

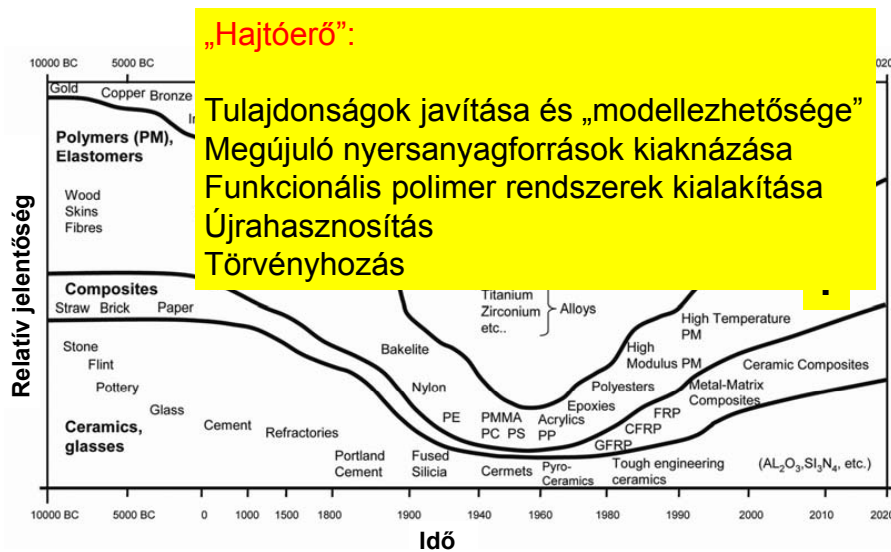
Polimer-rendszerek szerkezete és tulajdonságai közötti összefüggések (egy kutatói pálya vezérfonala)

Karger-Kocsis József

MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport és Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék

(karger@pt.bme.hu)

Polimerek és kompozitjaik szerepe



M. F. Ashby: Materials Selection in Mechanical Design. Butterworth Heinemann, Oxford, 2003

Tulajdonságok alakulása hőre lágyuló polimer rendszerekben

Molekuláris jellemzők:

Molekulatömeg, -elágazás, kopolimerek (véletlenszerű, blokk), terpolimerek...

Morfológia:

Polimorfia, kristályos/amorf hányad, szferulitok, orientáció, lamelláris elrendeződés, kötőmolekulák amorf jelleg...

Feldolgozási körülmények:

„héj-mag” szerkezet orientáció...

Tulajdonságok:
mechanikai, termikus, optikai, dielektromos, felületi....

Adalékok:

töltő, erősítő, szívósító, feldolgozást javító, hőállóságot növelő, UV lebomlást gátló...

Vizsgálati, alkalmazási körülmények:

hőmérséklet, „frekvencia”, igénybevétel típusa...

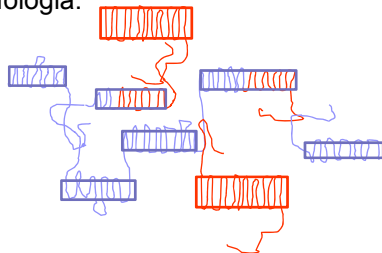
PE-100 nyomócsövek – élettartam garancia tervezett morfológiával



Tönkremenetel: mikrorepedést („crazing”) követő rideg törés

Anyag: PE kopolimer bimodális eloszlásban

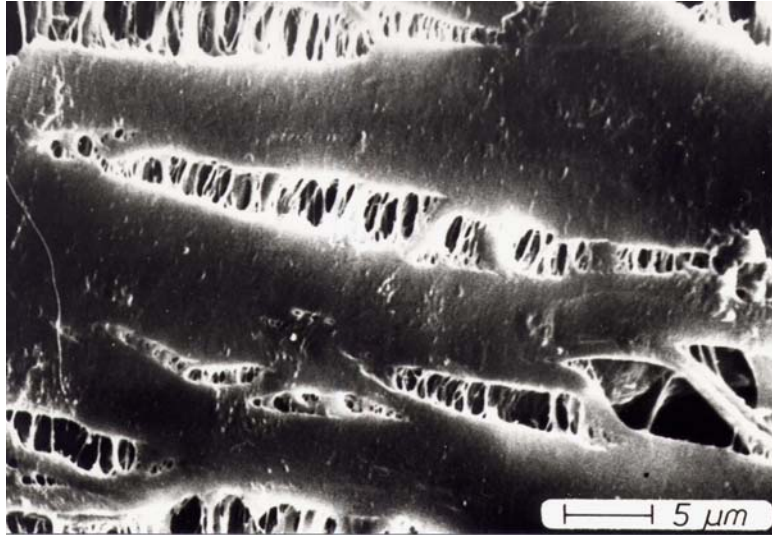
Morfológia:



Sajátságok:

- különböző méretű lamellák, kokristályosodás
- megnövelt kötőmolekula sűrűség (amorf fázisban – lánchurkolódások, lamellákba beépült összekötő molekulák révén)

Mikrorepedezés (crazing) polimerekben



Tulajdonságok alakulása hőre keményedő polimer rendszerekben

Molekuláris jellemzők:

molekulaszerkezet,
molekulatömeg,
funkcionalitás,
reaktivitás...

Morfológia:

homogén vagy inhomogén
szerkezet?

Hibrid gyanták...

Feldolgozási körülmények:

térhálósítási ciklus...

Tulajdonságok:

mechanikai, termikus, optikai,
dielektromos, felületi....

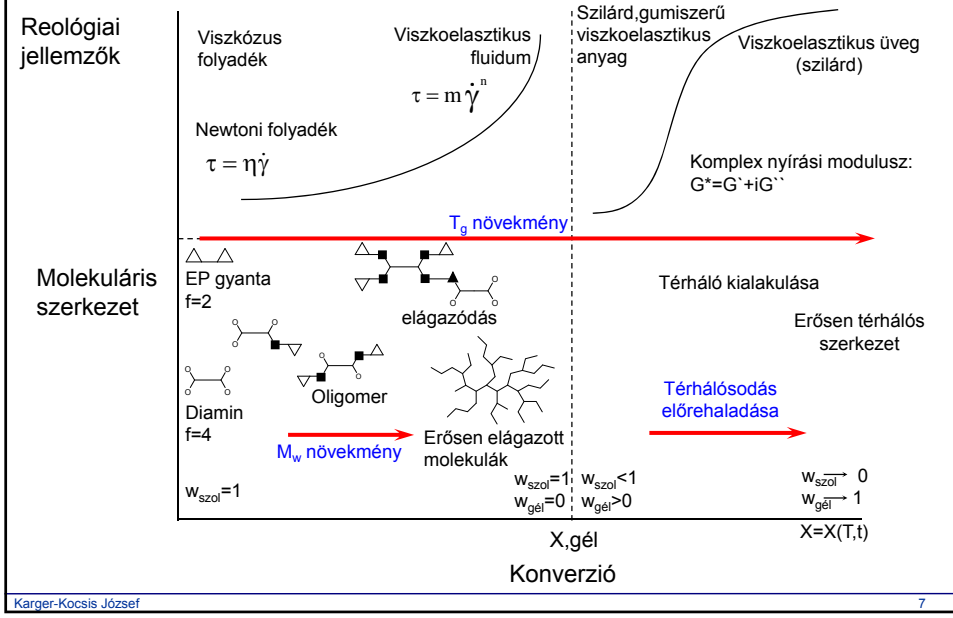
Adalékok:

töltő, erősítő, szivósító,
színező, feldolgozást
javító...

Vizsgálati, alkalmazási körülmények:

hőmérséklet, „frekvencia”,
igénybevétel típusa...

Térhálósodás folyamata



Hőre keményedő gyanták morfológiája

Do Epoxy–Amine Networks Become Inhomogeneous at the Nanometric Scale?

