

FOSZFOR ALAPÚ ÉGÉSGÁTLÓKKAL ELLÁTOTT, SZÉNSZÁL ERŐSÍTÉSŰ KOMPOZITOK ÉGHETŐSÉGI ÉS MECHANIKAI VIZSGÁLATA

MECHANICAL AND FLAME RETARDANT FEATURES OF CARBON FIBRE REINFORCED COMPOSITES WITH PHOSPHORUS BASED FLAME RETARDANTS

Tóth Levente Ferenc

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Polimertechnika Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.,
levente8912@gmail.com*

Abstract

In our research carbon fibre reinforced composites were made with AP422 and RDP flame retardant substance. Their mechanical features were measured with tensile and three-point bending tests. To compare the flame retardancy of the samples UL94 and LOI investigation were applied. The flame retardancy and mechanical features of carbon fibre reinforced composites were examined in function of the type and the concentration of the applied fire retardant substance.

Keywords: *composite, carbon fiber, flame retardant, LOI, UL94.*

Összefoglalás

Kutatómunkánk során szénszál erősítésű, AP422 és RDP égésgátlóval ellátott kompozitokat készítettünk el. Megmértük a minták mechanikai jellemzőit szakító-, és hárompontos hajlító vizsgálatokkal. A kompozitok éghetőségének összehasonlításához UL94 és LOI vizsgálatot alkalmaztunk. A próbatestek éghetőségi és mechanikai jellemzői a felhasznált égésgátló adalékanyagok típusának és koncentrációjának függvényében lettek vizsgálva.

Kulcsszavak: *kompozit, szénszál, égésgátló, LOI, UL94.*

Rövidítések

E: epoxi

EH: epoxi + hagyományos szénszál

EHAP1: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 1 m/m% foszfort tartalmaz)

EHAP2: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 2 m/m% foszfort tartalmaz)

EHAP3: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 3 m/m% foszfort tartalmaz)

EHAP4: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 4 m/m% foszfort tartalmaz)

EHAP5: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 5 m/m% foszfort tartalmaz)

EHF1: epoxi + hagyományos szénszál + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 1 m/m% foszfort tartalmaz)

EHF2: epoxi + hagyományos szénszál + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 2 m/m% foszfort tartalmaz)

EHF3: epoxi + hagyományos szénszál + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 3 m/m% foszfort tartalmaz)

EF1: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 1 m/m% foszfort tartalmaz)

EF2: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 2 m/m% foszfort tartalmaz)

EF3: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 3 m/m% foszfort tartalmaz)

EF4: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 4 m/m% foszfort tartalmaz)

EF5: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 5 m/m% foszfort tartalmaz)

1. Bevezetés

Kutatásunk során kétféle égésgátló adalékanyaggal (AP 422 és RDP) ellátott mintákat hasonlítottunk össze egymással. Az AP 422-vel ellátott próbatestek esetén a foszfortartalmat 1 és 5 m/m% között változtattuk, míg az RDP-t tartalmazóknál 1 és 3 m/m% között. Ennek az oka, hogy az RDP folyadékkal égésgátló mintáknál a 4, illetve 5 m/m% foszfort tartalmazó kompozitok használatra alkalmatlanok voltak, mivel kézzel könnyedén hajlíthatónak bizonyultak. Ennek oka, hogy ezeknél a mintáknál az ekkora foszfortartalom biztosításához a gyantához képest 40 vagy 50 m/m% inert folyadékot kellett a mátrixanyaghoz kevernünk, amely jelentős lágylító hatással bír.

2. Felhasznált anyagok

Mátrixanyagként MR-3012 típusú epoxi gyantát használtunk, amelyhez MH-3111 típusú térhálósítószerrel kevertünk.

Erősítőanyagként unidirekcionális Zoltek Panex 35 UD300 kötött kelmét alkalmaztunk, ezt nevezzük a továbbiakban hagyományos szénszálnak.

Ammónium-polifoszfát (Exolit AP 422) égésgátló adalékanyag, amely 32 m/m% foszfort tartalmaz, gyártója a Clariant International Ltd [1].

Reofos RDP (rezorcín bisz (difenilfoszfát), F), folyékony halmazállapotú égésgátló adalékanyag, ami 10 m/m%

foszfort tartalmaz, gyártója a Chemtura Corporation [2].

Az égésgátló adalékanyagokkal kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy az egyes mintákhoz annyi égésgátlót tettünk, hogy a szükséges foszfor tartalmat biztosítani tudjuk. Tehát például EF2 minta esetén (folyékony halmazállapotú égésgátlóval (RDP) ellátott epoxi gyanta 2 m/m% foszforral) a gyantához 20 m/m% égésgátlót adtunk.

