

VÁMOS CSENGE^{1,2}, HONTI SZILÁRD¹, MAROSFŐI BOTOND², RÁCZ ILONA², BÁRÁNY TAMÁS¹

EXTRUDÁLT LEMEZ MORFOLÓGIÁJÁNAK HATÁSA AZ OLDÓSZERES KEZELÉSEL KIALAKÍTOTT SZUPERHIDROFÓB FELÜLETI STRUKTÚRÁRA

THE ROLE OF EXTRUDED SHEET MORPHOLOGY IN SUPERHYDROPHOBIC SURFACE STRUCTURE FORMED BY SOLVENT TREATMENT

Szuperhidrofób felületű extrudált polipropilén lemezeket állítottunk elő oldószeres felületkezeléssel. Az extrúzió paramétereinek (elhúzás sebesség és hűtési hőmérséklet) a lemez szerkezetére gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az extrudálási paraméterek közül a hűtés hőmérsékletének változtatásával eltérő szerkezetű lemezeket tudtunk előállítani. A bemutatott oldószeres felületkezeléssel szuperhidrofób felületi karakterisztikát sikerült a lemezeken kialakítanunk, a megváltozott felületi strukturáltságnak köszönhetően. Az extrudált lemezek morfológiája a minták oldószeres kezelhetőségét és a minták oldószeres kezeléssel kialakított strukturált szerkezetét jelentősen befolyásolja.

In this study, we prepared polypropylene sheets with a superhydrophobic surface from extruded sheets with a solvent treatment method. We investigated the influence of extrusion parameters (pulling velocity, cooling temperature) on the morphological properties of the extruded polypropylene sheet. We found that two significantly different structures formed in the cross-section of the sheet by varying the cooling temperature. With the presented solvent treatment method, the surface of the extruded sheet has become superhydrophobic characteristics. The created morphology of the extruded sheet plays a significant role in the procedure of the solvent treatment method and the created new surface structure.

1. BEVEZETŐ

A körülöttünk lévő tárgyak felületükön keresztül vannak kapcsolatban a környezetükkel, ezért a tárgyak, műanyag alkatrészek felülete kiemelt jelentőségű. Ez jól látható abból is, hogy évtizedek óta számos kutatás foglalkozik különféle felületmódosítási technológiák kidolgozásával. A felületmódosítás alapvető célja,

hogy lehetőleg egy egyszerű eljárással a célnak, az alkalmazásnak leginkább megfelelő kémiai és fizikai jellemzőkkel bíró felület alakuljon ki. A felületkezelési eljárásoknak ma már számos olyan módja ismeretes, amelyek képesek a polimer felületének kémiai és morfológiai tulajdonságait úgy megváltoztatni, hogy a tömbi tulajdonságok alig vagy egyáltalán nem változnak [1].

E felületmódosítások egy része vízlepergető felületek kialakítására irányul. Napjainkban a vízlepergető, szuperhidrofób felületek előállításának fejlesztése fontossá vált minden olyan területen, ahol a vízzel való érintkezés minimalizálása vagy az öntisztulási tulajdonság kiemelt fontosságú [2]. Az olyan felületeket, amelyeken a vízperemszög érték meghaladja a 150°-ot, szuperhidrofób felületeknek hívjuk. Vízlepergető, öntisztuló felületek esetén a felületen mért peremszög-hiszterézis érték lesz a meghatározó. Vízlepergetőnek nevezhető a felület, ha a felületén mért peremszög-hiszterézis kisebb mint 10° [3].

A szuperhidrofób tulajdonságok kialakítására szolgáló módszereket alapvetően két csoportba lehet sorolni aszerint, hogy kémiai vagy fizikai felületmódosításon alapulnak. Kémiai felületmódosítással a felületi feszültséget csökkentjük, míg fizikai felületmódosításkor strukturált felületeket hozunk létre, miközben az anyag felületi feszültségét nem változtatjuk [4]. A felületi érdekesség kialakítására alkalmazott technikák közé sorolhatjuk többek között a plazma maratást, lézer litográfiát, szol-gél bevonatokat, elektrokémiai leválasztást vagy akár a fázis szeparáción alapuló módszereket [5].

Az alkalmazott módszerekkel lehetőség nyílik precízen szabályozható felületi struktúrák kialakítására, amelyekkel a nedvesíthetőséget széles tartományban tudjuk szabályozni. E technikák közül többet laboratóriumi körülmények között sikerült csak nagy hatékonysággal alkalmazni, így a méretnövelésük kérdéses. E szempontokat figyelembe véve célszerű az egyszerűen kivitelezhető technikák fejlesztése, amelyek akár az ipari gyakorlatban is széleskörben alkalmazhatóak [6].

Az irodalomban számos példát találhatunk, ahol polipropilént (PP) felhasználva alakítanak ki szuperhidrofób felületeket [7, 8], egyrészt a PP eredendően hidrofób karakterisztikájának, valamint a kedvező tulajdonságainak (ár, sűrűség, mechanikai

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

² Furukawa Electric Technológiai Intézet, 1158 Budapest, Késmárk utca 28/A

jellemző) köszönhetően. PP-ből készült termékeket elsősorban fröccsöntéssel és extrúzióval állítanak elő [9].