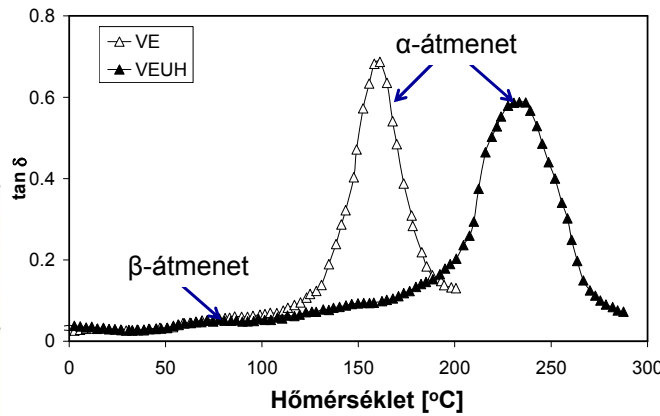
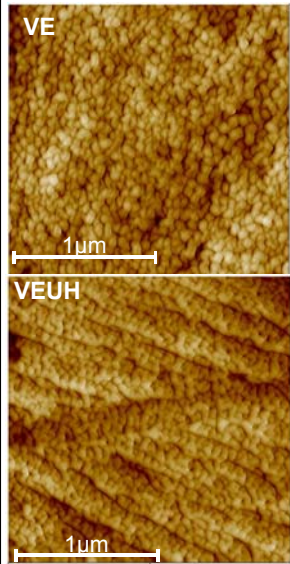
J. DUCHET, J. P. PASCAULT

Laboratoire des Matériaux Macromoléculaires, Unité mixte de recherche Centre national de la recherche scientifique 5627, Institut National des Sciences Appliquées-Bat. Jules Verne, 20 Avenue Albert Einstein, 69621 Villeurbanne Cedex, France

Received 16 July 2002; revised 2 January 2003; accepted 5 June 2003

ABSTRACT: Epoxy–amine networks are known to be homogeneous. However, using new analysis tools that allow the observation scale to be reduced to a nanometric level, some authors have stated the opposite. In this work, the network morphology has been studied with atomic force microscopy in the tapping mode as a function of the hardener nature and the stoichiometry of the reactive blend. A very homogeneous epoxy network topography, similar to that of an amorphous thermoplastic, has been obtained. For comparison, a truly..

Térhálós VE és VEUH morfológiája és mechanikai relaxációs átmenetei



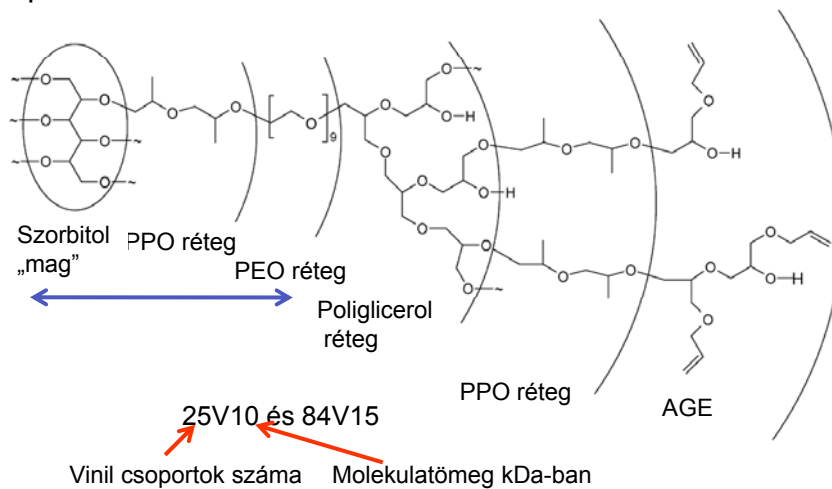
Karger-Kocsis J. et al.: J. Mater. Sci., 38 (2003), 413

Karger-Kocsis József

11

Hiperelágazottságú funkcionizált poliéter VEUH szivósítására

Tipus: 1



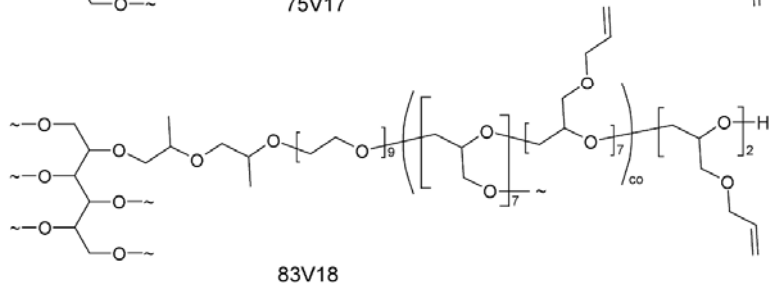
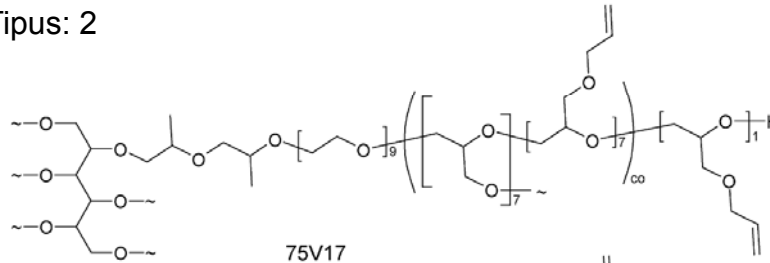
Karger-Kocsis J. ...R.Mülhaupt: Polymer 45 (2004), 1185

Karger-Kocsis József

12

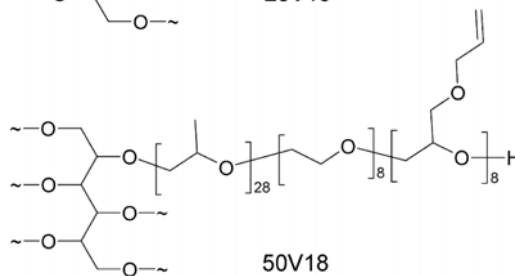
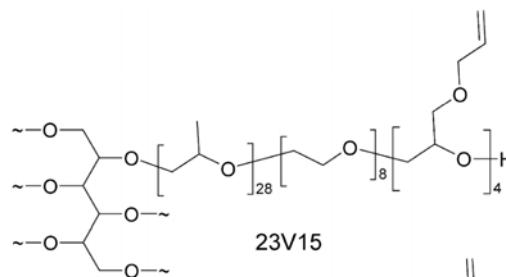
Hiperelágazottságú funkcionizált poliéter VEUH szivósítására

Tipus: 2



Csillag formájú funkcionizált poliéter VEUH szivósítására

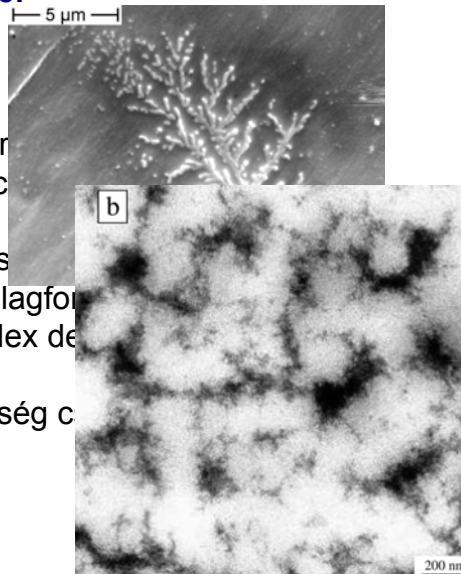
Tipus: 3



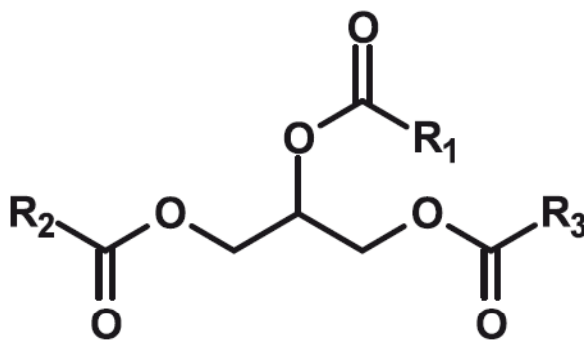
VEUH szívósítása hiperlágazásos és csillag formájú funkcionizált poliéterekkel

Eredmény:

- Kompakt szerkezetű hiperlágazásos hajlamos homopolimerizáció
- Jelentős szívósságnövelés (négyeszeres!) érhető el csillagformájú funkcionizált poliéterekkel – komplex de
- T_g javulás egyidejű merevség c



