

Kukoricacsutkával és faliszttel módosított PVC kompozitok

Kenyó Csaba hallgató, Fizikai Kémiai- és Anyagtudományi Tanszék Műanyag és Gumiipari Laboratórium

Témavezető: **Dr. Móczó János** tudományos munkatárs, MTA Anyag és Környezet-kémiai Intézet, Alkalmazott Polimer Fizika-Kémiai Osztály

Tárgyszavak: PVC; kukoricacsutka; faliszt; társítóanyag; töltőanyag; mechanikai tulajdonságok.

Bevezetés

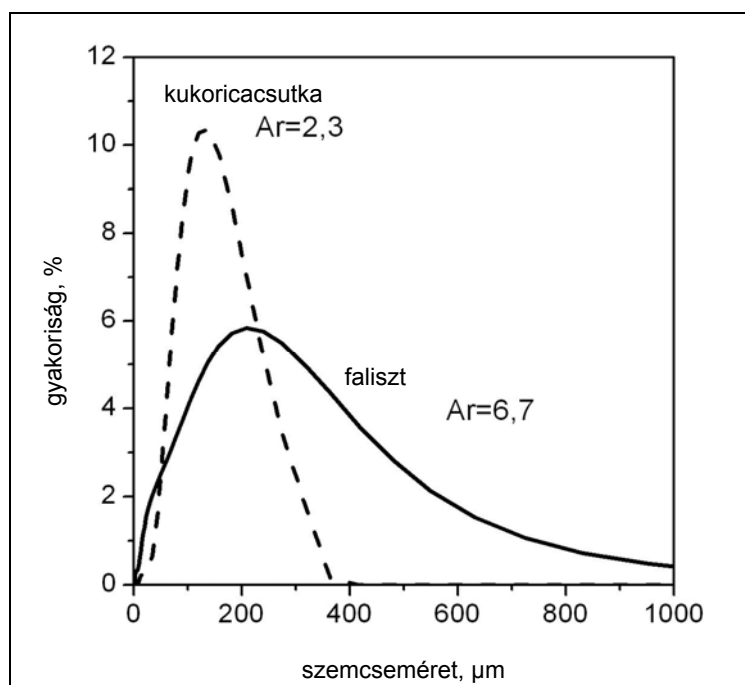
A társítóanyagokat tartalmazó polimerek előállítása, vizsgálata és alkalmazása jelentős múltra tekint vissza. Az eredeti cél a drágább műanyagok helyettesítése volt, olcsóbb töltőanyagokkal. Mára ez megváltozott, a társítóanyagokat elsősorban előnyösebb tulajdonságok elérése érdekében adagolják a polimerekhez. A polimer és a töltőanyag társítása minden esetben új műanyagot eredményez. A legnagyobb mennyiségű töltőanyagot a PVC termékekben használják fel. A PVC feldolgozása során mindenféleképpen szükséges egy keverési lépés, amelynek során megtörténik a feldolgozáshoz szükséges anyagok PVC-hez adalékolása (stabilizátorok, csúsztatók). Így szemben más polimerekkel, nem eredményez költségnövekedést a töltőanyagok adagolása. A természetes anyagokkal módosított PVC termékeket elsősorban az építőiparban használják pl. padlók, burkolatok céljára [1]. A társítóanyagokat polimerekhez adagolva heterogén rendszert kapunk. A heterogén polimerrendszerek tulajdonságait négy tényező határozza meg: a komponensek jellemzői, az összetétel, a határfelületi kölcsönhatások és a szerkezet. Ezekben az anyagokban külső feszültség hatására a heterogenitások körül feszültségkoncentráció alakul ki, s ennek hatására lokális mikromechanikai deformációk mennek végbe [2]. Ezeknek négy fő típusa van: nyírási folyás, mikrorepedezés, határfelületek elválása és a kavitáció. Az első kettő a társítóanyagot nem tartalmazó, tiszta polimerben is fellép, a második kettő kifejezetten a heterogenitások hatására létrejövő deformációs folyamat. Különösen fontos ismernünk ezeket a folyamatokat, mivel ezek vezetnek az anyag tönkremeneteléhez, és ezáltal meghatározzák a makroszkopikus tulajdonságokat [3,4]. Napjainkban a mikromechanikai deformációs folyamatok követésére előszeretettel alkalmazzák az *akusztikus emisszió módszerét* [5,6,7]. A terhelt szerkezetek hangot adnak ki, amelyek a legtöbb esetben a hallható hang tartományán kívül, az ultrahang tartományába esnek. A kibocsátott hang – vagy más néven akusztikus emisszió – forrásai eltérőek lehetnek: hangot bocsátanak ki az egymáson súrlódó felületek, a