Az extrudálás során a termék végső alakját és méretét a kalibráló egységen keresztül haladva nyeri el. Lemezextrúzió esetében kalibrálóként alkalmazhatunk polírozott felületű, temperált hengereket. Abban az esetben, ha a hengerek szolgálnak kaliberként, úgy a beállított henger hőmérséklete, valamint az elérhető nyújtási arány nagy hatással van a kialakuló lemez keresztmetszeti morfológiájára, valamint a mechanikai tulajdonságaira [10]. Részben kristályos polimerek extrudálása során a hengerhőmérséklet megfelelő megválasztásával lehetőségünk van a termék kristályossági fokának, a kristály tökéletességének, vagyis a lamellavastagságnak a módosítására [11]. Részben kristályos polimerek esetén több példát is találhatunk az irodalomban arra vonatkozólag, hogy a kaliberként használt henger sor elhúzási sebességének, illetve hőmérsékletének megfelelő változtatásával lehetséges a termékben különböző polimorf módosulatok kialakítása, illetve ezek egymáshoz viszonyított mennyiségének változtatása [12-14].

Macaulay és társai az extrudált PP lemez szerkezete és mechanikai tulajdonságai, valamint az egyes extrúziós paraméterek között kerestek összefüggéseket [10]. Munkájuk során szélesrészű szerszámmal dolgoztak, az extrudált lemezt hengerson kalibrálták és hűtötték. Az extrudáláskor a kalander hőmérséklet, az elhúzás sebesség, az ömledék hőmérséklet és az extrudált lemez vastagság hatását vizsgálták. Az extrudált lemezekben kialakult morfológiát a kalander hőmérséklettel tudták elsődlegesen változtatni. Mind a kristályos hányad, mind a lamellavastagság csökkenő tendenciát mutatott a hűtési hőmérséklet csökkenésével, vagyis a növekvő túlhűtés hatására. Az elhúzó hengereken történő hűlés hatására a lemez keresztmetszetét két különböző régióra osztották fel, a kalibráló hengerrel érintkező, hirtelen lehűlő külső részre és a lemez belsejében kialakuló sferolitot, tömbi szerkezetre, amelyek kristályos hányadukban is eltértek egymástól. A különböző hengerhőmérséklet hatása megmutatkozik a modulusz értékekben is. A 30 °C helyett 80 °C-os hengerhőmérséklet esetében a kristályos hányad 50,1%-ról 56,7%-ra, a rugalmassági modulusz 163 MPa-ról 179 MPa-ra növekedett az elhúzás irányával párhuzamosan. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy állandó hengerhőmérséklet esetén az elhúzás sebességének változtatásával a lemezben kialakult orientáció mértéke is változtatható. Ha kissé növelték az elhúzás sebességét, csupán kismértékű növekedés volt megfigyelhető a kristályosságban (48,8%-ról 49,7%-ra változott), mindez a kis orientációra vezethető vissza. Ha az elhúzás sebességét tovább növelték, a nyújtás indukálta kristályosság hatására, a kristályos hányad jelentős növekedése volt tapasztalható (49,7%-ról 54,3%-ra). Az extrudált lemez vastagságának csökkentésével (1,4 mm-ről 0,4 mm-re) egyidejűleg a kristályos hányad csökkenését tapasztalták (50,0%-ról 43,2%-ra), amit az elhúzó hengereken áthaladó anyag nagyobb hőmérséklet-gradiensével magyaráztak. Végül pedig az ömledék hőmérsékletének változtatása nem volt szignifikáns hatással a kristályosságra, így az extrudált lemezek mechanikai tulajdonságaira sem [10].

Az oldószeres kezelésekhez extrúzióval gyártottunk PP lemezeket. Jelen tanulmányban az extrúzió egyes paramétereinek (elhúzás sebessége, elhúzó henger hőmérséklete) az extrudált lemez szerkezetre gyakorolt hatását vizsgáltuk. Munkánk során szuperhidrofób felületű polipropilén mintákat állítottunk

elő oldószeres felületkezeléssel. Az oldószeresen kezelt lemezek morfológiáját és nedvesíthetőségét vizsgáltuk. Az extrudált lemezeket polarizációs optikai mikroszkóppal és differenciális pásztázó kaloriméterrel, az oldószeresen kezelt lemezeket pásztázó elektronmikroszkóppal, tépővizsgálattal és peremszögméréssel jellemeztük.

2. FELHASZNÁLT ANYAGOK ÉS ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

2.1. FELHASZNÁLT ALAPANYAGOK

A minták készítéséhez Tipplen H681F típusú izotaktikus polipropilén homopolimert használtunk (MOL Petrolkémia Zrt., Tiszaújváros), amelynek a folyási mutatószáma (MFI, 230 °C/2,16 kg) 1,7 g/10 perc.

2.2. MINTÁK ELŐÁLLÍTÁSA

A vizsgálatokhoz felhasznált PP lemezeket egy félüzemű, egyirányban forgó, ikercsigás, TSA gyártmányú (TSA, Cernobbio, Olaszország) extruderrel (D=32 mm, L/D=40) állítottuk elő. A gyártás során 150 mm szélességű szélesrészű szerszámot, illetve a lemez elhúzáshoz és a végső vastagság beállításához temperálható vertikális elhúzó hengereket használtunk (Trocellen QCAL-Quadro Calandra Linea R&G, Troisdorf, Németország).