Ismertebb növényi olajok zsírsav összetevői



R = zsírsav lánc

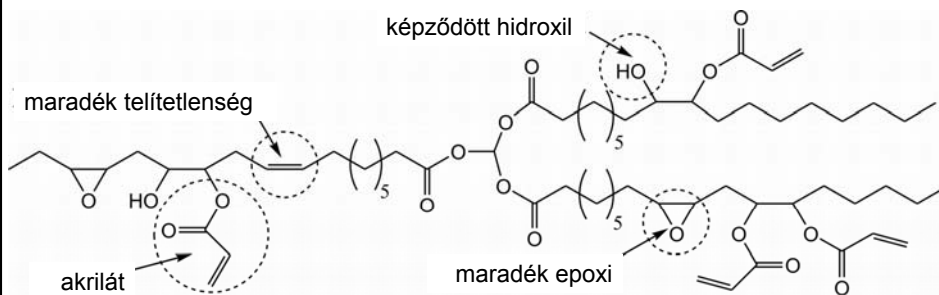
18:2	18:3	20:0	20:1
21.0	8.8	0.7	1.0
59.6	1.2	0.4	0.0
15.3	56.6	0.0	0.0
10.0	0.6	0.9	0.0
10.0	0.4	0.3	0.0
53.2	7.8	0.3	0.0
46.4	1.0	0.0	0.0
2.3	3.7	0.2	0.4

Növényi olajok mint polimerek kiindulási anyagai

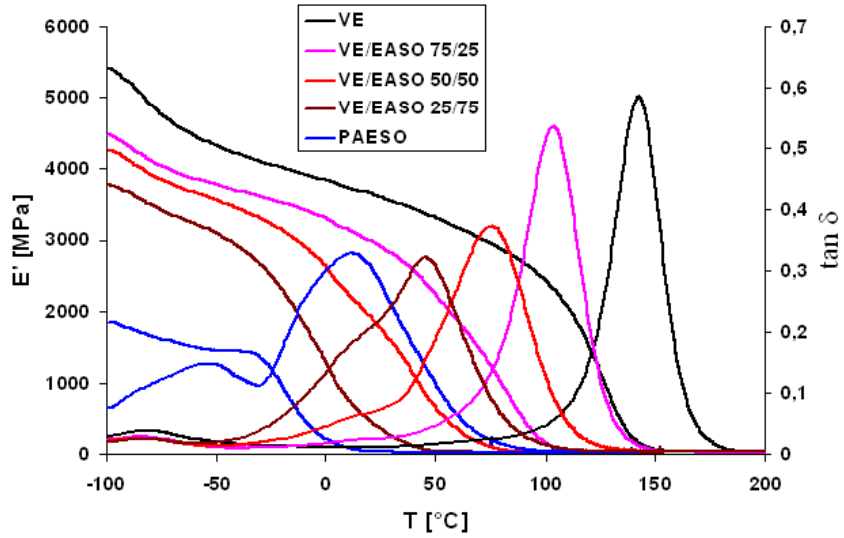
Funkcionalizálás:

- 1) Átészterezési reakciók
- 2) Kettős kötések kínálta lehetőségek

Epoxidált, akrilált növényi olajok kémiai szerkezete vázlatosan



Vinilészter/epoxidált, akrilált szójaolaj összetételű hibridgyanták



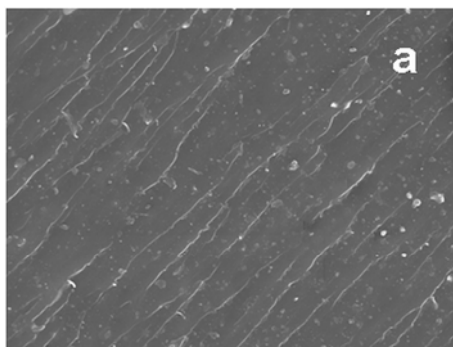
S.Grishchuk és Karger-Kocsis J.: Exp. Polym. Lett. 5 (2011), 2-11

