

## Önerősítő hőre lágyuló műanyag szövettermékek

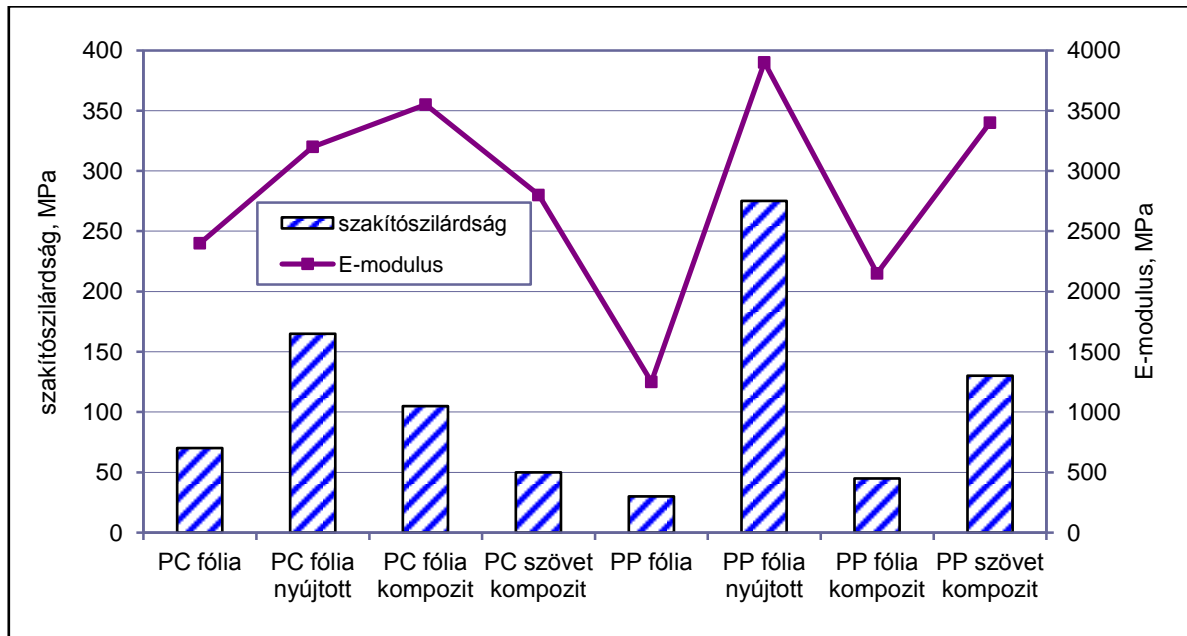
Műanyag fóliák nyújtásával jelentős mértékű anizotrópiát lehet elérni a mechanikai és más tulajdonságokban, és ezáltal a kiválasztott irányokba növelni lehet a műanyagtermékek teljesítményét. Az ilyen fóliákból, illetve a felhasításukkal előállított vékony szalagokból szőtt szövetekből önerősítő kompozitokat lehet előállítani úgy, hogy 15–20 fólia/szövet réteget egymásra fektetnek, formaadó szerszámban melegen egymásra préselik, illetve fröccsöntő szerszámban ráfröccsöntik az azonos polimer ömledékét, ügyelve arra, hogy az erősítő fólia/szövet csak az összehegedést biztosító mértékben olvadjon meg, de az erősítő hatást létrehozó orientáció legalább részben megmaradjon. E módszert eredményesen használták nemcsak részlegesen kristályos polimereknél, de polikarbonátfóliák esetében is.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; orientált fóliák; PP; PE; PETP; PA; PC; kompozitok; anizotrópia; vizsgálatok.*