A lemezek extrudálásakor az extruder hőmérsékletprofilja (gattól a szerszámgig) 190, 200, 200, 200, 200 °C, a szerszám hőmérséklete 200 °C volt. Az extrudercsiga fordulatszáma 60 1/perc, az adagolás 6 kg/óra, az extrudált lemez végső vastagsága 1 mm volt.

Az extrudálás során a vertikális elhúzóhengerek hőmérsékletét, az elhúzás sebességét, valamint a szerszám résméretét változtattuk, a paramétereket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Extrudálás változó paramétereit

Minta jelölés	Henger hőmérséklet (°C)	Henger kerületi sebessége (m/perc)	Szerszám résméret (mm)
PP/30/1	30	1,0	1,1
PP/50/1	50	1,0	1,1
PP/80/1	80	1,0	1,1
PP/30/1,3	30	1,3	2,5
PP/80/1,3	80	1,3	2,5

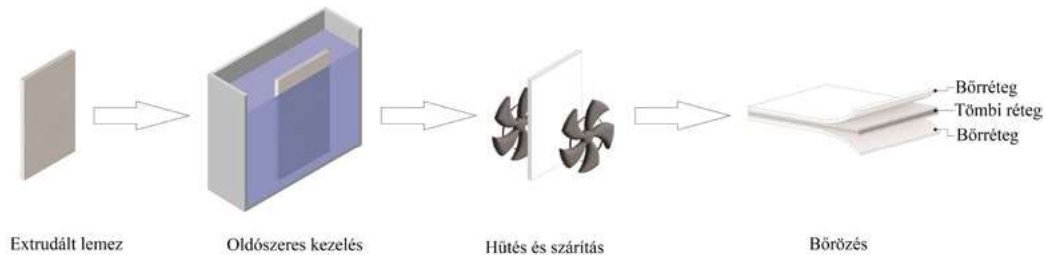
A gyártáshoz használt elhúzó sor az 1. ábrán látható.

Az extrudált mintákat oldószeres kezelésnek vetettük alá. Oldószerként 98%-os tisztaságú xilol izomer elegyet (VWR Chemicals, Debrecen) használtunk. Az oldószeres kezelés során a lemezeket a 125 °C-os oldószerbe mártottuk 60 s-ig. Ezután a mintákat egy 30 °C-ra temperált légkeveréses szárítószekrényben (UT6120, Thermo Fischer Scientific, USA) szárítottuk 2 napig. A szárítási lépést követően a lemezek felületén keletkezett külső réteget (továbbiakban „bőrreteg”) tépőszalag segítségével távolítottuk el.

Az oldószeres felületkezelés sematikus ábrázolása a 2. ábrán látható.



△ 1. ábra: Lemez gyártása során alkalmazott elhúzózor



△ 2. ábra: Oldószeres felületkezelés sematikus ábrája

2.3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Az extrudált lemezek keresztmetszeti morfológiáját Leica DFC 320 kamerával felszerelt polarizációs optikai mikroszkóppal (POM) (Zeiss Axioscope, Dresden, Németország) vizsgáltuk. A vizsgálathoz 30 μm vastagságú szeleteket vágunk Leica EM UC6/FC7 mikrotom (Leica Microsystems GmbH, Wien, Austria) berendezés segítségével.

Az extrudált minták kristályosságát differenciális pásztázó kaloriméterrel (DSC12E, Mettler-Toledo, Greifensee, Svájc) vizsgáltuk. A mérés során az első felfűtési ciklusban 10 $^{\circ}\text{C}/\text{perc}$ fűtési sebességgel 220 $^{\circ}\text{C}$ -ra fűtöttük a mintákat, 5 percig 220 $^{\circ}\text{C}$ -on temperáltuk, majd 10 $^{\circ}\text{C}/\text{perc}$ hűtési sebességgel 40 $^{\circ}\text{C}$ -ra hűtöttük. Az olvadás során fellépő entalpiaváltozásból a kristályos részarányt (X_c) határoztuk meg, összevetve az elméleti 100% kristályosságú PP olvadási entalpiájával, aminek az értéke 207 J/g [15].

Lefejtővizsgálattal a bőrreteg eltávolításához szükséges erőt mértük az oldószerrel kezelt mintákon szakítógéppel (Z010, Zwick Roell Group, Ulm, Németország), 1 kN-os mérőcellával. A lefejtővizsgálatot 50x120 mm²-es mintákon végeztük. Az oldószeres kezelést és szárítást követően a minták felületét ragasztószalaggal leragasztottuk, a ragasztó végét a szakítógép befogó pofái közé erősítettük és a mintát a tépővizsgálathoz használt szabványos görgős befogóba helyeztük. A vizsgálat 100 mm/perc sebességgel történt. A tépőerőt a befogó pofák által megtett távolság függvényében mértük. A vizsgálatot több mintán elvégezve a kapott görbékől átlagos tépőerőt határoztunk meg.

Az oldószerrel felületkezelt PP lemezek felületi morfológiáját pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) (JSM-IT200, JEOL, Tokió, Japán) vizsgáltuk. A kezelt minták keresztmetszetének jellemzéséhez használt SEM felvételek a minták kriogén (folyékony

nitrogénben történő hűtés) töretfelületéről készültek.