Karger-Kocsis József

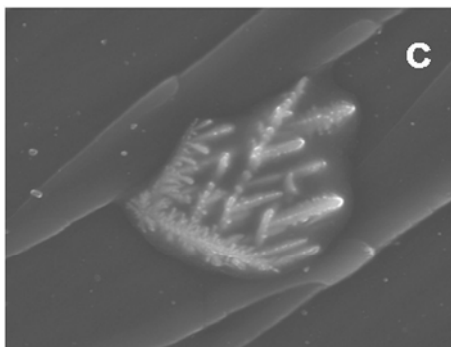
19

VE/EASO összetételű hibridgyanták töretfelülete

VE/EASO=75/25 %



VE/EASO=25/75 %

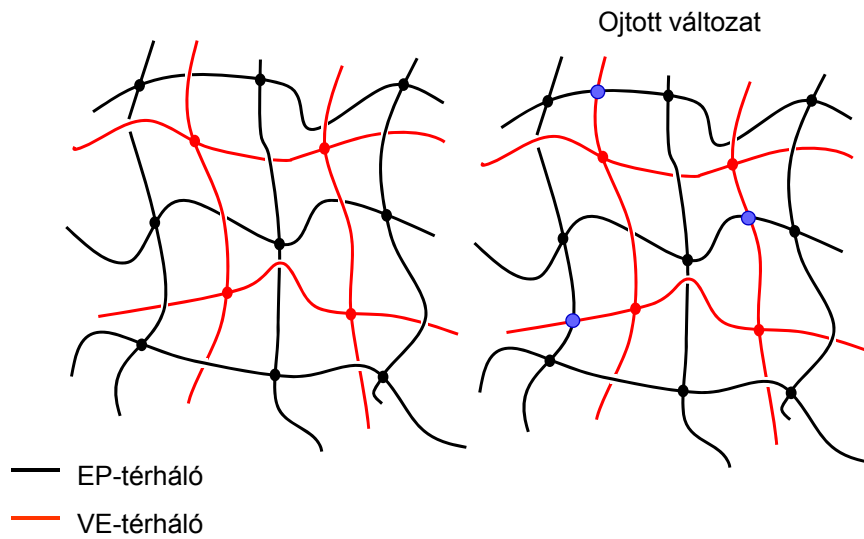


S.Grishchuk és Karger-Kocsis J.: Exp. Polym. Lett. 5 (2011), 2-11

Karger-Kocsis József

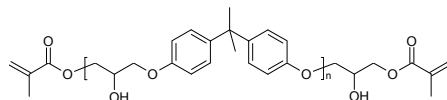
20

Egymásbahatoló hálószerkezetű (IPN) hibridgyanták



Alkalmazott gyanták és térhálósítók

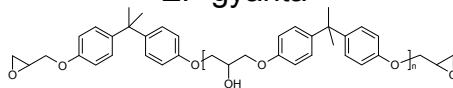
VE



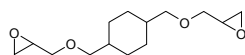
Sztirol



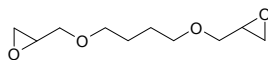
EP gyanta



Ar-EP



Cal-EP

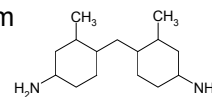


Al-EP

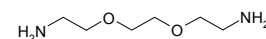
Amin térhálósító



Ar-Am

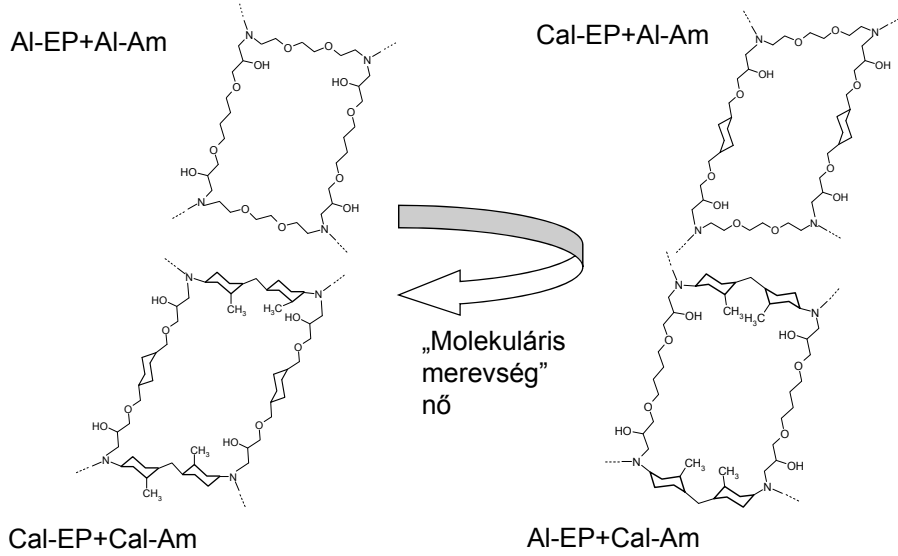


Cal-Am



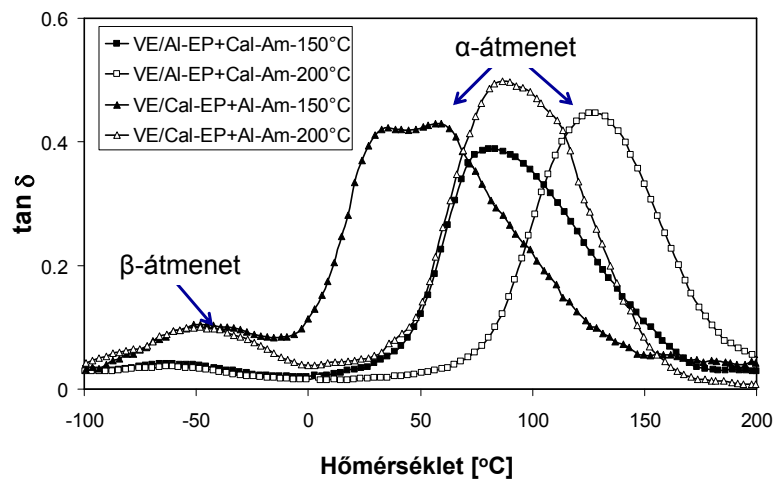
Al-Am

Idealizált EP térháló egység



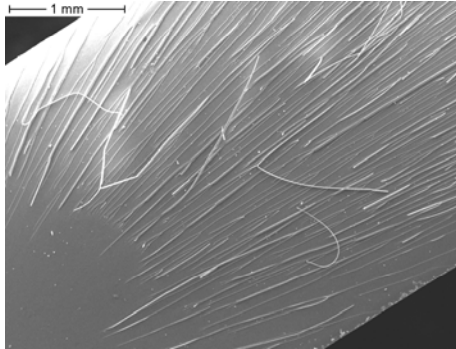
Karger-Kocsis J. et al.: J. Appl. Polym. Sci., 88 (2003), 2124

VE/EP hibridgyanták – utótérhálósítás szerepe



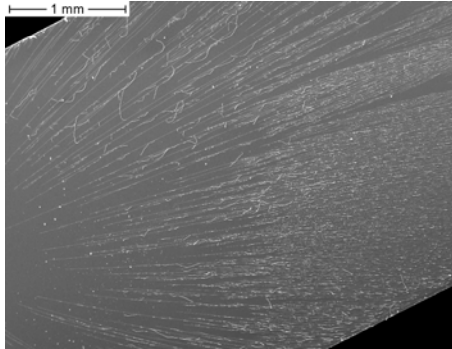
Utótérhálósítás hatása – T_g növekmény a szívósságra

VE/Al-EP+Cal-Am-150°C



$K_c = 2.6 \text{ MPa m}^{0.5}$
 $G_c = 3.7 \text{ kJ/m}^2$
 $T_g = 83^\circ\text{C}$

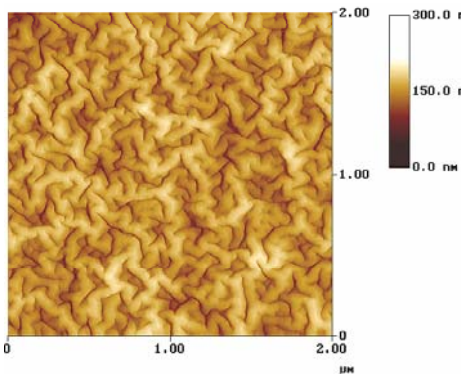
VE/Al-EP+Cal-Am-200°C



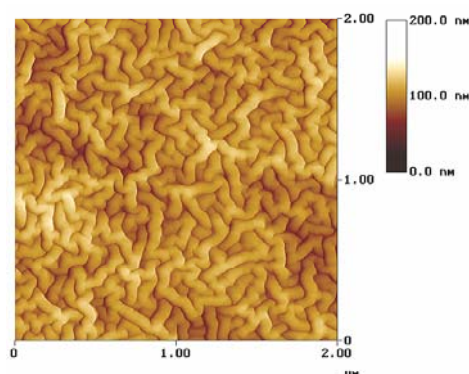
$K_c = 1.6 \text{ MPa m}^{0.5}$
 $G_c = 1.1 \text{ kJ/m}^2$
 $T_g = 128^\circ\text{C}$

VE/(Cal-EP+Al-Am) (1/1) hibridgyanta morfológiája

(AFM magassági felvételek)



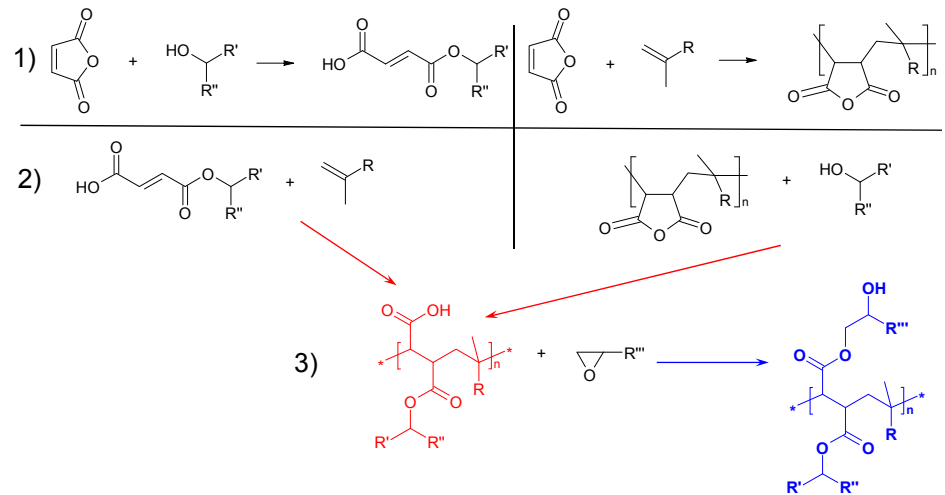
Utótérhálósítás: 150°C



Utótérhálósítás: 200°C

VE/EP összetételű IPN „ojtottságának” fokozása

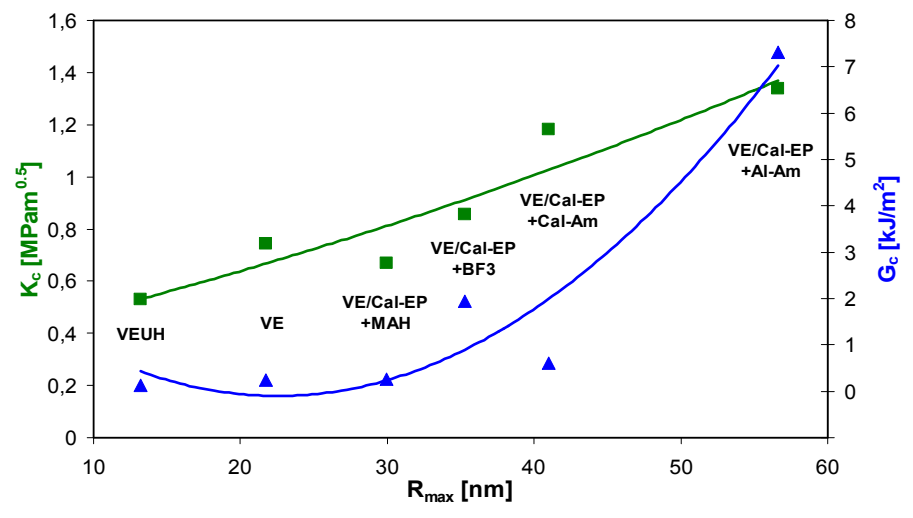
MAH: „kettős hatású” térhálósító (EP+VE)



