

Polipropilén mátrixú fröccsöntött kompozitok mechanikai vizsgálatai

Mechanical Studies of Injection Molded Composites with Polypropylene Matrix

Ráthy Istvánné,¹ Pinke Péter,² Huszák Csenge³

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag és Gyártástudományi Intézet, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék, Magyarország, Budapest

¹ rathy.istvanne@bgk.uni-obuda.hu

² pinke.peter@bgk.uni-obuda.hu

³ huszak.csenge@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A kompozitanyagok széles körű alkalmazása elsősorban azok kiváló szilárdság/tömeg arányának, korrózióállóságának és viszonylag alacsony árának köszönhető. A szálerősített kompozitok mintegy 35–40%-a hőre lágyuló polimerekből készül, amelyekben erősítőszálként leggyakrabban üveg-, szén- vagy természetes szálat alkalmaznak, míg a másik részt a szén- vagy üvegszállal erősített hőre keményedő kompozitok teszik ki. Többségüket a közlekedés- és az elektronikai iparban alkalmazzák. Az új feldolgozási technológiák nemcsak a termékek tulajdonságait javítják, hanem hozzájárulnak a költségek csökkentéséhez is.

Jelen cikkünkben polipropilén (PP) mátrixú fröccsöntött termékekből kivágott próbatestek vizsgálati eredményeit hasonlítjuk össze szabványos próbatestekkel végzett mechanikai vizsgálatok eredményeivel.

Kulcsszavak: polipropilén, kompozitok, mechanikai vizsgálatok.

Abstract

The wide use of composite materials is mainly due to their excellent strength / mass ratio, corrosion resistance and relatively low price. Approximately 35-40% of the fibre-reinforced composites are made of thermoplastic polymers in which fibreglass, carbon or natural fibres are most often used as reinforcement, while the remaining 60 – 65% is made up of high-tech carbon or glass fibre-reinforced thermosetting composites. Most of them are used in the transport and electronics industries. New processing technologies not only improve the properties of the products but also contribute to reducing costs.

In this paper, we compare the results of mechanical tests with molded standard specimens with polypropylene matrix and test results from cut-outs from injection molded products.

Keywords: polypropylene, composites, mechanical properties.

1. Bevezetés

A műanyagok ma már életünk szerves részét képezik, naponta találkozunk velük, rendszeresen használjuk őket otthon, a munkahelyünkön, az iparban, a mezőgazdaságban egyaránt. A műanyagok gyártása és felhasználása töretlenül növekszik szerte a világon. A műanyagfeldol-

gozó-ipar egyik vezető ágazata a fröccsöntés technológiája, amelynek pénzforgalma 2018-ra feltételezhetően eléri a 252 milliárd USD-t [1]. A műanyag alapú kompozitanyagok széles körű alkalmazása elsősorban a kompozitok kiváló szilárdság/tömeg arányának, korrózióállóságának és viszonylag alacsony árának köszönhető [2].

2. Mechanikai vizsgálatok

A gyakorlatban az anyagok felhasználásuk során különböző igénybevételeknek vannak kitéve. Az alapanyagok mechanikai tulajdonságait is az igénybevételnek megfelelően vizsgáljuk, illetve úgy választunk alapanyagot, hogy az adott alkalmazáshoz kielégítse az alkatrészszel szemben támasztott követelményeket. Az adott szerkezeti anyagra vonatkozó mechanikai tulajdonságok számszerű értékeit általában a szakirodalomban találhatjuk meg. Sok esetben azonban túl nagy hangsúlyt kapnak a különböző típusú és minőségű polimerek szilárdsági szakirodalmi értékei, a végfelhasználás szempontjából azonban nem csak a mechanikai tulajdonságok meghatározóak. A polimerek gyakorlati felhasználása során szinte soha nem hagyhatóak figyelmen kívül az adott anyagra ható egyéb kedvezőtlen tényezők sem. Ilyen kedvezőtlen hatások például a környezeti hatások és a hőmérséklet. A hőmérséklet jelentősen befolyásolja a polimerek valamennyi tulajdonságát. Összehasonlítási alapként általában a szobahőmérsékleten mért jellemzők szolgálnak. A mechanikai jellemzőket igen erősen befolyásolja a hőmérséklet, ennek mértéke a polimer típusától függ, sőt ezeken a polimer típusokon belül is lehet eltérés a márkanevtől és a típusjelzéstől függően [3]. Felmerült az a kérdés, hogy üzemi körülmények között sorozatgyártásban legyártott kompozittermékek közül kivágott próbatesteken elvégzett különböző mechanikai vizsgálatok mérőszámjai hogyan viszonyulnak a szabványos próbatestekkel megvalósított vizsgálatok eredményeihez. Cikkünkben erre a kérdésre igyekeztünk válaszokat megfogalmazni.

