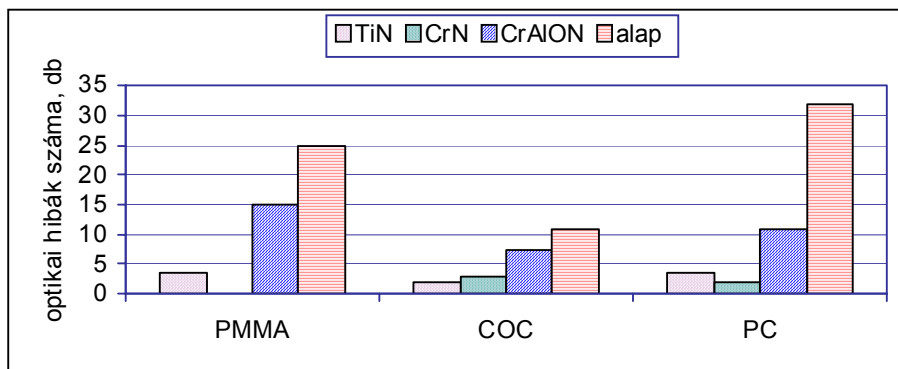
Műanyagok ultrahangos megömlesztése

Az orvostechikához kapcsolódó műanyag-feldolgozásban külön problémát jelent a milligrammos vagy annál kisebb mennyiségek feldolgozása, mert itt a hagyományos fröccsöntő gépek nem használhatók. Ezeknek adagolási pontossága nem elég a befröccsöntés során, ezért a mikrofröccsöntésben számos új megoldás jelent meg a piacon, amelyek nem föltétlenül a csigás plasztikálást alkalmazzák, noha az adagolás esetenként továbbra is dugattyúval történik. Problémát jelenthet a tartózkodási idő is a plasztikáló egységben, különösen hőérzékeny polimerek esetében. Kis mennyiségek-nél kényelmes alternatívát kínál az *ultrahangos megömlesztés*, amely a rezgés során fellépő belső súrlódást (mechanikai veszteséget) és a granulátumok egymás közti, ill. a granulátumok és a fal közti súrlódást használja ki a műanyag megömlesztésére. A megoldáshoz a jól ismert ultrahangos hegesztési technológiát hasznosítják. Az átvitt energia nagyságát a berendezés felépítése mellett a feldolgozási paraméterek (frekvencia, amplitudó, nyomóerő), valamint a feldolgozott anyag anyagi jellemzői (veszteség,

hőkapacitás, hővezető képesség stb.) határozzák meg (ld. a 4. ábrát). A bevitt hő az amplitudó négyzetével arányos. A görbe lefutása minden megvizsgált műanyagnál hasonló, a nagyságrend is azonos. A megömlesztett műanyagot bevezethetik közvetlenül a szerszámüregbe (ún. közvetlen fröccsöntés), vagy bejuttathatják egy dugattyúba és onnan a szerszámüregbe. Most már azt kell megvizsgálni és beállítani, hogy egy adott alkalmazásban milyen konfiguráció és milyen beállítási paraméterek optimálisak, amelyek még nem okoznak kárt az érzékeny anyagokban.



2. ábra Az ömladék hőmérséklete a csiga fordulatszám függvényében

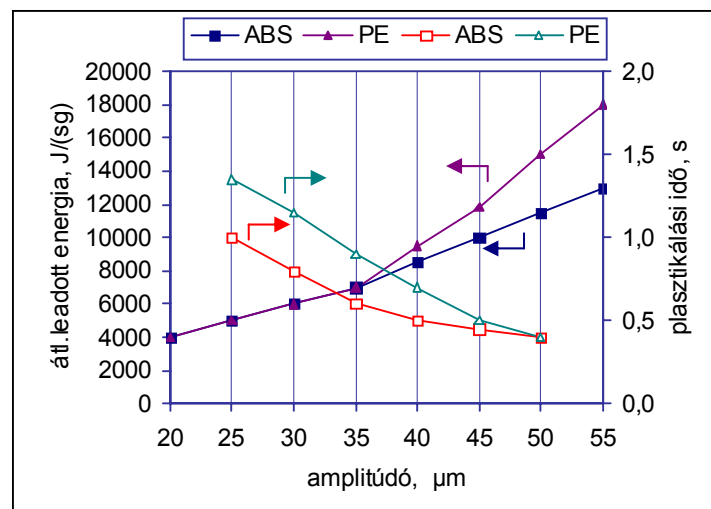


3. ábra Optikai hibák számának változása a csiga felületkezelésének hatására

A fröccszerszámok induktív temperálása

Mikrostruktúrák integrálásával funkcionális felületeket (pl. öntisztuló felületeket) lehet a termékeken kialakítani, ami az orvostechikai alkalmazásokban igen előnyös

lehet (pl. könnyebb tisztíthatóság, a tartály teljes kiürülése, pontosabb adagolhatóság stb.). A szerszámfelület geometriai finomságait akkor tudják leképezni, ha a szerszám felülete viszonylag meleg – ez viszont megnyújtja a ciklusidőt és megnehezíti a termék eltávolítását a szerszámból. A *Variotherm* eljárás során a szerszámot általában hagyományos módszerekkel temperálják, de az optimális felületi jellemzők biztosítása érdekében közvetlenül a befroccsöntés előtt induktív úton, nagy sebességgel felmelegítik a szerszám falát – de csak azokon a területeken, ahol erre valóban szükség van. A hőmérséklet-emelkedés sebessége igen nagy, 60 K/s is lehet. Ezzel a megoldással el lehet érni a kellően gyors lehülést (és rövid ciklusidőt) jó felületminőség mellett. Az ilyen megoldásoknál (különösen érzékeny műanyagok esetében) közvetlenül mérni kell a szerszámfal hőmérsékletét és arra szabályozni a fűtőrendszert.