törés, a repedésterjedés, továbbá emisszió forrásai lehetnek a már említett mikro-mechanikai deformációs folyamatok. Az akusztikus emissziós mérések nagy előnye, hogy a detektált jel magában az anyagban jön létre, így a jelek jellemzői segítségével lehetővé válhat a kiváltó mechanizmus megállapítása, illetve jellemzése is. *Munkánk célja a természetes erősítőanyagokkal (kukoricacsutka, faliszt) módosított PVC kompozitok mechanikai tulajdonságainak, valamint a külső terhelés hatására az anyagban végbemenő mikromechanikai deformációk vizsgálata.*

Kísérleti rész

A vizsgálatok során a **Borsodchem Rt.** által gyártott *Ongrovil S5258* ($K=58\pm 1$) típusú szuszpenziós eljárással készült, közepes molekulatömegű PVC homopolimert használtuk.

A két alkalmazott töltőanyag: *GM200* típusú kukoricacsutka-örlemény és *EFC 1000* típusú faliszt (**J. Rettenmaier and Söhne GmbH.**), átlagos szemcsemérete viszonylag nagy (143, illetve 210 μm) összehasonlítva a PVC-hez általánosan használt kereskedelmi kréta töltőanyagéval. A kukoricacsutka anyagának szemcseméret-eloszlása valamivel szűkebb, mint a faliszté (*1. ábra*). Fontos azonban megjegyezni, hogy az átlagos szemcseméret, illetve a szemcseméret-eloszlás mellett a szemcsék alakja is jelentősen befolyásolja a kompozitok tulajdonságait. Az *1. ábrán* az egyes töltőanyagok alakú tényezőjét (Ar), amely a szemcse legnagyobb és legkisebb méretének hányadosa, is feltüntettem. Míg a kukoricacsutka-örlemény szemcséi meglehetősen szabályos alakúak, addig a faliszt nagyobb alakú tényezővel rendelkező, inkább szálalás jellelű töltőanyag, ami megfelelő feldolgozási paraméterek mellett jelentős erősítőhatást eredményezhet.



1. ábra A kukoricacsutka-örlemény, illetve a faliszt szemcseméret-eloszlása

A töltőanyag-tartalmat 0–60 tömegrész között változtattuk 10 tömegrészenként növelve a töltőanyag mennyiségét. A mintakészítés mindkét esetben ugyanúgy zajlott, a PVC port és a szilárd adalékokat **Thyssen Henschel FM/A10** típusú gyorskeverőben 2700 1/perc fordulatszámra 55 °C eléréséig kevertük. Ezután a keverés sebességét 1400 1/perc fordulatszámra csökkentettük, majd hozzáadtuk a folyékony adalékokat, majd a fordulatszámot ismét 2700 1/percre emeltük. A 110 °C keverési hőmérséklet elérése után a fordulatszámot 700 1/percre csökkentettük, és a porkeveréket 60 °C-ra hűtöttük. Az így készült porkeverékek egy részéből hengerléssel, majd préseléssel lapokat készítettünk.

A hengerelést **Schwabenthan Polimix L110** típusú hengersizéken végeztük 180 °C-on. A kompozitok préselését JBT 25 tonnás laboratóriumi présrel végeztük. Az 1 mm-es préselt lapokból szabványos próbatesteket vágunk ki. A kompozitok mechanikai vizsgálatait a kivágott próbatesteken **INSTRON 5566** típusú univerzális mechanikai vizsgáló berendezésen végeztük, 5 mm/perc keresztfejssebesség és 80 mm befogási hossz alkalmazása mellett.

Eredmények

A különböző összetételű PVC/kukoricacsutka-kompozitok szakítási jellemzőit a 1. táblázat tartalmazza. A várakozásoknak megfelelően a *bekevert kukoricacsutka mennyiségének növelésével a kompozitok merevsége növekedett, míg deformálhatóságuk nagymértékben csökkent az alappolimerhez viszonyítva*. A táblázatból látható, hogy a folyási jellemzők meghatározása nem lehetséges 30 tömegrész kukoricacsutka-tartalom felett. Ennél magasabb töltőanyag-tartalomnál a kompozitok még a folyás elérése előtt, viszonylag kis deformációnál szakadnak. Az, hogy a kukoricacsutka-tartalom növelésével a kompozitok folyási feszültsége, valamint szakítószilárdsága jelentős mértékben csökken, azzal magyarázható, hogy viszonylag gyenge az adhézió a mátrix és a töltőanyag között. Külső terhelés hatására könnyen bekövetkezik a polimer/töltőanyag határfelület elválása, ez pedig a kompozit gyors tönkremenetelét eredményezi.