A felületi képek kiértékelésekor a felszínen található szferolitokat gömböknek tekintettük és meghatároztuk az átmérőjüket. A keresztmetszeti képek esetén megmértük a porózus réteg vastagságát. A bőrreteg vastagságának a meghatározása mikrométerrel történt.

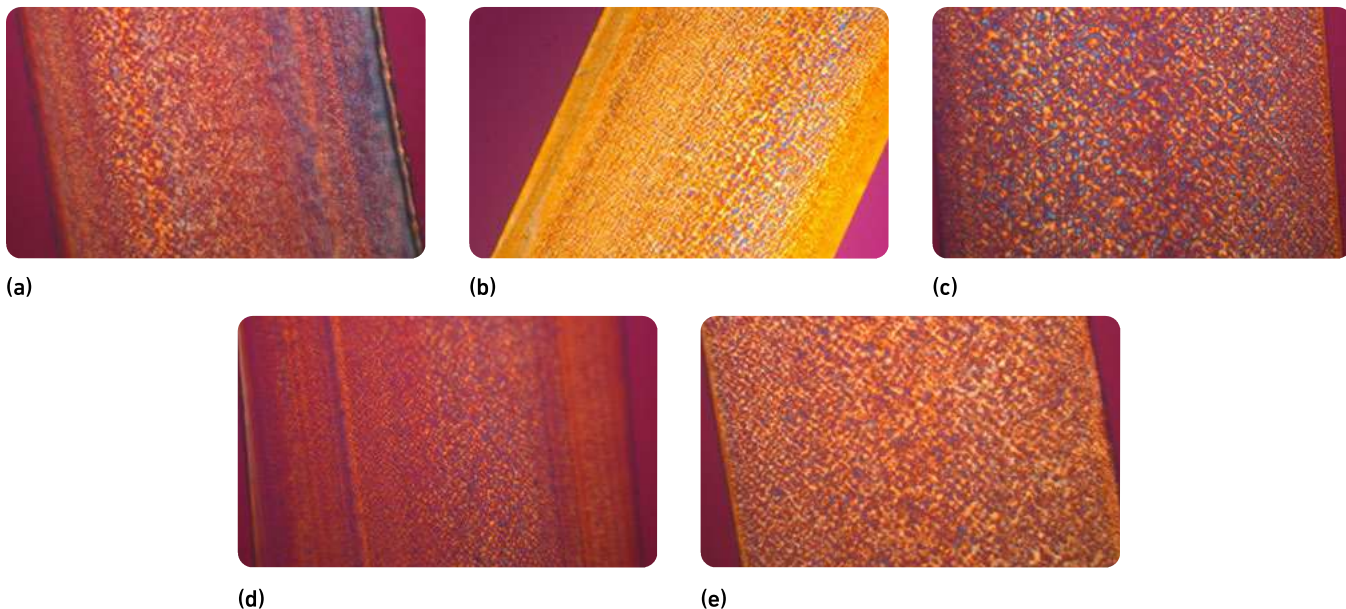
A minták mindegyikénél, ahol a bőrreteg eltávolítható volt, víz peremszög (CA) mérést végeztünk cseppfelépítéssel módszerrel. A haladó víz peremszög (CA_{adv}) meghatározásához a felületre egy 20 μl -es cseppet helyeztünk, majd a hátráló CA meghatározásához 10 μl -t visszazívtunk és a fentmaradó cseppet vizsgáltuk. A kiértékelésnél a haladó és hátráló CA-n kívül a minták víz peremszög hiszterézisét (CA_{hyst}) is meghatároztuk.

3. EREDMÉNYEK

Az extrudálási paraméterek keresztmetszeti szerkezetre gyakorolt hatását POM felvételek alapján vizsgáltuk. A különböző hőmérsékletű elhúzó hengerekkel (30, 50 és 80 $^{\circ}\text{C}$) és különböző elhúzási sebességekkel (1 m/perc és 1,3 m/perc) gyártott, 1 mm vastagságú lemezek keresztmetszetéről készült POM felvételeket a 3. ábrán láthatjuk.

A POM felvételeken eltérő szerkezetet figyelhetünk meg az extrudált lemezek keresztmetszetében, egy szinte teljes keresztmetszetében szferolitos (3.(c) és (e) ábra), valamint egy héj-mag szerkezetet, ahol a héjrégben akár több orientált réteg is látható (3.(a), (b) és (d) ábra).

