

Mezőgazdasági melléktermékekkel társított polimer rendszerek

PhD Értekezés
(Írta: Dogossy Gábor)

Tézisek

1. Tézis Adaptáltam az irodalomban a rövidszál-erősítésű kompozitoknál jól ismert, a kör keresztmetszetű szálerősítések kritikus szálhossz meghatározásához alkalmazott Kelly-Tyson összefüggést, amely így alkalmassá vált lemez formájú részecskékkel társított rendszerekhez (T1):

$$\frac{b_c}{h} + \frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_f}{\tau}, \quad (T1)$$

ahol b_c lemez hosszabbik oldalának kritikus értéke, h a lemez vastagsága, α arányossági tényező a lemez oldalai között ($a_c = \alpha b_c$), σ_f az társítóanyag szakítószilárdsága, τ a határfelületre érvényes nyírószilárdság.

Meghatároztam a kukoricamaghéj azon geometriai jellemzőit és szilárdsági adatait, amelyek fennállása esetén a kukoricamaghéjjal erősített kompozitban lévő 0,62 mm feletti átlagos hosszúságú maghéj erősítőanyagként funkcionál, az alábbiak szerint:

a kukoricamaghéj oldalai közötti arányossági tényező (α) értéke (1000 mérés alapján Student eloszlás segítségével meghatározva) az átlagértékre vett 95%-os konfidencia intervallummal $\alpha = 0,43 \pm 0,012$, elemi szakítóvizsgálatokkal meghatározva a 11,8 tömeg% cellulóz, és 33 tömeg% hemicellulóz tartalmú kukoricamaghéj szakítószilárdsága $\sigma_{MH} = 42,07 \pm 16,4$ MPa intervallumban, valamint irodalmi adatokra támaszkodva (K. Van de Velde; J Thermoplast Compos, 14, 2001, 244-260), az adott jellemzőkkel rendelkező erősített kompozitra leginkább alkalmazható legkisebb nyírószilárdsággal értékét figyelembe véve ($\tau = 3,8$ MPa).

2. Tézis Kimutattam, hogy az akusztikus emissziós vizsgálat (AE) alkalmazható a mezőgazdasági melléktermékekkel társított PE rendszerek tönkremeneteli folyamatának jellemzésére.

- a.) Különböző társító-anyag tartalom mellett végzett AE vizsgálatok során megállapítottam, hogy a töltőanyag tartalom és az akusztikus események időegységre eső száma között lineáris kapcsolat van.
- b.) Igazoltam, hogy az AE vizsgálatok során detektált hangesemények száma lineáris kapcsolatban van a kompozit szakítószilárdságával.

c.) Mérésekkel igazoltam, hogy a vizsgálatok során detektált amplitúdó görbék alapján a kukoricamaghéjjal társított PE rendszerekben három fő tönkremeneteli forma különböztethető meg:

- I. a mátrix deformációja (25 dB alatt)
- II. a társító anyag kihúzóda (26-40 dB)
- III. a társító anyag szakadása (40 dB fölött)

3. Tézis Ömledék keveréses eljárással gyártott, különböző társítóanyag tartalmú PE mátrixú kompozitok esetén megállapítottam, hogy a társítóanyag kiindulási geometriai jellemzői nagymértékben változnak. Bebizonyítottam, hogy az lemez formájú részecskékre, mint erősítő anyagokra módosított Kelly-Tyson összefüggésben definiált α arányossági tényező az egyes társító-anyagoknál a (T2) exponenciális függvény szerint alakul 0 és 30 tömeg% társítóanyag tartalom között:

$$\bar{\alpha} = \alpha_A \cdot e^{-\frac{TA_i}{A}} + \alpha_0, \quad (T2)$$

ahol TA_i a kompozitban lévő társító-anyag mennyisége tömegszázalékban, az α_A , A és α_0 pedig a társítóanyagra jellemző állandók.