3. Sűrűség és száltartalom vizsgálata

Összesen 9 típusú UD erősítőanyaggal ellátott minta sűrűségét és száltartalmát mértük meg, amiket az **1. táblázat** mutat be.

A sűrűség minden minta esetében 1,479 és 1,536 g/cm³ közötti értéket vett fel. A térfogatszázalékban kifejezett száltartalom értéke 43,86 V/V% és 49,95 V/V% között mozog minden minta esetében.

1. táblázat. Az elkészített kompozitok sűrűsége és térfogatban kifejezett száltartalma

Típus	Sűrűség	Száltartalom
EH	1,527	49,56
EHAP1	1,526	47,74
EHAP2	1,522	46,91
EHAP3	1,479	43,86
EHAP4	1,547	46,73
EHAP5	1,536	44,18
EHF1	1,516	46,00
EHF2	1,556	49,95
EHF3	1,500	44,72

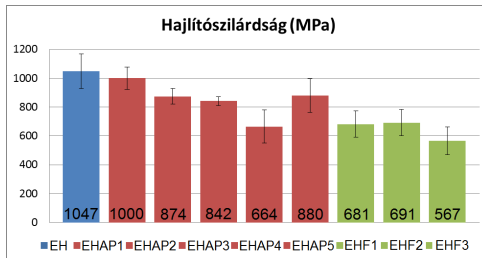
4. Statikus vizsgálatok

Statikus vizsgálatnak összesen kilenc különböző mintát vetettünk alá, a mérések célja, hogy a két égésgátló adalékanyagnak a kompozitok mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatását felderítsük.

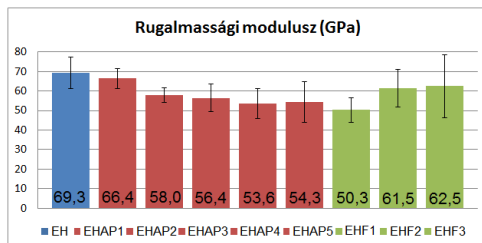
4.1. Hárompontos hajlító vizsgálat

A hajlítószilárdság mind RDP, mind APP égésgátló esetében csökkenő tendenciát mutat, az EHAP5 és EHF3 minták hajlí-

töszilárdságának esése az EH referenciához képest rendre 16 és 46%. Ennek magyarázata, hogy az égésgátlók hibahelyként vannak a gyantarendszerben, így gyengítik a minták mechanikai tulajdonságait. Mindkét típusú adalékanyag hozzáadásával nő a próbatestek deformálhatósága, ezt a minták rugalmassági modulusának csökkenéséből láthatjuk. A minták hajlítószilárdságait és rugalmassági modulusukat az 1. és a 2. ábra mutatja be.



1. ábra. Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták hajlítószilárdsága

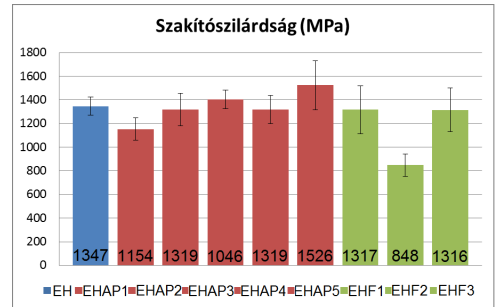


2. ábra. Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták rugalmassági modulusza

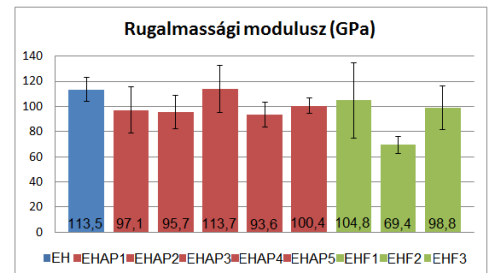
4.2. Szakító vizsgálat

A szakító vizsgálatot video extenzométeres nyúlásméréssel végeztük el. A minták szakítószilárdsága jellemzően nem változott, a különbségek többsége szórás határon belül mozgott. Az égésgátló minták rugalmassági modulusza viszont itt is csökkent a referencia EH típusú kompozithoz képest, de az égésgátlók fajtája és koncentrációja nem befolyásolja jelentősebben.

A minták szakítószilárdágait és rugalmassági modulusukat a 3. és a 4. ábra mutatja meg.