A közel teljes keresztmetszetében szferolitos szerkezet a magasabb hőmérsékleten (80 $^{\circ}\text{C}$) elhúzott mintákra jellemző,

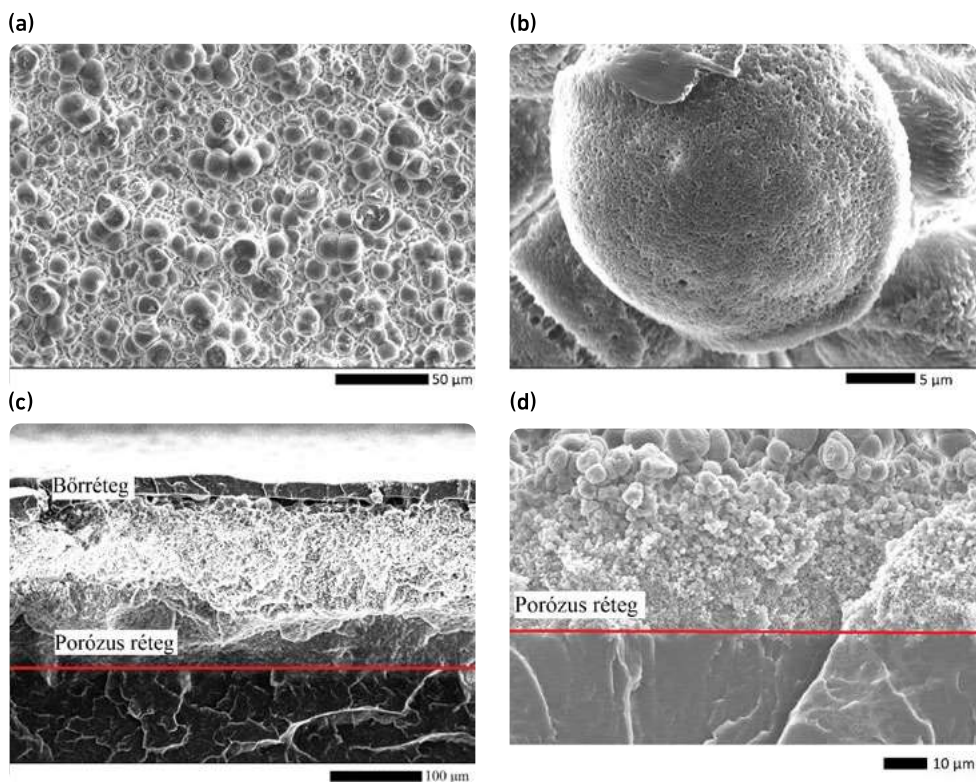


△ 3. ábra: Az extrudált lemezek keresztmetszetéről készült POM felvételek, ahol az (a) a PP/30/1 mintát, a (b) a PP/50/1 mintát, a (c) a PP/80/1 mintát, a (d) a PP/30/1.3 mintát és az (e) a PP/80/1.3 jelöli

ahol elhúzáskor a minta falánál kisebb mértékű volt az orientáció. Az alacsonyabb elhúzó hőmérsékleteknél (50 °C, 30 °C) a magban nem alakul ki orientáció, míg kifelé haladva növekszik az orientáció a gyorsabb hűlés következményeként.

A vizsgált paraméterek közül a különböző szerkezetek kialakulását elsősorban az elhúzó hengerek hőmérséklete határozta meg. A POM felvételek alapján a szerszám rész mérete hatása elhanyagolható. Az extrudált lemezek kristályosságát tulajdonságait DSC-vel vizsgáltuk. A kristályos részarány (37–39%) nem változott jelentősen az extrudálási paraméterek módosítása során. A 4. ábrán az oldószeresen kezelt PP lemez felületéről és keresztmetszetéről készült SEM felvételeket láthatjuk.

Az oldószeres felületkezelés hőmérséklet-indukált szeparáción alapul. Kezelést követően a PP lemez oldószer által érintett része jelentős morfológiai változáson megy keresztül, amint azt a SEM képeken (4. ábra) is láthatjuk. Az oldószer a kezelés során bediffundál a lemezbe és duzzasztja az általa érintett réteget, így növelve a polimer láncok mobilitását. Az oldószerbe mártást követően a lemezt szárítjuk, ekkor a lemez oldószerrel duzzasztott rétegének felületén először a bőrréteg fog kialakulni, ami a kezelt mintákról lehúzható. A kialakult bőrréteg alatt az oldószer további párolgásával egyidejűleg a duzzasztott rész átkristályosodik és egy porózus szerkezetet hoz létre (4. (d) ábra). Száradást követően kialakult keresztmetszeti szerkezetet a



◁ 4. ábra: SEM képek a (a) felületkezelt, leborzított minta felületéről, (b) leborzítást követően, a felületen kristályosodott szferolittről, (c) felületkezelt minta keresztmetszetéről, (d) felületkezelt minta keresztmetszeti porózus rétegéről

4.(c) ábra mutatja, amely a külső tömör bőrrétegből és az alatta kialakult porózus szerkezetből áll.

A porózus térrészt a közel gömbi alakban kristályosodott szferolitok alkotják. A minta felületétől a tömbi fázis irányában a porózus rész gradiens szerkezettel rendelkezik. A szferolitok mérete a felülettől a tömbi fázis irányába fokozatosan csökken (4.(c) ábra). A bőrréteg eltávolítását követően, a minta felületére mikro- és nanostrukturáltság jellemző (4.(a) és (b) ábra). A mikrostrukturáltság (4.(a) ábra) a felületen lévő szferolitok méretéből, azok egymáshoz viszonyított távolságából, a nanostrukturáltság (4.(b) ábra) és a szferolitok felületének érdességéből adódik. A minták keresztmetszeti felvételein (4.(c) és (d) ábra) pedig elkülöníthetünk egy tömör, oldószer által nem érintett tömbi, illetve az oldószer által érintett porózus részt.