1. táblázat

A PVC/kukoricacsutka kompozitok húzóvizsgálatának eredményei

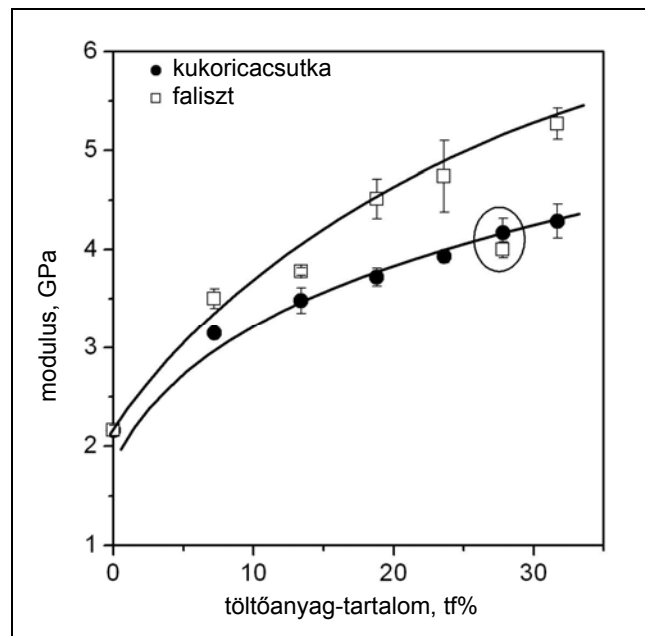
Töltőanyag sr.	Töltőanyag tr. %	E, GPa	σ_y , MPa	ϵ_y , %	σ , MPa	ϵ , %
0	0,0	2,16±0,05	45,78±1,07	5,33±0,25	33,48±4,25	59,32 ±6,41
10	7,2	3,15±0,03	41,62±0,60	2,54±0,07	36,56±0,93	3,97±0,35
20	13,4	3,48±0,13	41,98±2,28	2,06±0,15	40,76±2,30	2,32±0,23
30	18,8	3,72±0,09	42,41±0,57	1,77±0,05	41,59±0,46	1,89 ±0,15
40	23,6	3,93±0,06	–	–	38,24±1,14	1,72±0,09
50	27,8	4,17±0,14	–	–	39,54±2,00	1,41±0,11
60	31,7	4,29±0,17	–	–	39,45±1,66	1,26±0,03

EFC 1000 típusú faliszttel végzett kísérletek eredményeit a 2. táblázatban mutatjuk be. A töltőanyag-tartalom növelésével a merevség és a szilárdság is növekszik, a deformálhatóság pedig a várakozásoknak megfelelően csökken. A merevség mellett a szilárdság is jelentős mértékben javult, ami a faliszt erősítő hatásának tulajdonítható (alaki tényező). A kukoricacsutkát, illetve a faliszt tartalmazó polimerrendszerek merevségének és szakítószilárdságának változását a 2. és a 3. ábra mutatja be. A szakítószilárdság értékei nagy töltőanyag-tartalom mellett nagyobb szórást mutatnak, ez egyértelműen a töltőanyag aggregációjának a következménye.