3. ábra. Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták szakítószilárdsága



4. ábra. Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták rugalmassági modulusza

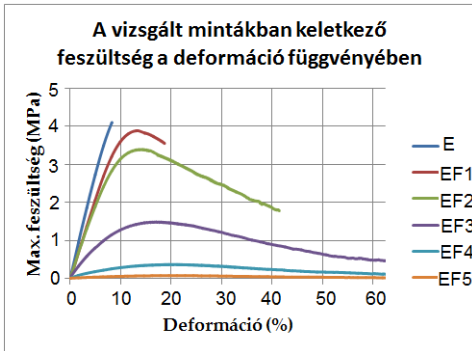
4.3. Folyékony égésgátlóval (RDP) ellátott gyanták összehasonlítása hárompontos hajlító vizsgálat

A vizsgálat során folyékony halmazállapotú RDP égésgátlóval ellátott 1, 2, 3, 4, 5 m/m% foszfort tartalmazó epoxigyanták lettek összehasonlítva az égésgátló adalékanyagot nem tartalmazó referencia epoxigyantával.

Csak az E, EF1 és EF2 jelű minták törtek el hajlításkor, a 3 vagy több m/m% foszfort tartalmazók nem. Az EF4 és EF5 jelű mintáknál kézzel hajlítva is egyértelműen tapasztalható volt, hogy gumyszerűen viselkedtek. A vizsgálatot úgy végeztük el, hogy a minták maximum 40 mm deformációját engedje meg a rendszer (ez jóval na-

gyobb, mint a határhajlító feszültségnél fellépő deformáció, azonban így lehetőség volt a nagy lehajlást elviselő gyanták jobb összehasonlítására), az alátámasztási hosszt 64 mm-re állítottuk.

Az E, EF1, EF2, EF3, EF4 és EF5 mintáknál a maximális feszültség rendre 4,1; 3,9; 3,4; 1,5; 0,4 és 0,1 MPa, míg az E, EF1 és EF2 elnevezésű próbatesteknél a törés rendre 8,3; 18,7 és 41,4% deformációnál következett be. Az EF3, EF4 és EF5 jelzésű minták pedig nem törtek el, a 40 mm-re beállított maximális deformációt érték. Ez azt jelenti, hogy 40/64, vagyis 0,625 – 62,5% - deformációt szenvedtek el. A hajlítási görbéket az **5. ábra** szemlélteti.



5. ábra. Az RDP égésgátlóval ellátott minták hajlítási görbéi

5. Éghetőségi vizsgálatok

5.1. UL94 vizsgálat

A 2. táblázatból látható, hogy az RDP égésgátló minden vizsgált mintája HB besorolást szerzett, viszont az AP 422 4 és 5 m/m%-os mintája V-0 kategóriába került.

Egyik minta sem égett csöpögve, nem gyújtotta meg az alatta elhelyezett vattát.

5.2. LOI vizsgálat

RDP égésgátló adalékanyaggal ellátott minták esetében a **2. táblázat**ból jól látható, hogy az oxigénindex már 2 m/m%-nál is

elérte a 42 V/V%-ot, amit a koncentráció további növelésével sem lépett túl.

Az AP 422-vel ellátott minták esetében kimondható, hogy jelentős javulást csak a 4, illetve 5 m/m%-nál lehetett elérni (38 V/V%), de ez sem közelíti meg a minimum 2m/m%-os RDP égésgátlóval ellátott minták eredményeit.

2. táblázat. UL94 és LOI vizsgálat eredményei

Típus	UL94 fokozat	Oxigén index (V/V%)
EH	HB	33
EHAP1	HB	34
EHAP2	HB	35
EHAP3	HB	36
EHAP4	V-0	38
EHAP5	V-0	38
EHF1	HB	35
EHF2	HB	42
EHF3	HB	42

6. Következtetések

Az AP 422 és RDP égésgátlók hatására a szakítószilárdság jelentősen nem változott, a hajlítószilárdság csökkenő tendenciát mutat mindkét égésgátló koncentrációjának növelésekor. A próbatestek rugalmassági modulusát az adalékanyagok csökkentették.

Égésgátlás szempontjából az EHAP4 és EHAP5 minták eredményei kiemelkedőek, ugyanis V-0 besorolást szereztek, és oxigénindexük 38V/V %-ot ért el. Az RDP már 2m/m %-ban 42V/V% oxigénindexet eredményezett. UL94 besorolása viszont maradt változatlanul HB.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] <http://www.clariant.com/en/Solutions/Products/2014/03/18/16/31/Exolit-AP-422> (2015. január 11.)
- [2] Szolnoki B.: Új, égésgátló epoxigyanták és kompozitjaik kifejlesztése. PhD értekezés. BME (2014).