Az oldószeresen kezelt minták keresztmetszetét a SEM felvételek alapján jellemeztük. A porózus rétegnek, illetve a felületről leválasztott bőrrétegnek a vastagságát a vizsgált extrudálási paraméterek függvényében határoztuk meg. A kapott vastagság eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat: Oldószeresen kezelt minták keresztmetszeti vizsgálatának eredményei

Minták	Porózus réteg vastagság (μm)		Bőrréteg vastagság (μm)	
	A oldal	B oldal	A oldal	B oldal
PP/30/1	128,2 \pm 6,5	131,8 \pm 2,9	72,1 \pm 2,6	71,3 \pm 3,0
PP/50/1	147,5 \pm 3,0	156,7 \pm 8,3	51,0 \pm 5,0	48,1 \pm 3,1
PP/80/1	190,2 \pm 3,9	189,4 \pm 5,4	22,0 \pm 6,0	24,5 \pm 3,1
P/30/1,3	136,1 \pm 1,4	130,6 \pm 5,4	69,7 \pm 4,5	70,2 \pm 2,4
PP/80/1,3	187,1 \pm 3,1	191,4 \pm 3,6	17,2 \pm 2,1	20,9 \pm 2,3

A 2. táblázatban az „A oldal”, illetve a „B oldal” a kezelt lemez két oldalát jelöli. Oldószeresen kezelést követően a lemez keresztmetszetében, függetlenül az elhúzás sebességétől és a hőmérsékletétől, szimmetrikus szerkezet jött létre. A bőrréteg és a porózus réteg vastagságai közel azonosak a minták két oldalán. Csökkentve az elhúzás hőmérsékletét, a kezelt minták porózus réteg vastagságában növekvő, a bőrréteg vastagságban csökkenő tendenciát figyelhetünk meg.

Hasonló változás látható az extrudált lemezek héj-mag szerkezetének, illetve az oldószeresen kezelt bőr-porózus réteg vastagság változásai között. A keskenyebb héjréteggel rendelkező

extrudált mintáknál vékonyabb a bőrréteg vastagsága és inkább a porózus réteg lesz a vastagabb. Abban az esetben, amikor a héjréteg vastagabb, ott a keletkező bőrréteg is vastagabb, a porózus réteg pedig vékonyabb lesz.

Az oldószeresen kezelést követően keletkezett bőrréteg eltávolításához szükséges erőt lefejtővizsgálattal mértük. Az eredmények az 5. ábrán láthatók.

A vizsgálat eredményei alapján a 30 °C-on hűtött mintáknál 2-3 N tépőerőre, az 50 °C-on hűtött mintáknál 7-8 N, míg a 80 °C-on hűtött minták esetén átlagosan 18-20 N tépőerőre volt szükség. A hűtés hőmérsékletének növelésével egyre nagyobb erő kellett a minták lebőrözéséhez. A minták felületén kialakult bőrréteg vastagságában pedig csökkenő tendencia jelenik meg a hűtés hőmérsékletének növelésével. Az eredmények alapján, a minták felületéről a bőrréteget annál könnyebben lehetett eltávolítani, minél vastagabb volt a felületükön kialakult bőrréteg.

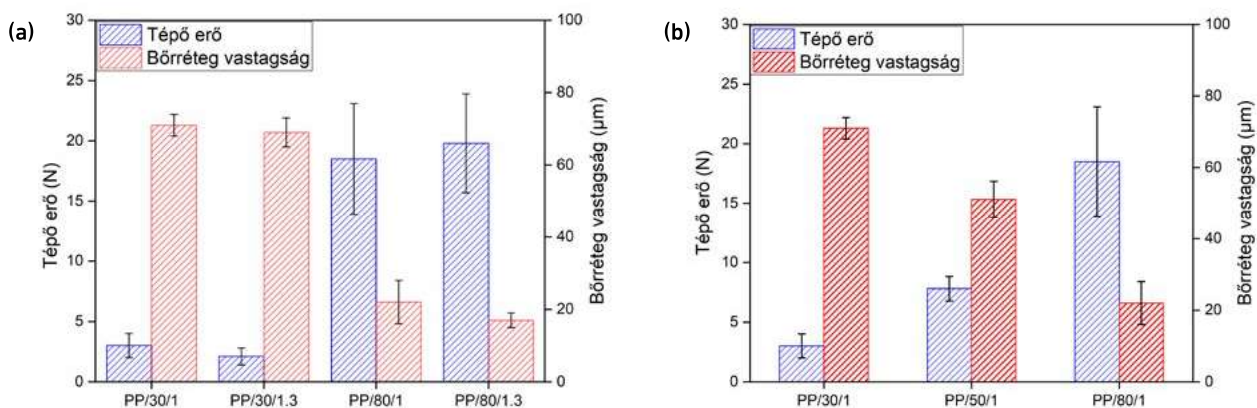
A nedvesíthetőséget az irodalom alapján a felületi strukturáltság fogja meghatározni, így elengedhetetlen a kialakított felület jellemzése [16]. Az oldószeresen kezelt minták bőrréteg alatti felületi strukturáltságát a szferolitok méretével, nedvesíthetőségét víz peremszög mérésével jellemeztük. A SEM felvételeket a 6. ábra mutatja be.