Eredmény: kompakt, ojtott IPN

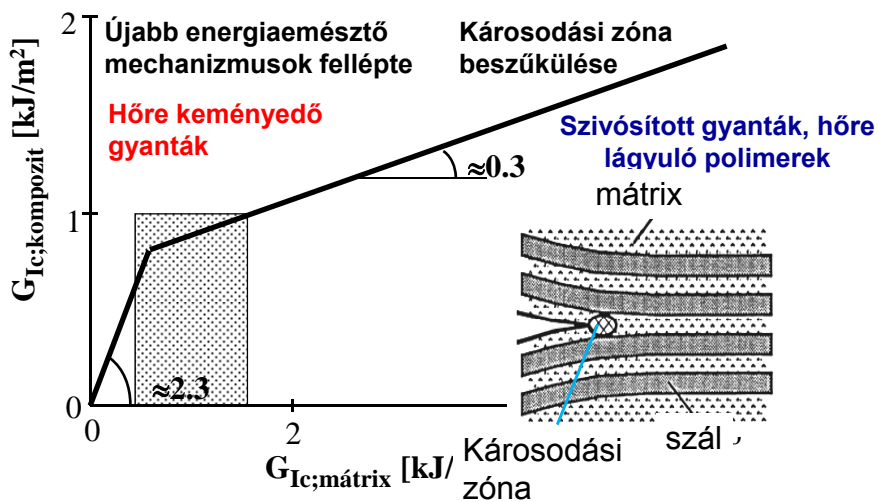
O.Gryshchuk és Karger-Kocsis J.: J.Polym. Sci. Part A-Chem. 42 (2004), 5471

Morfológia (felületi érdesség)-szívósság összefüggés VE/EP(1/1) összetételű hibridgánták esetén



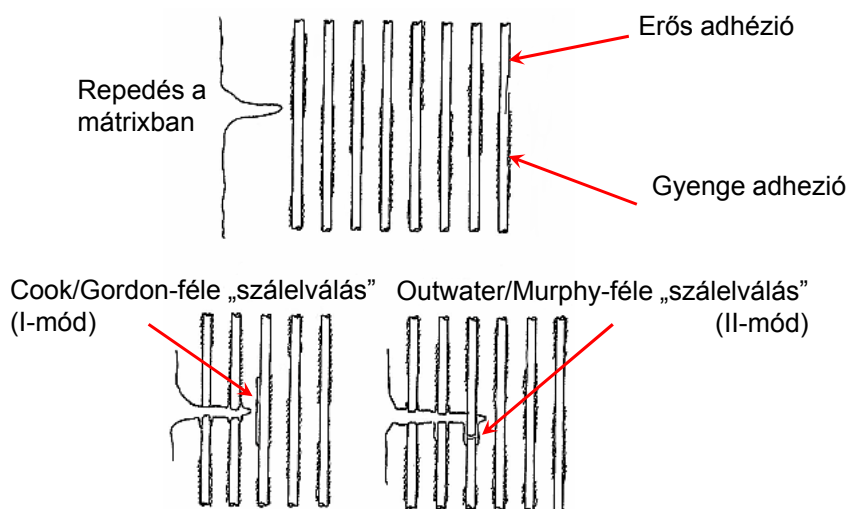
O.Gryshchuk és Karger-Kocsis J.: J.Polym. Sci. Part A-Chem. 42 (2004), 5471

Mátrix szívósságának megjelenése UD szálerezítésű kompozit laminátokban



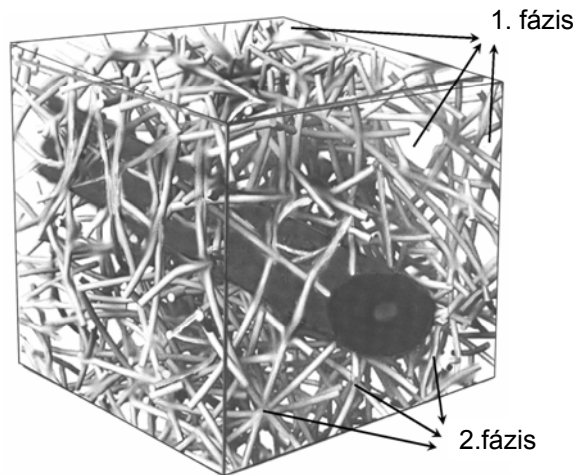
D.L.Hunston: Compos.Technol. Rev., 6 (1984), 176-180

Nagy szilárdságú és szívósságú kompozit laminátok előállítása a szálak váltakozó felületkezelésével



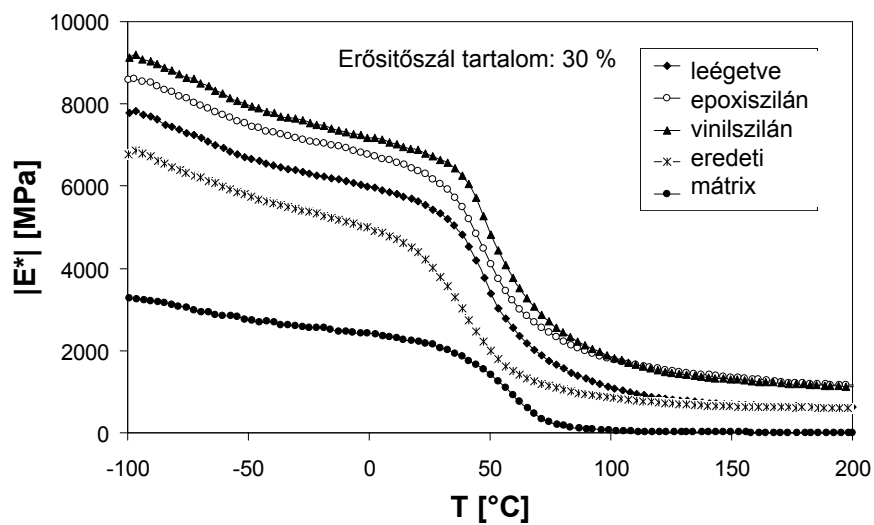
A.G. Atkins: J.Mater. Sci. 10 (1975), 819-832

Váltakozó szál/mátrix adhézió a mátrix IPN strukturáltsága folytán



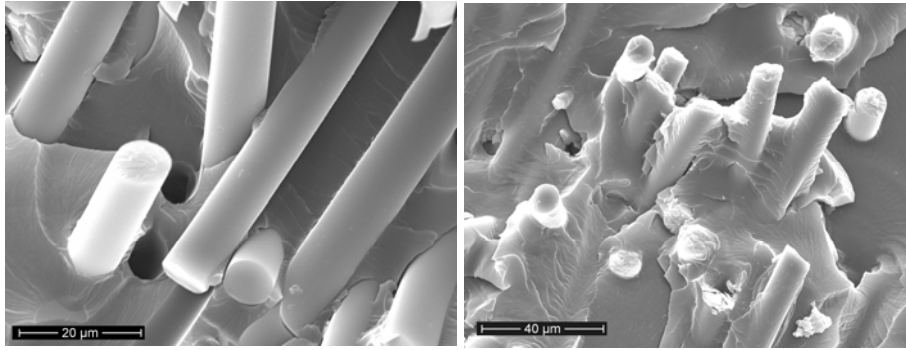
J. Karger-Kocsis in "Micro- and Nanostructured Polymer Blend Systems" (Eds.: C. Harrats, S. Thomas and G. Groeninckx), CRC, Boca Raton (FL, USA), 2006, p. 275

Kerámiszál paplan erősítésű VE/EP (1/1) |E*| - T görbéi – szál felületkezelésének hatása



Szabó J.S., Karger-Kocsis J. et al.: Compos. Sci. Technol., 64 (2004), 1717

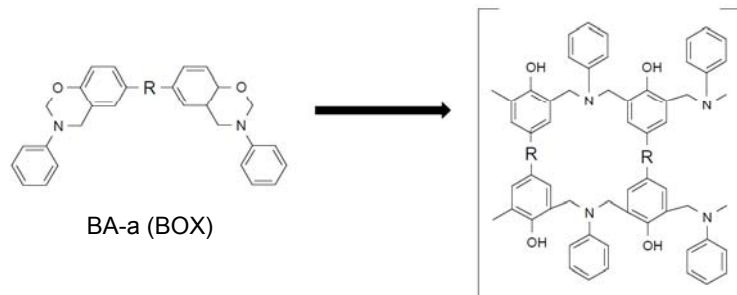
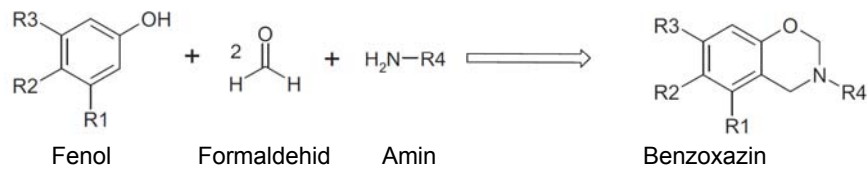
Szál/mátrix közötti adhézió változása