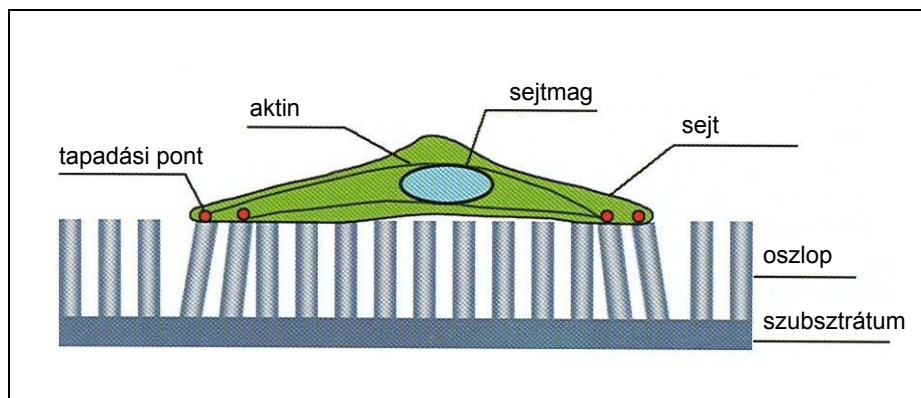
4. ábra Az átadott energia függése az amplitudótól ultrahangos plasztikálás során

Mikroszkópos oszlopok, mint biológiai szenzorok

Az úgynevezett lab-on-a-chip megoldások, ahol egyetlen csipre telepítenek egy vagy több mérő és kiértékelő eszközt, egyre inkább elterjednek a diagnosztikában. A gyártástechnológiával foglalkozó Fraunhofer Intézetben *olyan szenzort fejlesztettek ki, amely sejtek tapadási erejét méri, és amelynek felületét mikrofröccsöntéssel, hibamentesen kell kialakítani.* A sejtek szabad oldatban közel gömb alakot vesznek fel, ahhoz, hogy „kilapuljanak”, egy jól definiált felületre van szükség. A kilapulást azonban bizonyos sejten belüli erők gátolják – a két hatás egyensúlya határozza meg a sejt alakját. Ezt a sejten belüli erőt kívánják a sejterődetektorral megmérni. Ezzel különbséget lehet tenni a különféle sejtek között, de vizsgálható vele a különböző vegyületek toxicitása és biokompatibilitása is – ami csökkentheti a szükséges állatkísérletek számát a gyógyszer- vagy a kozmetikumfejlesztésben.

Eddig is előállítottak többféle ilyen szenzort, amelyek mind azon az elven működnek, hogy mérik a sejten belüli erő hatására bekövetkező elhajlást. Az egyik is-

mert megoldás szerint a sejtek egy mikroszkopikus oszlopokkal borított felszínen adszorbeálódnak (5. ábra) és az oszlopok elhajlását mérik. Ilyen oszlopokkal borított szubsztrátumokat eddig főként öntéssel állítottak elő, de ez lassú és körülményes eljárás, naponta néhány darab előállítását tette lehetővé. A mikrofröccsöntés ennél jóval nagyobb darabszámot tesz lehetővé, de egyszerűnek ez sem nevezhető. Olyan alapanyagot kell keresni, amelyből több százezer definiált, 1-5 µm átmérőjű, akár 30 µm hosszú oszlop állítható elő. A pontos oszlophossz az átmérő és az anyag merevségének a függvénye. A mikrofröccsöntésnél az oszlopok hossza és átmérője mellett nagyon fontos az oszlopok közti távolság is. A szerszám felülete, amelyen 490000 db, 5 µm átmérőjű és 25 µm hosszúságú lyukat kell elhelyezni, mindössze 7 mm². Az első próbákhoz egy UV-LIGA módszerrel (UV-fotolitográfia, galvanizálás, formázás) kialakított Ni-szerszámot, ill. egy maratott Si-lemezkét használtak. Ezeket a betéteket egy mikrofröccsöntő szerszámba integrálták és egy *Battenfeld Microsystem 50* fröccsgéppel készítették el a próbadarabokat. Több anyagot is kipróbáltak biokompatibilitás szempontjából, és a választás egy hőre lágyuló poliuretánelasztomerre, az *Elastollanra* esett (gyártó: **Elastogran**). Az optimalizált feldolgozási körülmények a következők voltak: ömledék-hőmérséklet 215 °C, befroccsöntési nyomás 800 bar, szerszámhőmérséklet a befroccsöntés előtt 85 °C, utána 61 °C. A kísérleti gyártmányok jól vizsgáztak, csak a peremen látható egy-két „elferdült” oszlop. Hátra van még a sorozatgyártás kidolgozása, és a szenzorok kifejlesztése. Ennek része egy olyan optikai rendszer kialakítása, amely képes követni az oszlopok elhajlását a sejtadszorpció hatására.



5. ábra A sejten belüli erők mérésére szolgáló szenzor működésének alapelve

Összeállította: Dr. Bánhegyi György
www.polygon-consulting.ini.hu

Gotzmann, G.: Kunststoff als Kostenkiller = Kunststoffe, 99. k. 2. sz. 2009. p. 76–78.
 Vink, D.: Medical in the spotlight = European Plastic News, 37. k. 1. sz. 2010. p. 30–31.
 Michaeli E. H. W.; Hessner S.; Kamps Th. stb.: Prozessinnovationen mit Potenzial = Kunststoffe, 99. k. 2. sz. 2009. p. 93–97.
 Salk N.; Haack J.: Säulen in Mikromaßstab als biologische Sensoren = Kunststoffe, 99. k. 2. sz. 2009. p. 99–101.