A kezeletlen, extrudált PP lemez víz-nedvesíthetősége a mérések alapján 102 \pm 1°-os CA_{adv}, illetve viszonylag kicsi CA_{hyst} értékkel (5°) jellemezhető. Az eredményekből megállapítható, hogy a kezeletlen polipropilén felülete hidrofób tulajdonságú, ami a PP apoláris egységekből felépülő kémiai szerkezetének következménye.

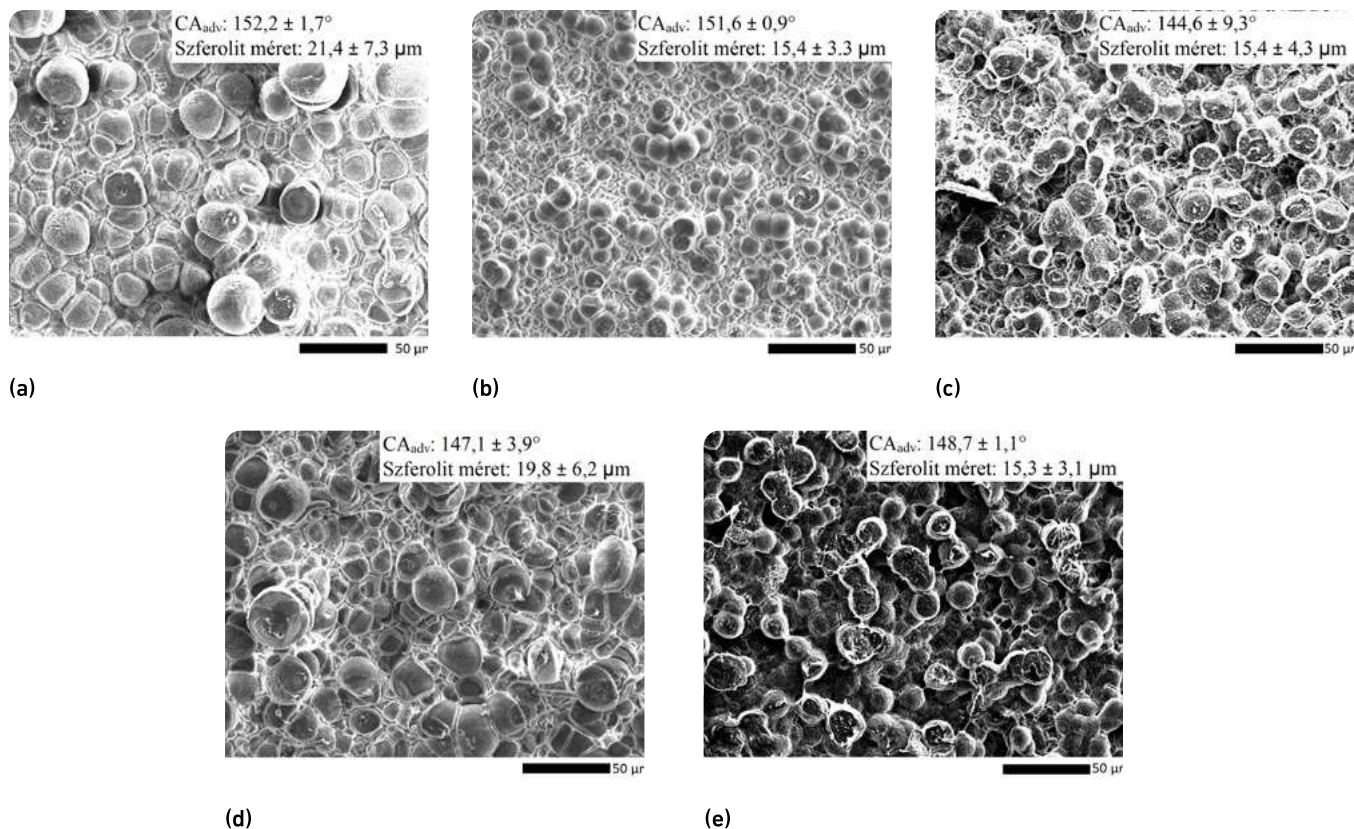
A különböző hőmérsékleten hűtött minták szferolit méretei szignifikánsan nem tértek el egymástól, 15 és 20 μm között változott a méretük. Mindez a nedvesíthetőségben is tükröződött, közel 150°-os CA_{adv}-t és 1-4° közötti CA_{hyst}-t sikerült minden minta esetében elérni. A nagy peremszög és a kis peremszög-hiszterézis értékeknek köszönhetően a strukturált felületű PP szuperhidrofób, valamint vízlepergető tulajdonsággal rendelkezik.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során különböző extrudálási paraméterek változtatásával (elhúzás sebessége, elhúzó henger hőmérséklete) PP



△ 5. ábra: A felületkezelt lemezek bőrrétegének eltávolításához szükséges tépőerő értékek és a bőrréteg vastagságok az (a) elhúzási sebesség és (b) hűtési hőmérséklet függvényében



△ 6. ábra: Oldószeresen kezelt minták felületi SEM felvételei. A képek jobb felső sarkában a CA_{adv} és a szferolit méretek láthatóak: (a) PP/30/1, (b) PP/50/1, (c) PP/80/1, (d) PP/30/1.3 és (e) PP/80/1.3 minta

lemezeket extrudáltunk. A lemezek keresztmetszetének jellemzéséből, a szakirodalommal összhangban, megállapítottuk, hogy a vizsgált paraméterek közül elsősorban a hűtés hőmérsékletének van jelentős hatása a lemez keresztmetszeti szerkezetére. Növelve a hűtés hőmérsékletét 30 °C-ról 80 °C-ra fokozatos átmenetet láthatunk a héj-mag szerkezet és a szferulitos szerkezet között a keresztmetszeti POM felvételeken.