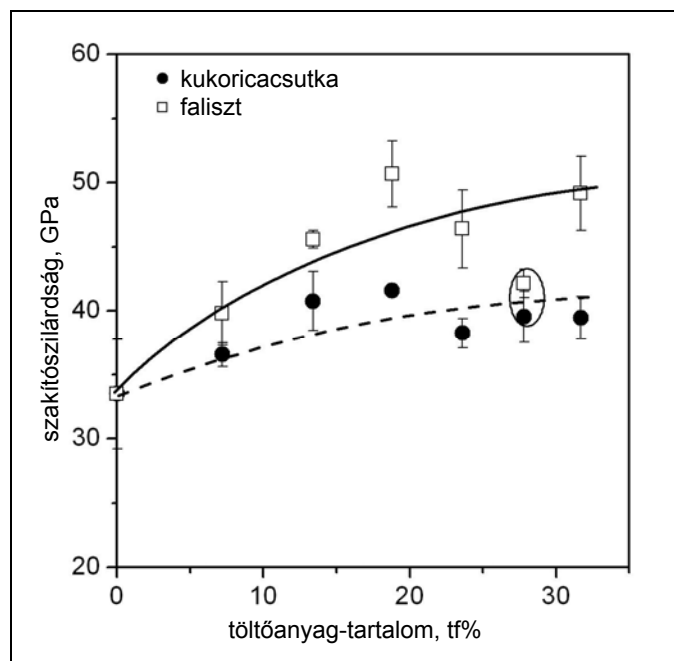
2. táblázat

A PVC/faliszt kompozitok húzóvizsgálatának eredményei

Töltőanyag sr.	Töltőanyag tr. %	E, GPa	σ_y , MPa	ϵ_y , %	σ , MPa	ϵ , %
0	0,0	2,16±0,05	45,78±1,07	5,33±0,25	33,48±4,25	59,32 ±6,41
10	7,2	3,50±0,10	47,06±1,28	2,70±0,09	39,88±2,50	4,20±0,65
20	13,4	3,78±0,04	46,69±0,41	2,30±0,12	45,58±0,69	2,53±0,16
30	18,8	4,51±0,20	-	-	50,68±2,57	2,05±0,19
40	23,6	4,74±0,36	-	-	46,40±3,04	1,98±0,07
50	27,8	4,00±0,08	-	-	42,15±1,10	1,64±0,18
60	31,7	5,27±0,16	-	-	49,16±2,88	1,57±0,31



2. ábra A PVC/faliszt és PVC/kukoricacsutka-kompozitok merevsége a töltőanyag térfogattört függvényében



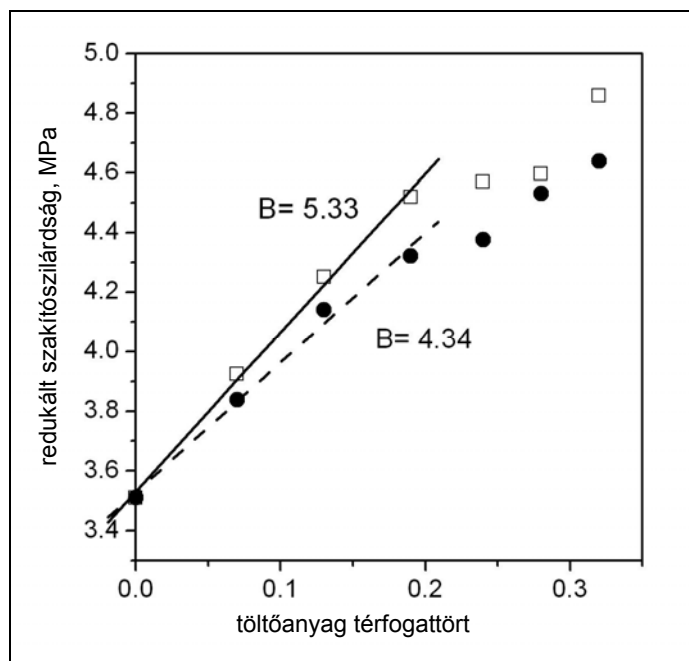
3. ábra A PVC/faliszt és PVC/kukoricacsutka-kompozitok szakítószilárdsága a töltőanyag-tartalom függvényében

A kompozitokban a töltőanyag és a mátrix között fellépő kölcsönhatások szorosan összefüggnek a kompozit folyási feszültségével és szakítószilárdságával. Így a kölcsönhatás erőssége becsülhető a kompozit szakítószilárdságának segítségével. Az alábbi egyenlet Pukánszky és munkatársai által kidolgozott összefüggés a kölcsönhatás erősségének jellemzésére:

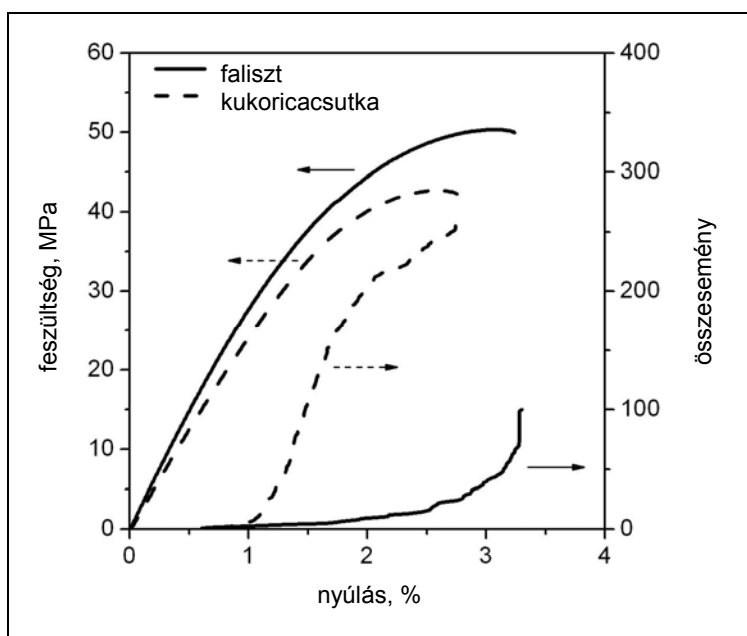
$$\ln \sigma_{Tred} = \ln \frac{\sigma_T (1 + 2.5 \varphi)}{\lambda^n (1 - \varphi)} = \ln \sigma_{T0} + B \varphi$$

ahol σ_T és σ_{T0} a kompozit, ill. a mátrix szakítószilárdsága, φ a töltőanyag térfogattörtje, λ a deformációból eredő keresztmetszet változást veszi figyelembe, B pedig a kölcsönhatás erősségével arányos mennyiség. Az egyenes meredeksége, a B paraméter, arányos a töltőanyag által hordozott terhelés nagyságával. Mindkét töltőanyaggal viszonylag magas B értékeket kaptunk (4. ábra), ami azt mutatja, hogy valódi erősítés is elérhető ezen töltőanyagok alkalmazásával. A faliszt esetében kapott nagyobb erősítő hatás magyarázata a nagyobb alakító tényezőből eredő nagyobb erősítő hatás.

Az akusztikus-emissziós vizsgálatok eredményét a 30 % (m/m) töltőanyagot tartalmazó keverékeken mutatjuk be az 5. ábrán. Az ábra jobb oldalán a szakítás során lejátszódott események összegét mutatja a nyúlás függvényében. Az ábra alapján megállapíthatjuk, hogy kukoricacsutka-töltőanyag esetében több akusztikus emisszióval járó deformációs folyamat játszódik le, ezek a folyamatok már kisebb feszültség értéknél indulnak meg. Faliszt töltőanyag alkalmazásánál ezek a folyamatok lényegesen később játszódnak és kevesebb akusztikus jelet eredményeznek.



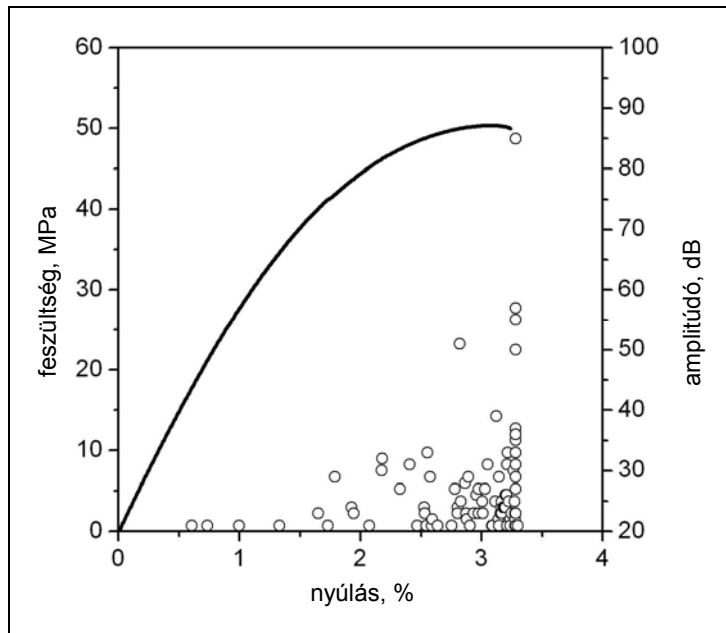
4. ábra A PVC/kukoricacsutka és a PVC/falisztt-kompozitok B paramétere