2.1. Szakítóvizsgálat

Polimerek szakítóvizsgálatának az a célja, hogy meghatározza az anyag húzóerővel szembeni ellenállását, a húzószilárdságot. A vizsgálat menetét, a próbatest alakját, méretét, a kísérleti eredmények felvételét és kiértékelését az MSZ EN ISO 527-1:2012 szabvány határozza meg. A vizsgálat Zwick Z050 típusú szakítógépen történt.

Mivel a termék alakja szabványos keresztmetszet alkalmazását nem tette lehetővé, az általunk vizsgált fröccsöntött polipropilén (PP) +30% üvegszál tartalmú termékekből kivágott szakító próbatestek téglalap keresztmetszetűek (2x15 mm) voltak. A próbadarabok minimális nyúlással, szinte ridegen törtek el (1. ábra). Összesen 10 db próbatest szakítóvizsgálatát végeztük el szobahőmérsékleten.

A szakítószilárdságot az alábbi képlettel határoztuk meg.

$$R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

ahol

F_{\max} a terhelő erő maximális értéke [N],

S_0 a próbatest kiinduló keresztmetszete [mm²].

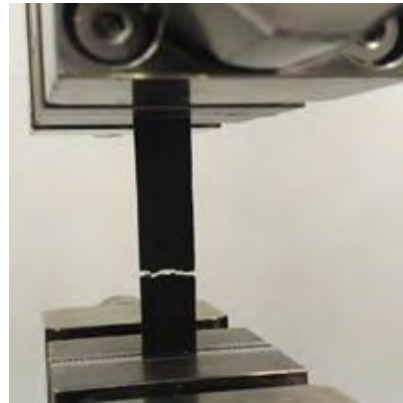
A szakítószilárdság 63–71 MPa között változott. A vizsgálat során felvett szakítógörbéket a 2. ábra mutatja.

A százalékos nyúlás értékei: $\varepsilon = 3,6\text{--}4,1\%$ között alakultak, melyeket az alábbi összefüggéssel határoztunk meg.

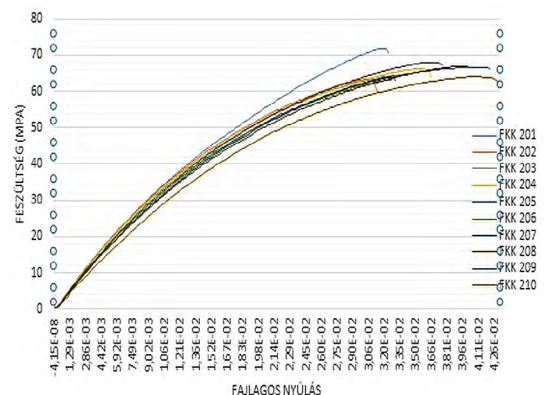
$$\varepsilon = \frac{L_U - L_0}{L_0} 100 \quad (\%) \quad (2)$$

Az L_0 az eredeti hosszt, az L_U a megnyúlt hossz jelöli.

Szakirodalmi adatok szerint a 30%-os rövid üvegszállal erősített polipropilén kompozit szakítószilárdsága 82 MPa [3].



1. ábra. Szakítópróbatest a törést követően



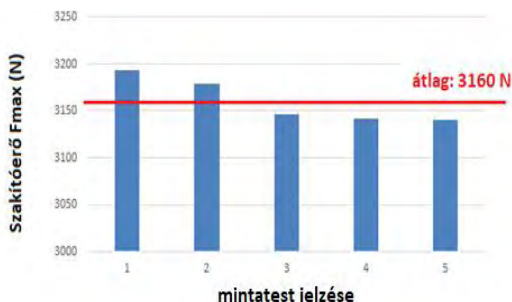
2. ábra. A próbatestek szakítódíagramjai

Az általunk mért értékek és a szakirodalmi adatok közti eltérés a vizsgált PP mátrix és a szakirodalomban megadott PP mátrix adalékanyagainak lehetséges különbözőségéből ered.