Az extrudált lemezek mindegyikén sikerült a bemutatott oldószeres kezeléssel közel szuperhidrofób, vízlepergető felületet kialakítani.

A vizsgálataink alapján a lemez hűtés hőmérséklete nemcsak az extrudált lemez keresztmetszeti szerkezetét, hanem az oldószeres kezeléssel kialakított morfológiát is jelentősen befolyásolta. 30 °C-on hűtött extrudált lemezek oldószeres kezelésével jóval vastagabb és könnyebben eltávolítható bőrréteg keletkezett, mint a 80 °C-on hűtött extrudált lemezeknél.

A vizsgálatokból kapott eredmények, tapasztalatok mind hozzájárulnak az oldószeres kezelések során felhasznált lemezek gyártási paramétereinek kiválasztásához, továbbá egy állandó minőségű technológia kialakításához.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium KDP-2021 kód-számú Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Guo, Z.; Yang, F.: Surfaces and Interfaces of Biomimetic Superhydrophobic Materials, John Wiley & Sons, (2017).
- [2] Quan, Y.-Y.; Chen, Z.; Lai, Y.; Huang, Z.-S.; Li, H.: Recent advances in fabricating durable superhydrophobic surfaces: a review in the aspects of structures and materials, Materials Chemistry Frontiers, 5, 1655-1682 (2021).
- [3] Cassie, A. B. D.; Baxter, S.: Wettability of porous surfaces, Transactions of the Faraday Society, 40, 546-551 (1944).
- [4] Maghsoudi, K.; Vazirinasab, E.; Momen, G.; Jafari, R.: Advances in the fabrication of superhydrophobic polymeric surfaces by polymer molding processes, Industrial & Engineering Chemistry Research, 59, 9343-9363 (2020).
- [5] Li, X.-M.; Reinhoudt, D.; Crego-Calama, M.: What do we need for a superhydrophobic surface? A review on the recent progress in the preparation of superhydrophobic surfaces, Chemical Society Reviews, 36, 1350-1368 (2007).
- [6] Afonso, E.; Martínez-Gómez, A.; Tiemblo, P.; García, N.: Industrially viable method for producing all-polymer hydrophobic surfaces apt for slippery liquid-infused substrates, Applied Surface Science, 535, 147728 (2021).
- [7] Erbil, H. Y.; Demirel, A. L.; Avci, Y.; Mert, O.: Transformation of a simple plastic into a superhydrophobic surface, Science, 299, 1377-1380 (2003).
- [8] Ahmad, A. L.; Mohammed, H. N.; Ooi B.; Leo, C.: Fabrication and characterization of superhydrophobic layer of low density polyethylene on polypropylene hollow fiber membrane, Caspian Journal of Applied Sciences Research, 2, 52-57 (2013).
- [9] Karger-Kocsis, J.; Bárány, T. (eds.): Polypropylene Handbook, Morphology, Blends and Composites, Springer Nature, Cham (2019).
- [10] Macauley, N.; Harkin-Jones, E.; Murphy, W.: The influence of extrusion parameters on the mechanical properties of polypropylene sheet, Polymer Engineering and Science, 38, 662-673 (1998).
- [11] Hinrichsen, G.: Structural changes of drawn polyacrylonitrile during annealing, Journal of Polymer Science Part C: Polymer Symposia, 38, 303-314 (1972).
- [12] Mhalgi, M. V.; Khakhar, D. V.; Misra, A.: Stretching induced phase transformations in melt extruded poly(vinylidene fluoride) cast films: effect of cast roll temperature and speed, Polymer Engineering and Science, 47, 1992-2004 (2007).
- [13] Varga, J.: β -modification of isotactic polypropylene: preparation, structure, processing, properties, and application, Journal of Macromolecular Science, Part B, 41, 1121-1171 (2002).
- [14] Gahleitner, M.; Mileva, D.; Androsch, R.; Gloger, D.; Tranchida, D.; Sandholzer, M.; Doshiev, P.: Crystallinity-based product design: Utilizing the polymorphism of isotactic PP homo- and copolymers, International Polymer Processing, 31, 618-627 (2016).
- [15] Gee, D.; Melia, T.: Thermal properties of melt and solution crystallized isotactic polypropylene, Die Makromolekulare Chemie: Macromolecular Chemistry and Physics, 132, 195-201 (1970).
- [16] Kumar, A.; Nanda, D.: Methods and fabrication techniques of superhydrophobic surfaces, in Superhydrophobic Polymer Coatings (eds.: Samal S.; Mohanty S.; Kumar Nayak S.; Elsevier, Amsterdam, 43-75 (2019).