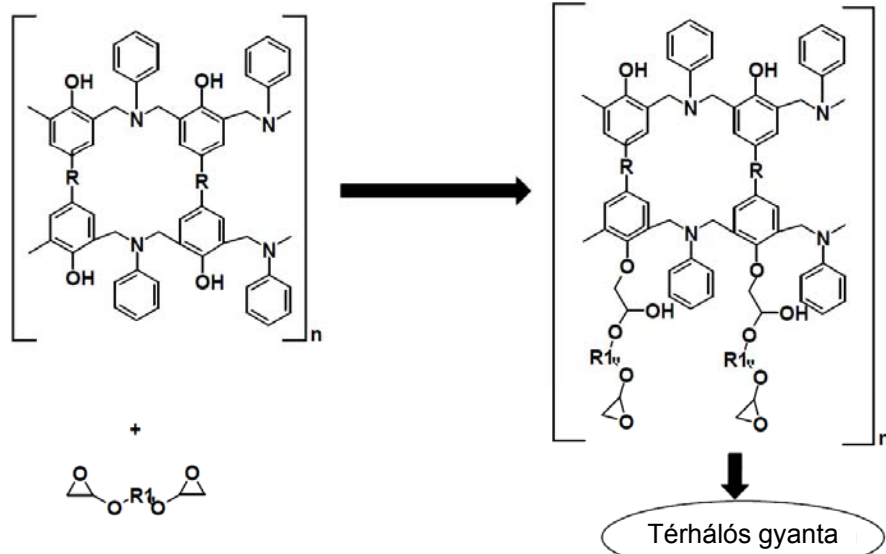
Eredeti felületkezelés
égetéssel eltávolítva

Vinilszilános
kezelés

Benzoxazin előállítása és bifunkciós változatának homopolimerizációja

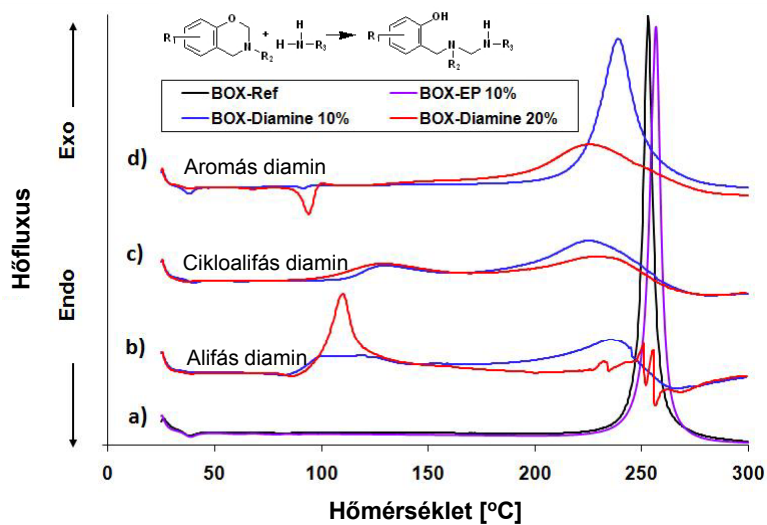


Benzoxazin/epoxi hibridgyanták



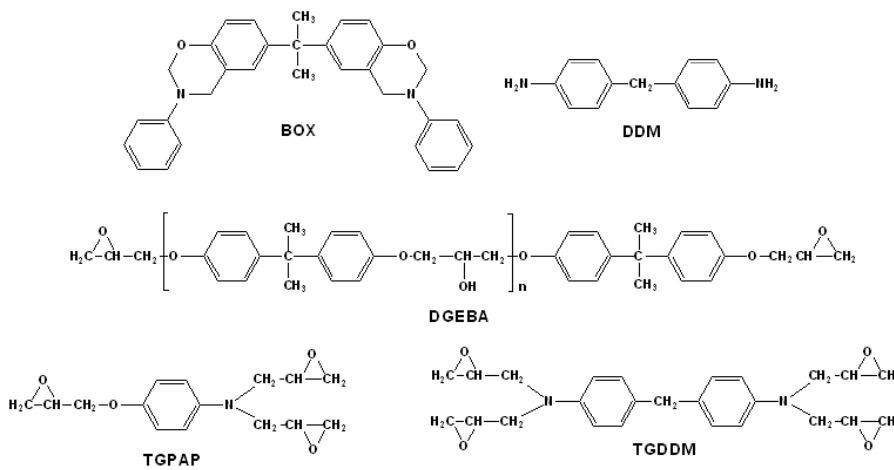
Forrás: Huntsman

BOX/EP/diamin rendszerek termikus polimerizációja

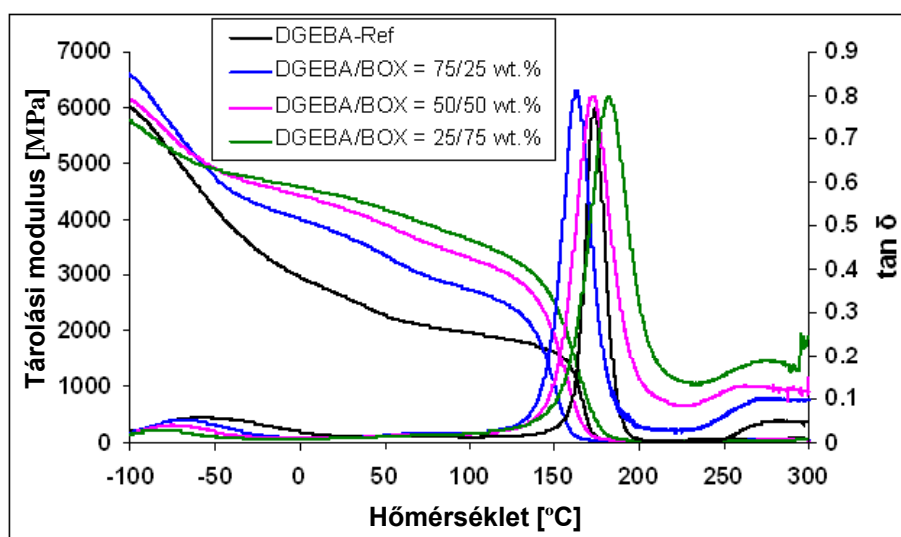


S.Grishchuk ...és Karger-Kocsis J.: Exp. Polym. Lett. 5 (2011), 273-282

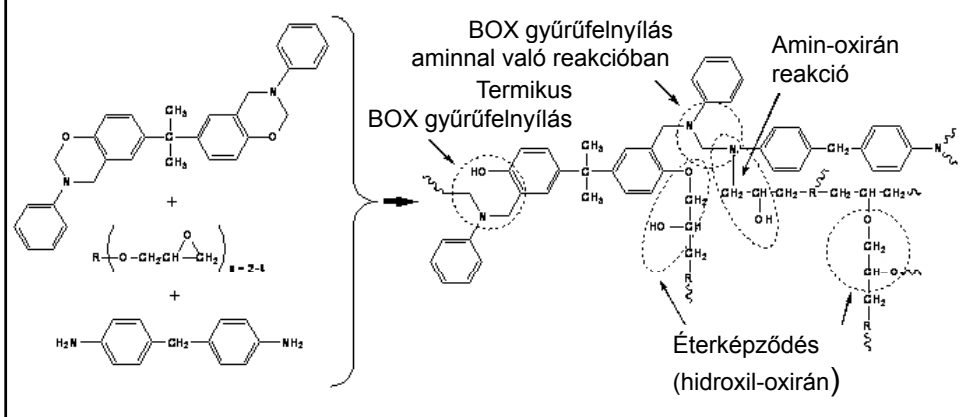
Benzoxazin (BOX), EP gyanták és amin térhálósítójuk



EP(DGEBA-DDM)/BOX hibridgyanták – antiplasztifikáció



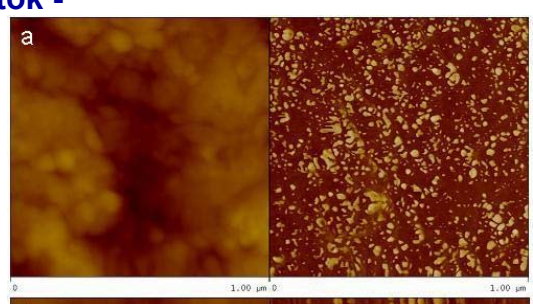
Valószínűsíthető kémiai reakciók BOX/EP/diamin rendszerek térhálósításakor



