

Különleges műanyag-formázási eljárások

Napjainkban az ún. szövetmérnöki tudomány magában foglalja a biológiai vizsgálatokhoz szükséges eszközök fejlesztését is. A műanyagok ezen a területen is egyre nagyobb szerephez jutnak, hiszen az eljárások kombinálásával pl. különleges mikrostruktúrákat lehet kialakítani sejtkultúrák vizsgálatához.

Tárgyszavak: mikrohőformázás; műanyag fóliák; szövetmérnöki tudomány; felületmódosítás; mágneses tér.

Mikrohőformázás biotechnológiai célokra

A biológiai, orvosi és gyógyszerészeti tevékenységben is nagy jelentősége lenne a jó minőségű háromdimenziós sejtkultúrák előállításának – gondoljunk a szövettenyésztésre, a szövetpótlásra, a toxikológiai vizsgálatokra stb. Az úgynevezett *szövetmérnöki tudomány (tissue engineering)* a biológiai, anyag- és mérnöki tudományok határterületén helyezkedik el, és eredményeit is több tudományág és ipar hasznosítja. Egy karlsruhei kutatóintézetben kifejlesztettek egy *CellChip* nevű eszközt, amely mikrostrukturált szerkezetet készít a növekvő sejtkultúrák számára. Az úgynevezett *mikrokonténerek* (méretük 300 μm) célja, hogy a sejtenyészet minden része egyforma tápanyagellátásban részesüljön. Ehhez az kell, hogy a természetes szövetekhez hasonlóan a diffúziós távolság ne haladja meg a 150 μm -t. Ilyen méretek mellett akkor is szavatolt a sejtek tápanyagellátása, ha arról csak a diffúzió gondoskodik. Egy ilyen eszköz előállításakor sokkal többről van szó, mint hogy az anyag és a feldolgozási mód biokompatibilis legyen. A méreteknek, az anyagtulajdonságoknak mikroméreteken belül is pontosan reprodukálhatónak kell lenniük. Tekintettel arra, hogy egyszer használatos eszközökről van szó, és pl. a hatóanyag-fejlesztés viszonylag nagy darabszámot követel, a gyártási eljárásnak olcsónak is kell lennie.

A legmegfelelőbb eljárásnak a vékony fóliák hőformázása tűnt. A karlsruhei intézet már régebben bebizonyította, hogy a pl. joghurtos poharak gyártásában sikerrel alkalmazott hőformázás (vagy mélyhúzás) sikerrel átvihető a jóval kisebb méretek tartományába is. A feldolgozáshoz két mikrostrukturált fémlémezt használnak, amelynek az egyike a pozitív, a másik a negatív mintázatot tartalmazza. A szerszám egyik fele evakuálható és a megfelelő szilikontömítéseket is tartalmazza. A negatív lemez mikromegmunkálással készül, 25x25 db, 350 μm átmérőjű, 300 μm mély üreget tartalmaz. Először melegített lemezekkel és préseléssel próbálkoztak, 25-100 μm vastag fóliákat használva kiindulási anyagként. Alapanyagként biokompatibilis és le nem

bomló (PS, PMMA, PC, COP/COC) vagy biológiailag lebomló (PCL, PLA, PGS stb.) polimereket használtak. Az utóbbiak főként a későbbiekben, esetleg implantátumokban történő alkalmazásokban lehetnek fontosak.

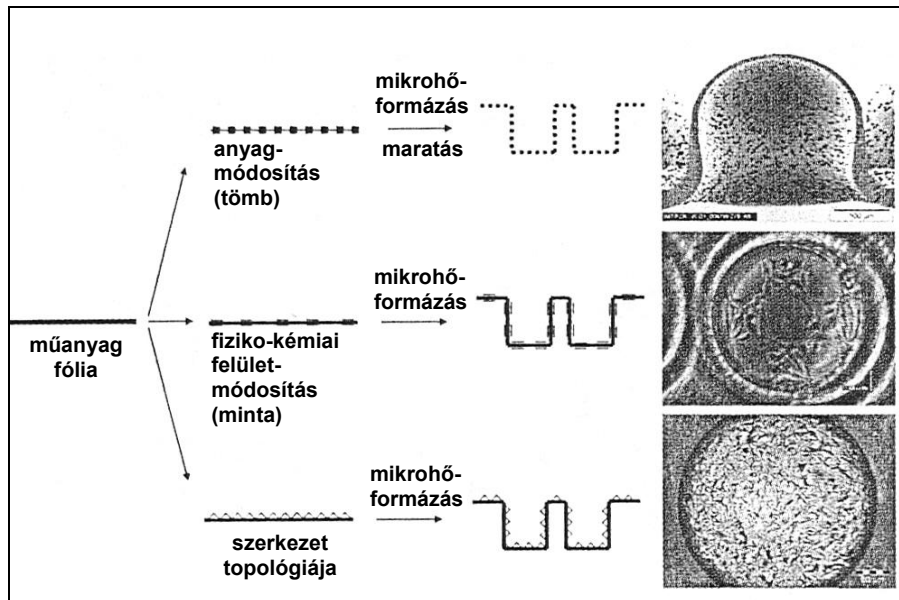
Első lépésben a fóliát az evakuált szerszámba helyezik, majd a hőformázás hőmérsékletére hevítik. Amorf polimereknél ez az üvegesedési hőmérséklethez, részben kristályos polimereknél pedig az olvadásponthoz közeli hőmérséklet. A hőformázáshoz a polimert meglágyítják, de nem olvasztják meg. A meglágyult fóliát gáznyomással benyomják az evakuált szerszámfél üregeibe, ahol a fólia vastagsága 5–10 µm-re csökken. Lehűtés után a gáznyomást lecsökkentik, és a fóliát kiveszik a szerszámból.