Régóta ismert, hogy ha bizonyos hőre lágyuló műanyagok fóliáit egy (vagy két) irányban megnyújtják, tulajdonságaik jelentős anizotrópiát mutatnak. Ennek legismertebb példája az egy irányba megnyújtott polipropilén (PP) fóliákból hasított szalagokból szőtt nagy teherbírású zsákszövet, de hasonló elv alapján készülnek a raklapok rakományának leszorítására szolgáló PP és PET rögzítőpántok is. Ennek a jelenségnek az a magyarázata, hogy a nyújtás hatására a rendezetlen állapotban lévő polimer láncmolekulák többé-kevésbé egymással párhuzamos irányba rendeződnek, illetve a részlegesen kristályos polimerek elemi krisztallitjaiból felépülő nagyobb szerkezetek is hasonló változásokon esnek át. A PP mellett a módszer gyakorlati alkalmazása még a poli(etilén-tereftalát) (PET) és a poliamid (PA) esetében ismert; mind egy, mind két irányban nyújtott, azaz biorientált (BOPP, BOPET, BOPA) fóliákat számos területen alkalmaznak. Az amorf műanyagokhoz eddig ezt a módszert nem használták, de *most a polikarbonát (PC) fóliákon is sikerült kimutatni a nyújtás okozta orientáció jelentős erősítő hatását.* A nyújtott fóliák, illetve a fóliákból és belőlük előállított szövetekből préselt önerősítő termékek mechanikai jellemzőit polipropilén és polikarbonát esetében az 1. ábra szemlélteti.

Az egy irányba nyújtott fóliák gyártása úgy történik, hogy az extrúzióval előállított fóliát különböző hőmérsékletekre temperált hengerson vezetik át. A PP fóliák nyújtásakor az első hengerek a kívánt (olvadáspont alatti) hőmérsékletre melegítik a fóliát. A következő henger az előmelegítő hengerekhez képest nagyobb kerületi sebességgel (és magasabb hőmérsékleten) forog, ezáltal megnyújtja, egyúttal elvékonyítja és keskenyebbé is alakítja a fóliát. A következő henger még nagyobb kerületi sebes-

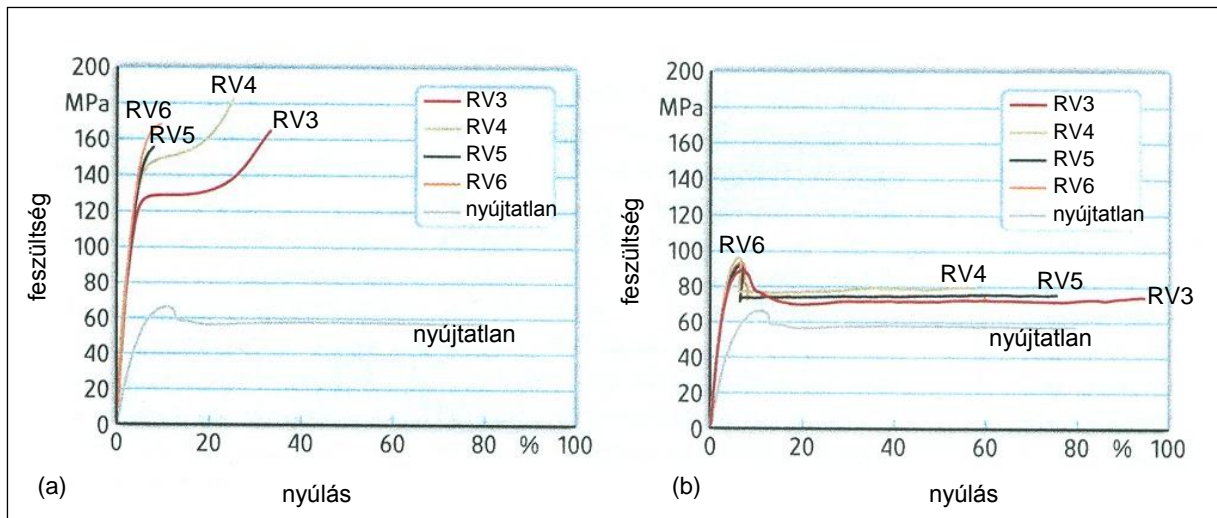
séggel forog és tovább nyújtja a fóliát, és így tovább. A nyújtó szakasz után következnek a temperáló hengerek (2–3), majd a hűtőszakasz hengerei után a fóliát vagy feltekercselik, vagy éles pengékkel vékony (1–3 mm széles) szalagokra hasítják fel. E szalagokból azután (gyakran a hengersorral in-line elrendezésben összekapcsolt) szövőgépeken szövetet állítanak elő. *Az ipari gyakorlatban általában 6–11-szeres nyújtást alkalmaznak.*