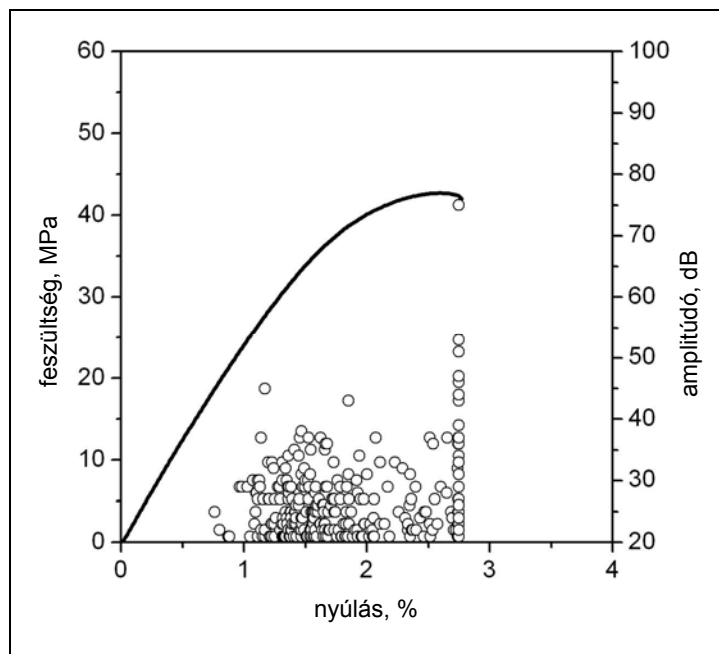
5. ábra A PVC/falisztt és PVC/kukoricacsutka kompozitok feszültsége, illetve az összeseményszám a nyúlás függvényében

A 6. és a 7 ábrán az egyes akusztikus emissziós jelek erősségét (amplitúdóját) ábrázoltuk a nyúlás függvényében. Jól láthatóak az eltérések, a falisztes kompozitok esetén jóval kevesebb jelet detektáltunk, és ezen jelek erőssége kisebb, mint a kukori-

cacsutkát tartalmazó kompozitoké. Míg a falisztes keveréknél a jelek nagy részét a tönkremeneteli folyamat végén észleltük, addig a kukoricacsutkát tartalmazónál az egész folyamat alatt.



6. ábra A PVC/faliszt kompozitok feszültsége, illetve az amplitúdója a nyúlás függvényében



7. ábra A PVC/kukoricacsutka kompozitok feszültsége illetve az amplitúdója a nyúlás függvényében

Konklúzió

A mérések alapján megállapíthatjuk, hogy a kukoricacsutkával módosított PVC mechanikai tulajdonságai javultak, a szilárdság és a merevség is nőtt a töltőanyag-tartalom növelésével.

A faliszttal módosított PVC kompozitok szilárdsága és merevsége nagyobb mértékben nőtt, ami azzal magyarázható, hogy erősebb az adhézió a töltőanyag és a polimermátrix között, illetve azzal, hogy a falisztnak nagyobb az alaki tényezője, ami megfelelő feldolgozási paraméterek mellett jelentős erősítő hatást eredményezhet.

A töltőanyagot tartalmazó polimerrendszerek jellemző mikromechanikai deformációs folyamata a határfelületek elválása. Mind a PVC/faliszttal, mind a PVC/kukoricacsutka-kompozitok esetén, külső terhelés hatására a határfelületek elválása következik be a gyenge adhézió eredményeként. Kukoricacsutka esetén a több akusztikus emisszióval járó folyamat arra utal, hogy a határfelületek elválása könnyebben végbe megy, és ennek eredményeképp gyengébb mechanikai tulajdonságokat kaptunk.

Irodalom:

1. Lilli M. Sherman, Wood-Filled Plastics- They Need the Right Additives for Strength, Good Looks & Long Life, Plastic Technology.
2. Michler, G. H. (1992). Kunststoff-Mikromechanik. Morphologie, Deformations- and Bruchmechanismen, Hanser, München.
3. Dányádi, L., Renner, K., Szabó, Z., Nagy, G., Móczó, J., Pukánszky, B: Wood flour filled PP composites: adhesion, deformation, failure. Polym. Advan. Technol. 17, p. 967–974 (2006).
4. Dányádi, L., Renner, K., Móczó, J., Pukánszky, B: Wood flour filled PP composites: interfacial adhesion and micromechanical deformations, Polym. Eng. Sci. 47, 1246–1255 (2007).
5. Karger-Kocsis, J.; Harmia, T.; Czigány, T.: Comp. Sci. Tech., 54. k. 1995. p. 287–298.
6. Szabó, J. S.; Czigány, T.: Polym. Test., 22. k. 2003. p. 711–719.
7. Renner, K.; Yang, M.S.; Móczó, J.; Choi, H.J.; Pukánszky, B.: Eur. Polym. J., 41. k. 2005. p. 2520–2529.