A mikrohőformázás elsősorban abban különbözik más mikromegmunkálási módszerektől (pl. a mikrofröccsöntéstől), hogy *a műanyagot nem ömledékállapotban, hanem gumirugalmas állapotban munkálják meg*. Ez azt jelenti, hogy a feldolgozás során az anyag végig együtt marad, és a feldolgozott termék olyan különleges jellemzőket vesz fel, amelyeket más feldolgozási módszerekkel nem, vagy csak nehezen lehetne elérni. Ezzel a módszerrel vékony falú, lapos, mikrostrukturált szerkezetek állíthatók elő, amelyeknek felületi érdessége még az oldalfalak esetében is nagyon kicsi. A termék rugalmas marad és optikailag átlátszó. A kis falvastagság jó hőátadást is jelent – annak ellenére, hogy a műanyagok hőszigetelők. Ennek következtében a mikrocellákban elhelyezett közegek gyorsan melegíthetők vagy lehűthetők – gondoljunk a sterilizálásra vagy a kriokonzerválásra.

Felület módosítása SMART eljárással

A Substrate Modification and Replication by Thermoforming (szubsztrátum módosítása és replikázása hőformázással) angol kifejezés rövidítésével *SMART* eljárásnak nevezett módszer (1. ábra) további lehetőséget ad az alakításra. A módszer nem csak a geometria, de a felületi tulajdonságok módosítását is lehetővé teszi. *A hőformázás kombinálható számos felületstrukturálási és felületkezelési módszerrel, pl. plazmakezeléssel, fény- vagy részecskebesugárzással*. Az eddigi módszerekkel ezt csak korlátozottan lehetett megtenni, mert a felületmódosítást csak a hőformázási lépés után lehetett végrehajtani, és ez korlátozta pl. a belső oldalfalakhoz való hozzájutást. A SMART eljárás lehetővé teszi, hogy a felületmódosítást még a hőformázás előtt elvégezzék, amikor a fólia még sík állapotban van és a maximális oldalirányú felbontás kihasználható. A nem túl magas feldolgozási hőmérséklet azt is jelenti, hogy számos felületkezelés „túléli” az alakadási eljárást. Ha pl. a fóliát nehézionokkal bombázzák, úgynevezett „látens nyomok” jönnek létre, amelyek később megfelelő maratással jól definiált méretű mikropórusokká alakíthatók. Ha a hőformázást az ionkezelés után, de még a maratás előtt hajtják végre, a látens nyomok nem tűnnek el. A maratás eredményeként olyan mikroüreg jön létre, amelynek pórusai minden irányban mutatnak, nem csak az üreg alja felé. A hagyományos maszkolási és litográfiai eljárások felbontása azt is lehetővé teszi, hogy a hőformázásnál sokkal finomabb léptékben strukturálni lehessen a felületet. Ha az ionkezelést maszkolással kombinálják, el lehet érni, hogy pl. a mélye-

dések alján legyen olyan sima, nem porózus felület is, amelyen keresztül optikai megfigyelést lehet végezni a szövettenyészetben. Az eredeti rajzolat deformációját a hőformázás során szimulálni is lehet, de a legbiztosabb kísérleteket végezni. A struktúrált felületű mikrokonténereknek jelentőségük lehet az őssejtekkel végzett vizsgálatokban is, amelyeknek egyik célja annak megállapítása, hogy a felület geometriai és kémiai szerkezete miként befolyásolja az őssejtek növekedését és szövetté szerveződését.



1. ábra SMART eljárás (felületkezelés+hőformázás) vázlata.

A háromlépéses eljárással háromdimenziós, funkcionizált polimer membrán-mikroszerkezeteket lehet előállítani. A módszer gerincét a mikrohőformázás képezi, de vannak azt megelőző és azt követő felületkezelési lépések is

Mágneses tér hatására deformálódó nanokompozit

Ismertek olyan „alakmemóriával” rendelkező polimerek, amelyek bizonyos körülmények között (többnyire melegítésre) képesek felvenni eredeti alakjukat. Az ilyen rendszerekben általában az anyag és a feldolgozás módja is különleges. A feldolgozás során rendszerint valamilyen deformációnak teszik ki a polimert, majd deformált állapotban lehűtik, és az újramelegítés során „emlékszik vissza” eredeti alakjára. Azt a hőmérsékletet, ahol ez bekövetkezik, „kapcsolási hőmérsékletnek” szokták nevezni. *Egy német kutatóintézetben orvosi célra olyan speciális nanokompozitokat fejlesztettek ki, amelyek melegítés nélkül, mágneses tér hatására képesek alakjukat változtatni. A megoldás abban áll, hogy vas-oxid nanorészecskéket visznek be egy alakmemóriával rendelkező poliuretánmátrixba, amely képes a mágneses tér energiáját hővé alakítani. A melegedés mértékét szabályozni lehet a bevitt mágneses részecskék mennyiségével,*

ill. a mágneses tér erősségével. Ezzel a megoldással azt érik el, hogy a környezet ne melegedjen fel az alakváltozást kiváltó folyamat során, csak maga a műanyag eszköz.

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

Giselbrecht, S.; Truckenmüller, R.; Gottwald, E.; Trautmann, Ch.: Smart und clever. =
Plastverarbeiter, 58. k. 6. sz. 2007. p. 42–45.

Lendlein, A.; Kratz, K.: Berührungslös verformen. = Plastverarbeiter, 57. k. 4. sz. 2006. p. 50.