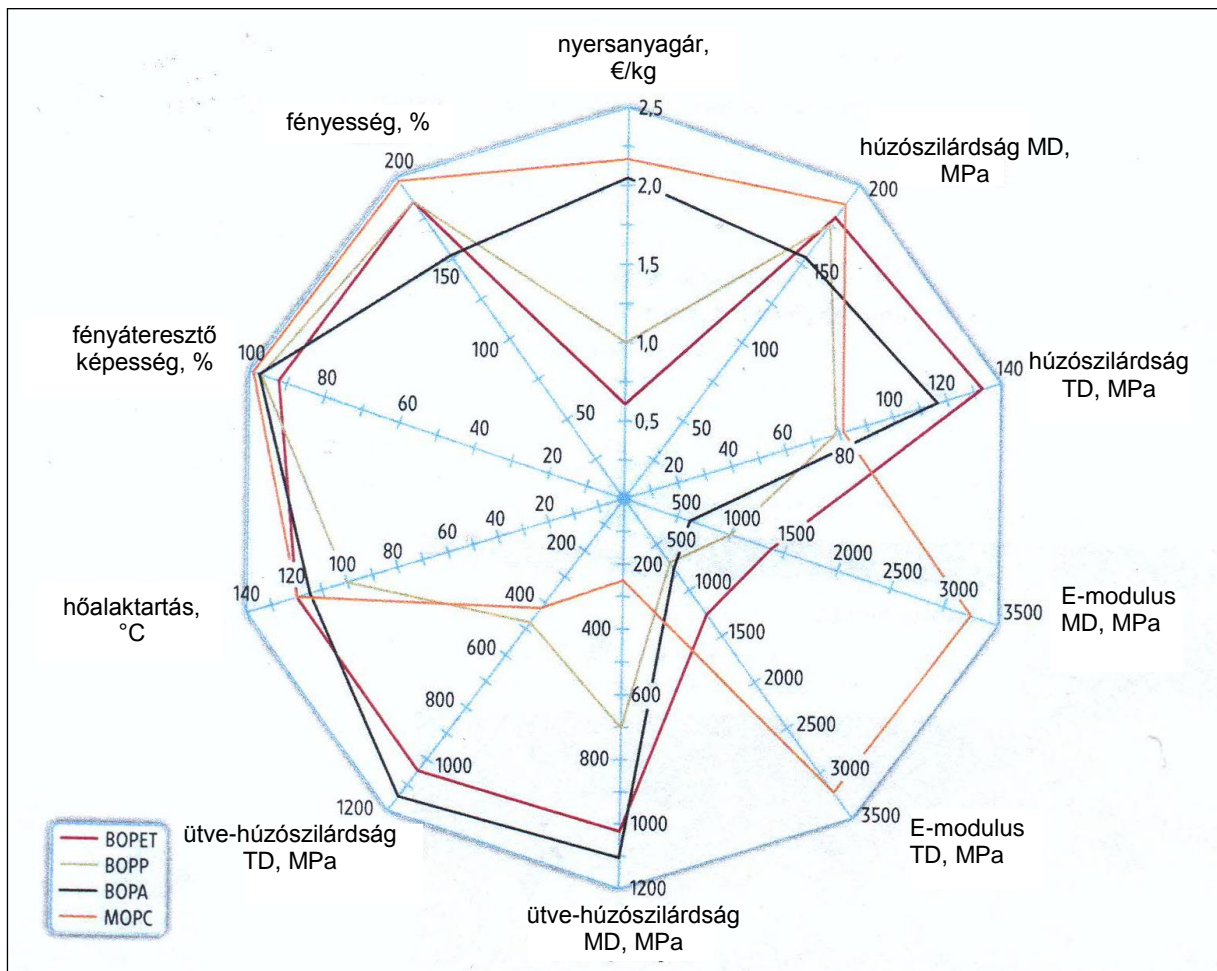
1. ábra Egy irányba nyújtott PC és PP fóliák, illetve a belőlük készített önerősítő kompozit termékek mechanikai tulajdonságai