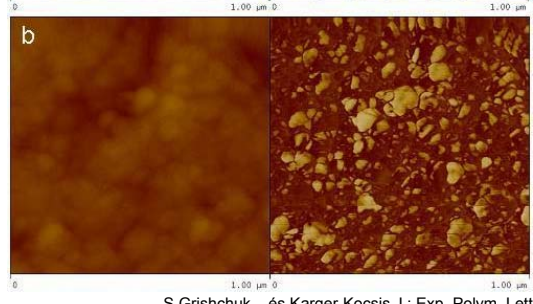
S.Grishchuk ...és Karger-Kocsis J.: J. Appl. Polym. Sci., 124 (2012), 2824
39

EP(DGEBA-diamin)/BOX hibridgyanták morfológiája - AFM vizsgálatok -

EP(DDM)/BOX
=75/25 %



EP(DETA)/BOX
=75/25 %

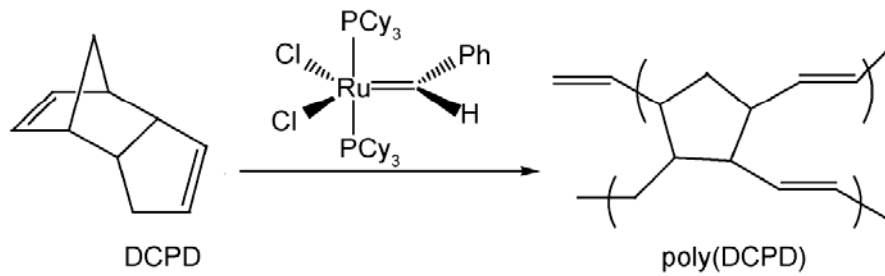


S.Grishchuk ...és Karger-Kocsis J.: Exp. Polym. Lett. 5 (2011), 273-282
40

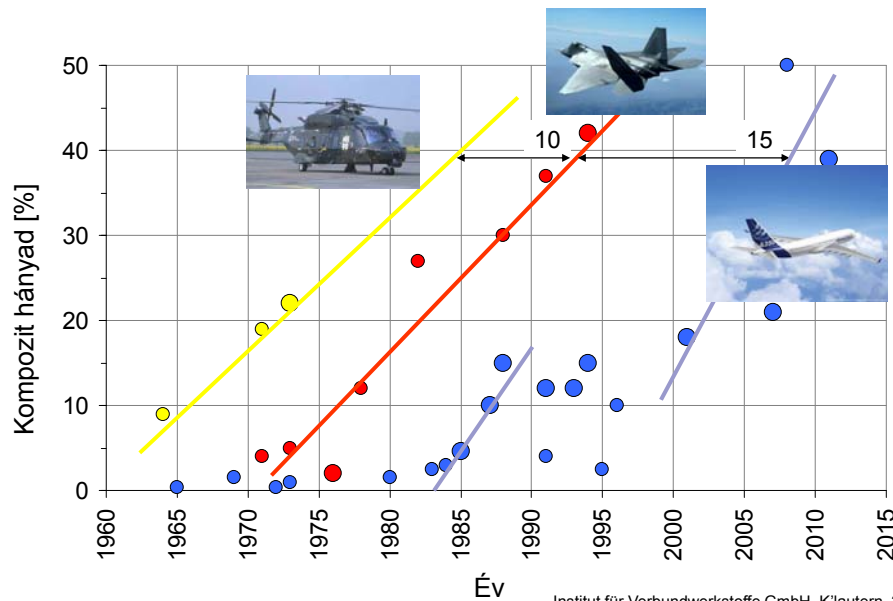
Öngyógyuló polimer rendszerek kialakítása

Stratégiák:

- Gyanta „kapszulázva”, katalizátor mátrixban diszpergálva
- Mind a gyanta mind pedig térhálósítószere „kapszulázva”
- „Gyógyulás” (reverzibilis) kémiai reakciók révén
- „Gyógyulás” termoplasztikus fázis jelenléte révén



Szálerősítésű kompozitok a légi közlekedésben



Végtelen szálerősítésű polimer kompozitok a polgári légitársaságokban



Airbus A 380

Polimer kompozit hányad: 22%

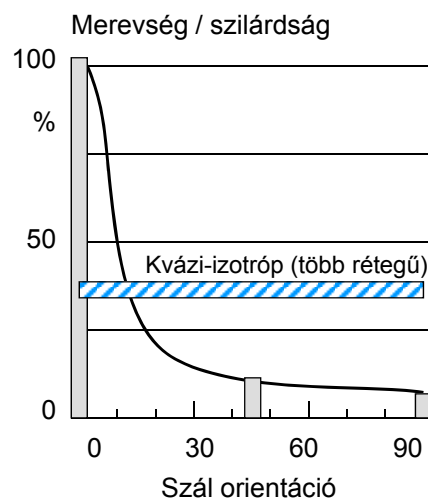
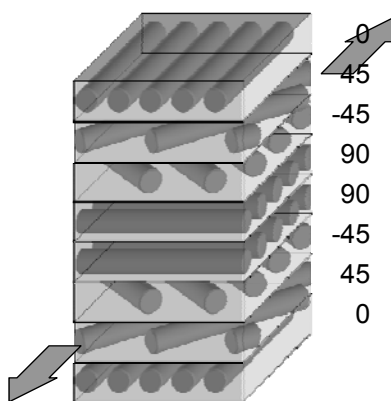
Első repülés: 2005.04.27

Boeing 787

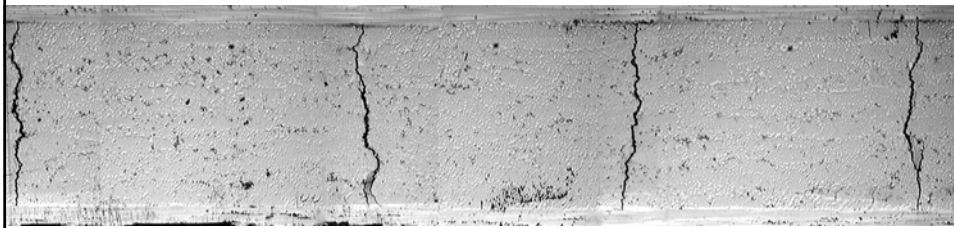
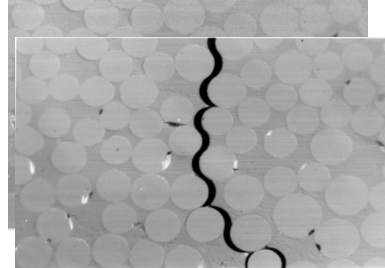
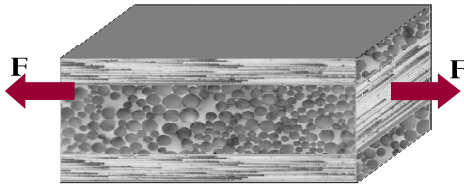
Polimer kompozit hányad: 50%

Első repülés: 2009.12.15

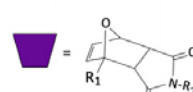
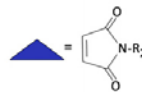
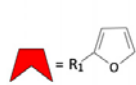
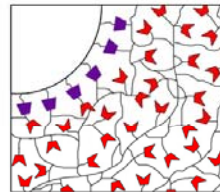
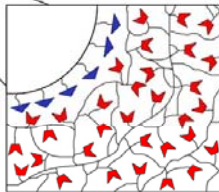
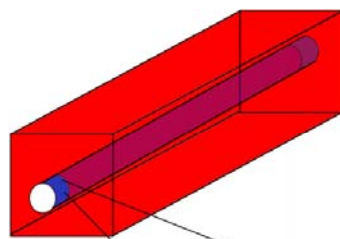
Írányfüggő mechanikai jellemzők elérése