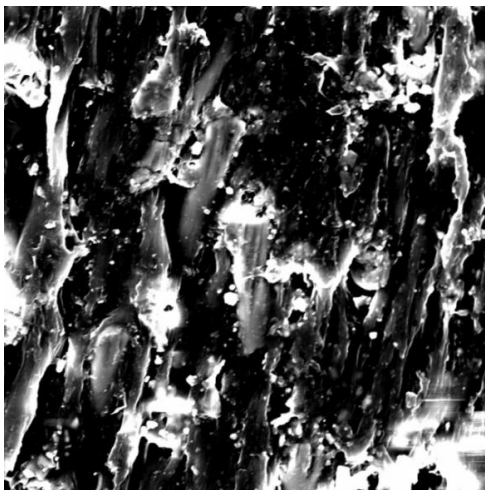
Ugyanakkor a PP +30% üvegszál tartalmú kompozitanyagból kivágott szabványos próbatestekkel is végeztünk vizsgálatokat. A maximális erő eloszlását a **3. ábra** mutatja.

Ebben az esetben a szakítószilárdság: $R_m = 79\text{--}81$ MPa között változott, a százalékos nyúlás értéke $\varepsilon = 4,83\%$ volt. Ezek az értékek nagyon jól megközelítették a szakirodalmi adatokat.

Megvizsgáltuk az elszakadt felületet elektronmikroszkóppal (**4. ábra**). Látható, hogy a PP alapanyag jól tapad az üvegszálak felületéhez, ami biztosítja az alapmátrix és az üvegszál együttes teherviselését.



3. ábra. A maximális erők eloszlása



4. ábra. Az elszakított felület elektronmikroszkópi képe

2.2. Hajlítóvizsgálat

Polimereket és polimer mátrixú kompozitokat gyakran minősítenek hajlítóvizsgálattal. A hárompontos hajlítás során a hasáb alakú próbatestet kéttámaszú tartóként a középpontra ható

erővel terheljük. A vizsgálat során a terhelés a nulláról indulva folyamatosan növekszik, míg a próbatestet el nem törik. Eközben a próbatestet közepén mérésre kerül az erő (F) és a behajlás (f). A behajlásból és az erőhatás nagyságából a vizsgált próbatest alakváltozására lehet következtetni [3]. Lásd az **5. ábrát**.

A hajlítószilárdság a maximális hajlítónyomaték ismeretében határozható meg az alábbi képlettel:

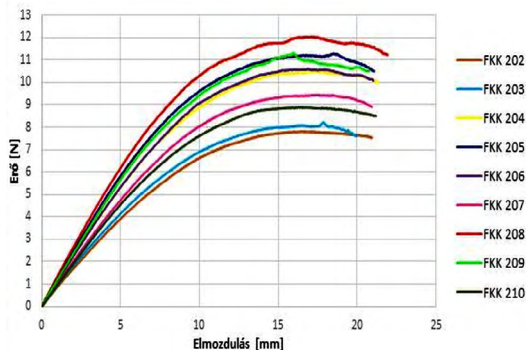
$$R_{mh} = \frac{3 \cdot F_{\max} \cdot L}{2 \cdot B \cdot H^2} [MPa] \quad (3)$$

A hajlító rugalmassági modulusz kiszámítása pedig a

$$E = \frac{\Delta FL^3}{4\Delta f BH^3} [GPa] \quad (4)$$

képlettel történt.

A vizsgálatot (**6. ábra**) Instron 5965 típusú gépen hajtottuk végre az MSZ EN ISO 178:2011 szabvány szerint.



5. ábra. A terhelőerő-lehajlás diagram



6. ábra. A próbatest a hajlítóvizsgálat közben

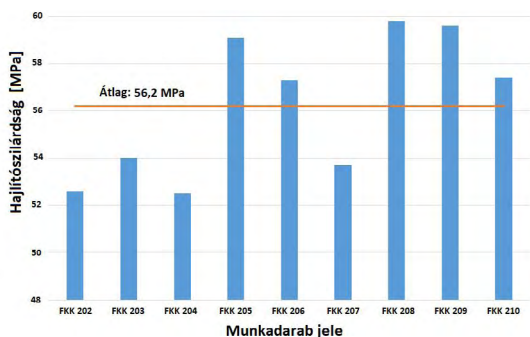
A próbatetek jelöléseit, méreteit, valamint a kiszámított hajlítószilárdságot és hajlító rugalmassági modulus értékeit az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat. Vizsgálattal meghatározott hajlítószilárdság és rugalmassági modulus értékek