A nyújtás során a fólia jelentősen elvékonyodik, szélessége csökken. A folyamat során fellépő anyag- és hőáramok matematikai leírása, a megfelelő pontosságú számítógépes szimulációs programok nagyon komplexek, kidolgozásuk finomítása több kutatóhelyen jelenleg is folyamatban van, de ma már elérhetők kielégítő pontosságú modellek.

A különböző mértékű nyújtások természetesen eltérő anizotrópiát és ezáltal eltérő szilárdságnövekedést eredményeznek. Ennek arányait mutatja be a 2. ábra, ahol különböző mértékben nyújtott PC fóliák húzódiagramjai szerepelnek a nyújtással párhuzamos, illetve arra merőleges irányban. Amorf polimerek megfelelő orientációjú nyújtását a  $T_g$  felett, az ún. nagyrugalmas állapotban kell elvégezni. A PC  $T_g$ -je kb.  $145\text{ }^\circ\text{C}$ , ezért a nyújtást  $160\text{ }^\circ\text{C}$ -on végezték, az előmelegítő hengerek hőmérsékletét  $150\text{ }^\circ\text{C}$ -ra, a temperáló hengereket pedig  $90\text{ }^\circ\text{C}$ -ra állították be. A kísérlethez  $200\text{ }\mu\text{m}$  vastag Makrolon 2805 fóliát alkalmaztak. Látható, hogy a nyújtással párhuzamos irányban  $183\text{ MPa}$ , arra merőlegesen pedig csak  $91\text{ MPa}$  maximális húzószilárdságot lehetett elérni, de valamennyi nyújtott fólia szilárdsága meghaladta a nyújtatlanét.



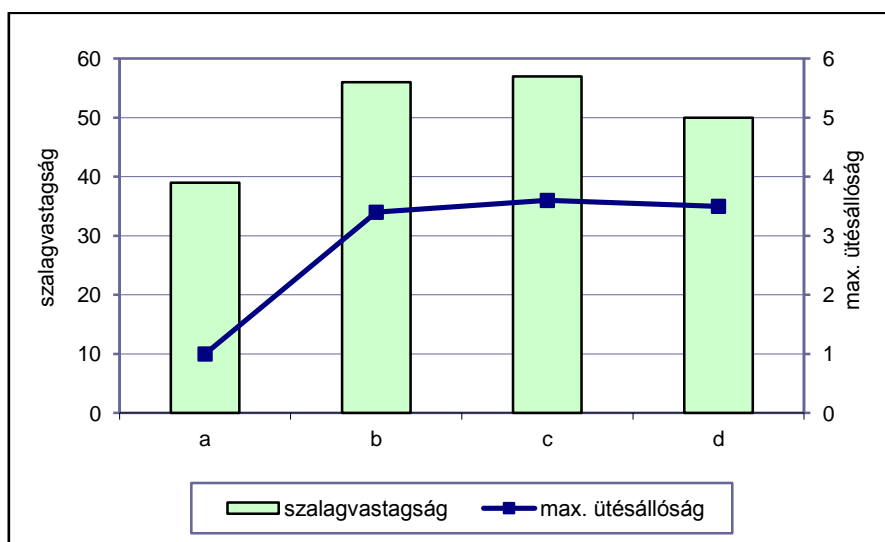
2. ábra Egy irányba, 3–6-szoros nyújtással (RV3-RV6) orientált polikarbonátfóliák húzódiagramja a nyújtással párhuzamosan (a) és arra merőleges irányban (b) mérve