Kimutattam, hogy a kukoricamaghéj társítás (mint erősítés) esetében az $\bar{\alpha}$ arányossági tényező az $\alpha_A = -0,1546$, $A = 10,8311$ és $\alpha_0 = 0,5851$ állandók esetén 0,9916-os, az aprított cukornádrost társítás esetében az arányossági tényező az $\alpha_A = 0,1066$, $A = 13,1174$ és $\alpha_0 = 0,4730$ állandók esetén 0,9949-es, és az aprított kukoricamaghéj társítás esetében az arányossági tényező az $\alpha_A = 0,1074$, $A = 13,0615$ és $\alpha_0 = 0,5824$ állandók esetén 0,9961-es korrelációs tényező mellett követi a fent bemutatott függvényt. Az aprítást 0,2 mm lyukméretű rostával ellátott aprítóval végeztem.

4. Tézis Kimutattam, hogy a 21 tömeg% maltittal és 10,6 tömeg% glicerinnel lágyított termoplasztikus keményítő a benne lévő víz mennyiségének függvényében a gyártás utáni képlékeny tulajdonságát a harmadik nap után (72. és 84. óra között, figyelemmel a környezeti nedvességtartalom alakulására) elveszíti, rideggé válik. Ennek oka, hogy a polimer a levegő páratartalmától függő egyensúlyi nedvességtartalomra törekszik. E folyamat során (a vizsgált 160 órás időintervallumban) a szakítószilárdság és a húzó merevség lineárisan nő, míg a fajlagos nyúlás a (T3) két részből álló függvény szerint csökken:

$$\varepsilon_T(t) = 1,32 + (28,79 - 1,32) \cdot e^{-0,0689 \cdot t}, \quad (T3)$$

ahol ε_T a szakítódigramm maximális feszültségéhez tartozó fajlagos nyúlásának időbeli változása, t a gyártás után eltelt idő.

A folyamat két jellegzetes tartományra osztható, az alábbiak szerint:

a folyamat első fázisa (az első 24 óra), amely során a víz a TPS belsejéből kidiffundál, és amit a függvény exponenciális tagja ír le anyagfüggő,

a második tag az egyensúlyi állapotra jellemző értéket mutatja, amely részben anyagfüggő, részben pedig függvénye a környezet egyensúlyi állapotát tükröző nedvességtartalom aktuális értékének..

5. Tézis Irodalmi adatok feldolgozása alapján újszerű, korábban nem ismert, maltittal és glicerinnel lágyított termoplasztikus keményítő mátrixú, cukornádrosttal társított kompozit kifejlesztését végeztem el. A kompozit szakítószilárdsága eléri, egyéb mechanikai jellemzői vonatkozásában (húzó-, hajlító merevség, hajlítószilárdság, Charpy-féle ütvehajlító szilárdság) többszörösen meghaladja a PE hasonló paramétereit, a következő gyártási feltételek biztosítása esetén: 1500 bar fröccsnyomás, 350 bar utónyomás, 135 cm³/s fröccssebesség, 50 s maradó hűlés, 90-120°C közötti zónahőmérsékletek.

6. Tézis Bebizonyítottam, hogy a kukoricamaghéj és a cukornádrost együttes alkalmazásával (30 tömeg% társítóanyag tartalom mellett), a polietilén mátrixú kompozitokban, illetve a 10,6 tömeg% glicerinnel és a 21 tömeg% maltittal lágyított termoplasztikus keményítőben hibridizáció jön létre, az alábbiak szerint:

- a) A cukornádrost, és a kétféle szemcseméretű (átlagos szemcseméret 5,94x2,35 mm és 0,07x0,04 mm) maghéj alkalmazása negatív hibridhatást eredményez a mechanikai tulajdonságok nagy részében. Az eltérő szemcseméretű kukoricamaghéjak között tapasztaltam a legjobb eredményeket, itt a Charpy-féle ütvehajlító szilárdság, a hajlítószilárdság és a hajlító modulus esetében is pozitív hibridhatást mutatott, míg a többi tulajdonság a bennük lévő különböző mennyiségű társítóanyagok részarányának függvénye szerint alakultak.
- b) A gyárthatóság és ridegtörési viselkedés tekintetében a maltittal és glicerinnel lágyított termoplasztikus keményítő mutatja a legkedvezőbb tulajdonságokat, a fentiekben definiált összetétel esetén, ugyanakkor a mechanikai tulajdonságok tekintetében negatív hibridhatást eredményez a csak glicerinnel, illetve a csak maltittal lágyított keményítőhöz képest.