Jelölés	F _{max} (N)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	σ (MPa)	R (MPa)
FKK 202	7,8	70	7,61	1,43	52,6	1799,1
FKK 203	8,2	70	7,69	1,44	54,0	1714,3
FKK 204	8,9	70	7,91	1,50	52,5	1665,0
FKK 205	11,3	70	8,25	1,56	59,1	1674,2
FKK 206	10,6	70	8,30	1,53	57,3	1815,2
FKK 207	9,4	70	8,06	1,51	53,7	1662,7
FKK 208	12	70	8,34	1,59	59,8	1798,2
FKK 209	11,3	70	8,29	1,55	59,6	1965,4
FKK 210	10,5	70	8,21	1,53	57,4	1848,7
Átlag					56,2	1771,4

Az üvegszál nélküli polipropilén hajlítószilárdsága 37 MPa, hajlítómodulusa 1,4 GPa. A PP 30% rövid üvegszál tartalmú fröccsöntött termékéből kivágott próbatest hajlítószilárdsága 52–59 MPa volt. A szakirodalom a PP+30%GF kompozitoknál a hajlítószilárdságra 120 MPa, a hajlítómodulusra 6 GPa értékeket közöl.

A hajlítószilárdság értékeit a **7. ábra** mutatja.



7. ábra. A hajlítószilárdság értékek

2.3. Ütővizsgálat

A dinamikus anyagvizsgálati módszerek a törést okozó igénybevételek, az adott szerkezeti anyag szívósságának meghatározására szolgálnak. A polimerek esetében a szívósság nem más, mint az energiaelnyelő képességük. A szerkezeti anya-

gnál megállapítható, hogy annak az anyagnak, amelynek nagyobb az ütőmunkája (polimereknél az ütőszilárdsága), nagyobb a szívóssága is. A vizsgálat bemetszett és bemetszetlen próbatetek végezhető el [4]. Az általunk használt próbatetek bemetszés nélküliek voltak. Charpy-féle ingás ütőmű berendezést alkalmaztunk, az MSZ EN ISO 179-1:2010 szabvány alapján. A próbatetek méretei a **2. táblázat**ban láthatók.

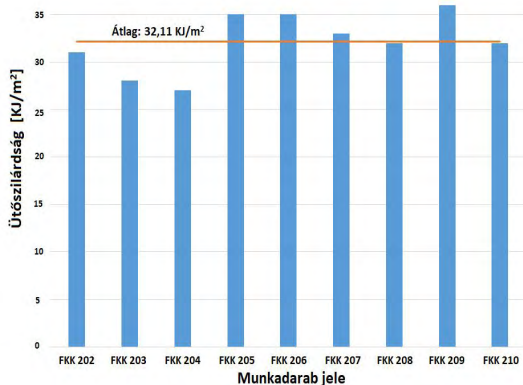
2. táblázat. Az ütőpróbatetek méretei

Munkadarab jele	Szélesség (mm)	Vastagság (mm)	Keresztmetzet (mm ²)
FKK 202	3,89	3,81	14,8209
FKK 203	3,95	3,71	14,6545
FKK 204	3,85	3,79	14,5915
FKK 205	3,82	3,79	14,4778
FKK 206	3,84	3,86	14,8224
FKK 207	3,81	3,76	14,3256
FKK 208	3,71	3,86	14,3206
FKK 209	3,84	3,81	14,6304
FKK 210	3,70	3,85	14,2450

A polipropilén alapú 30% üvegszál-erősítéses kompozit vizsgálata során mért Charpy-féle ütővizsgálat eredménye bemetszés nélküli próbatest esetén 4 J/cm² [5], ami 40 kJ/m²-nek felel meg. Az általunk mért, illetve számított értékeket a **3. táblázat** mutatja. Az ütőszilárdság értékei 27 és 36 kJ/m² közé estek. Az ütőszilárdsági értékek a **8. ábrán** láthatók.