3. ábra A biorientált PP, PET, PA és a monoorientált PC fóliák jellemző tulajdonságainak összehasonlítása nyújtásirányban (MD) és arra merőlegesen (TD)

Ha az erősen orientált műanyag fóliákat vagy az ezekből hasított szalagokból készült szövetdarabokat egymásra rétegelik (pl. 16–20 réteg, összesen 2 mm vastagsággal), és a rétegeket formaadó szerszámban melegen egymásra préselik, illetve fröccsöntő szerszámban a behelyezett szövet/fólia rétegekre ugyanilyen polimer ömledékével ráfröccsöntenek úgy, hogy a fólia/szövet rétegek nem, vagy csak részlegesen olvadnak meg, saját polimerével erősített kompozitrendszer(ek)e)t lehet előállítani. Ennek a terméknek terhelések szerint megkívánt irány(ok)ban nagyobb a szilárdsága, mint a homogén anyagból gyártott hasonló geometriájú termék(ek)é, tömege kisebb, mint az üvegszál-erősítésű kompozit és természetesen sokkal egyszerűbben recikálható, mint az olyan kompozit, amelynek mátrixanyaga és erősítő komponense egymástól eltérő anyagfajtából tevődik össze. A rétegek egymásra préselésekor, illetve a ráfröccsöntéskor a hőmérséklet- és nyomásértékeket, illetve a szerszám lehűtését nagyon gondosan kell megválasztani annak érdekében, hogy egyrészt az erősítő komponens ne olvadjon meg olyan mértékben, hogy anizotróp tulajdonságait elveszítse, de a rétegek mégis összehegedjenek létrehozva a mátrixanyagot, illetve a ráfröccsöntésnél a mátrixanyag összeépüljön az erősítő komponenssel.

A különböző alapanyagból előállított, két irányban nyújtott és az egy irányban nyújtott polikarbonát fóliák jellemző tulajdonságait a 3. ábra hasonlítja össze.



4. ábra Orientált PP szövetből eltérő paraméterekkel (a–d; l. a szövegben) préselt önerősítő kompozitanyagok ütésállósága (kN) és maradék szalagvastagsága (µm)

Ha koextrudált, nyújtott polipropilénfóliából készült szalagok szövetének rétegeit egymásra fektetve formatestekké préselik, a különböző hőmérséklet- és nyomásviszonyok eltérő tulajdonságú önerősítő kompozitanyagot eredményeznek. Az így kapott próbatestek bevizsgálása során mért ütésállóság-értékeket a 4. ábra szemlélteti, ahol az (a) jelű minta 197 °C hőmérsékleten és 5,5 MPa présnyomáson készült, a (b) jelű 197 °C hőmérsékleten és 3,9 MPa présnyomáson, a (c) jelű 187 °C hőmérsékleten és 3,9

MPa présnyomáson és a (d) jelű 187 °C hőmérsékleten és 5,5 MPa présnyomáson. Jól látható, hogy a túl nagy hőmérséklet és présnyomás együttes alkalmazása a mechanikai tulajdonságok romlását eredményezi.

Az ilyen kompozitokból kialakított alkatrészek gyártásakor fontos szempont a termék minőség-ellenőrzése, az esetleges hibahelyek gyors és egyszerű detektálása. Erre a célra az aktív hőtérkép módszer (*DIN EN 54192*) ajánlható, amelynek során a vizsgált tárgy kis felületét impulzusszerűen felhevítik (pl. villanófénnyel vagy lézerrel) és a felületen körkörös elvezető hőmérséklet mérőkkel mérik. Ahol a termék szerkezetében inhomogenitás van, ott a hővezető képesség is megváltozik, amit az eltérő felületi hőmérséklet jól jelez.

Összeállította: Dr. Füzes László

Heim H.P., et. al.: Eigenverstärkte Thermoplastverbunde Teil 1 = Kunststoffe, 104.k. 2. sz. 2014. p. 35–39.

Heim H.P., et. al.: Eigenverstärkte Thermoplastverbunde Teil2 = Kunststoffe, 104. k. 3. sz. 2014. p. 72–76.