3. táblázat. Ütőmunka- és ütőszilárdság-értékek

Munkadarab jele	Ütőmunka (J)	Ütőszilárdság (kJ/m ²)
FKK 202	0,46	31
FKK 203	0,41	28
FKK 204	0,40	27
FKK 205	0,52	35
FKK 206	0,52	35
FKK 207	0,48	33
FKK 208	0,47	32
FKK 209	0,53	36
FKK 210	0,45	32



8. ábra. Az ütőszilárdsági értékek átlaga

3. Következtetések

Ipari körülmények között, sorozatgyártásban legyártott munkadarabokból kivágott próbatestekkel végeztünk mechanikai vizsgálatokat. Arra a kérdésre kellett választ adnunk, hogy ezeknek a termékeknek a mechanikai tulajdonságai mennyire közelítik meg a szakirodalomban megadott értékeket.

Azt tapasztaltuk, hogy a szakítóvizsgálati eredmények nagyságrendileg megfelelnek a szabvá-

nyos próbatestekkel végzett kísérletek eredményeinek, de valamelyest kisebb értékeket mutatnak. Ez vélhetően az ipari termékben általunk nem ismert mennyiségű adalékanyagok hatásaként értelmezhető. A hajlítóvizsgálatok során nagyobb eltérések adódtak a mért és a szakirodalmi adatok között, ami szintén a PP mátrix adalékanyagok különbözőségével magyarázható. Az ütőmunka-vizsgálati eredmények jól közelítettek a szabványos próbatestekkel végzett mérések szakirodalmi adataihoz.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Transparency Market Research: *Injection Molded Plastics Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth and Forecast, 2010-2018*. <https://pitchengine.com/pitches/8f64cc4f-8df4-4314-9eeb-5e9c534da54d> (letöltve: 2017. március 1.)
- [2] Kar K. K. (szerk.): *Composite Materials: Processing, Applications, Characterizations*. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49514-8>
- [3] Szakács H., Varga Cs., Nagy R.: *Polimerek mérés-technikája*. Pannon Egyetem, Veszprém, 2012. 71–76.
- [4] Varga Cs.: *Műszaki műanyagok. 2. rész*. Pannon Egyetem, Veszprém, 2012. 24.
- [5] Czél Gy., Kollár, M.: *Anyagvizsgálati praktikum*. Sunplant Kft., 2009. 36.

ERRATUM

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület mint kiadó és az Acta Materialia Transylvanica szerkesztősége sajnálattal értesíti a szerzőket és az olvasókat, hogy a folyóirat 2018-as évfolyam 1 és 2. lapszámaiban a cikkek magyar nyelvű változatainál a DOI-azonosítók prefixei hibásan jelentek meg.

A cikkek fejléceiben a magyar nyelvű változatnak megfelelő DOI prefix helyesen: **10.33923**, nem 10.2478.

A prefixek 2023 szeptemberében a lapszámok honlapján:

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-1.htm> illetve

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-1.htm>

és

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-2.htm> illetve

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-2.htm>

minden cikkben javításra kerültek, feltüntetve az eredeti, hibás és az új, helyes azonosítót is.

A DOI-azonosítók helyes számra történő cserélése a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT) is megtörtént.

A hibáért minden szerző és olvasó szíves elnézését kérjük és tisztelettel kérjük, hogy ezentúl az új, helyes azonosítót legyenek szívesek használni!

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Kiadó és az Acta Materialia Transylvanica Szerkesztősége nevében:


Bitay Enikő
főszerkesztő

ERRATUM

The Erdélyi Múzeum-Egyesület as Publisher, and the Editorial Office of Acta Materialia Transylvanica regret to inform the authors and readers that the prefixes of the DOI identifiers of the Hungarian versions of the articles in issues 1 and 2 of the journal in 2018 were incorrectly published.

In the article headings, the DOI prefix corresponding to the Hungarian version of the article is **10.33923**, not 10.2478.

In September 2023, the prefixes were corrected in all articles on the websites of the journal issues:

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-1.htm> respectively

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-1.htm>

and

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-2.htm> respectively

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-2.htm>

showing the original incorrect one crossed out and the new, correct identifier.

The replacement of the DOI identifiers with the correct number has also been done in the Hungarian Repository of Scientific Works (MTMT).

We apologize to all authors and readers for this error, and respectfully request that you use the new, correct identifier from now on!

On behalf of the Erdélyi Múzeum-Egyesület Publisher and the Editorial Office of Acta Materialia Transylvanica:



Bitay Enikő

Editor-in Chief