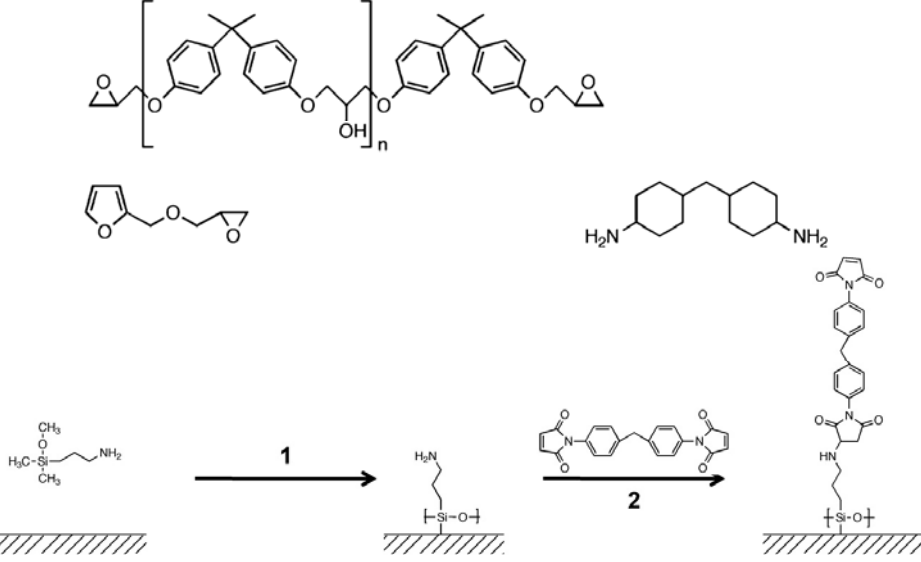
Tönkremenetel többretegű kompozit laminátokban – szál/mátrix elválás az igénybevételre merőleges szálorientált rétegben



Öngyógyuló szál/mátrix határréteg Diels-Alder reakcióban

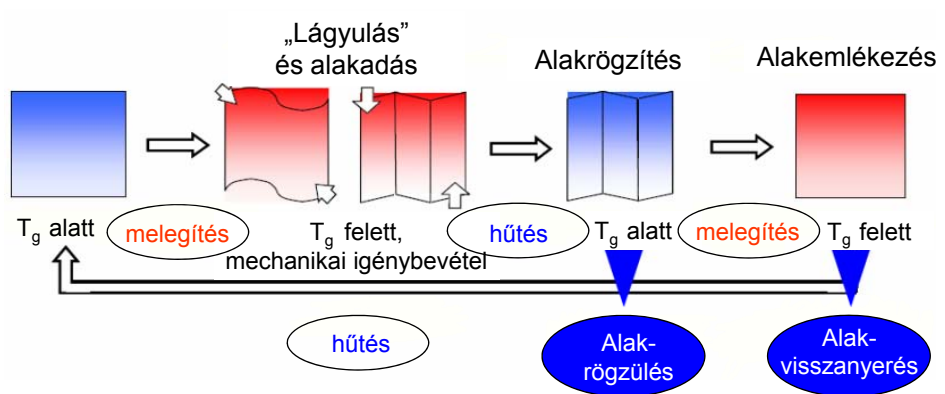


EP gyanta és üvegszál funkcionalizálása Diels-Alder reakcióra



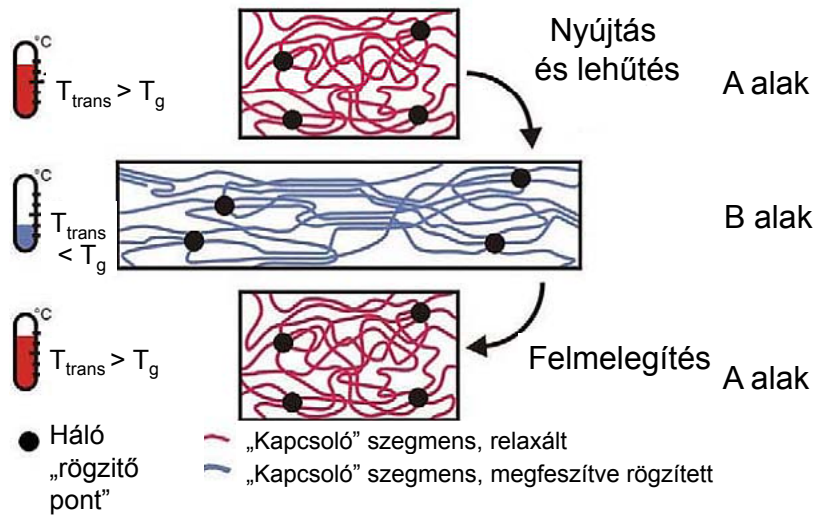
A. M. Peterson et al.: ACS Appl. Mater. Interf. 2 (2010), 1141 és Compos. Sci. Technol., 71 (2011), 586

Hő hatására kiváltott alakemlékezés polimerekben



Q.-Q. Ni et al.: Composite Structures 81 (2007), 176-84

Hő hatására kiváltott alakmémlekezés amorf polimerekben (láncurkolódás,entrópia)



M. Behl és A. Lendlein: Materials Today, 10 (2007), No.4, 20

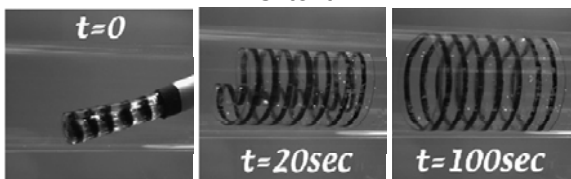
Karger-Kocsis József

49

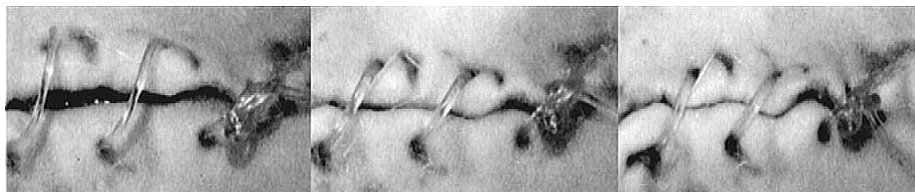
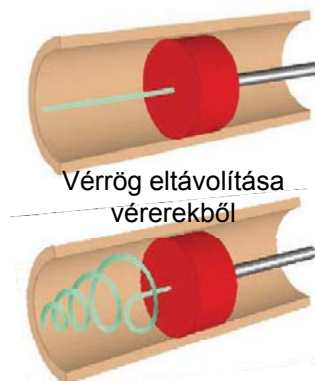
Alakmémlekező polimerek jelenlegi és potenciális alkalmazásai

Orvostechnika

Sztent



C. M. Yakacki et al.: Biomaterials 28, 2007, 2255-2263



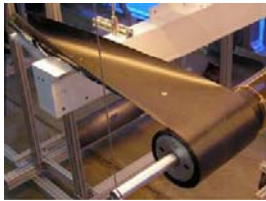
Sebvarrat

D. Ratna és Karger-Kocsis J.: J. Mater. Sci., 43 (2008), 254-269

Karger-Kocsis József

50

Alaklélező polimerok jelenlegi és potenciális alkalmazásai



Napelem



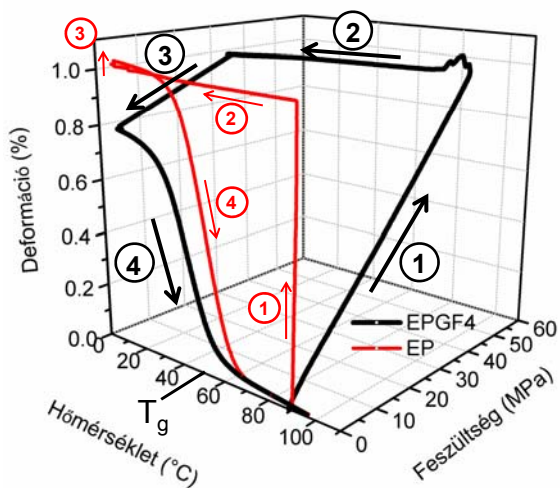
Űrtechnika
(űrben kinyíló
szerkezetek)



Reflektor

J. Leng et al.: Progress in Material Science 56 (2011) 1077-1126

EP és EP/GF kompozit alaklélező képessége 3-pontos hajlítás során



- ① Alakadás
- ② Alakrögzítés
- ③ Terhelés megszüntetése
- ④ Visszaalakulás

M. Fejős ... Karger-Kocsis J.: J. Reinf. Plast. Compos., 56 (2012) 1532-1537

Alaklékezés és öngyógyulás kombinációja – KKJ (2008)

Yuan et al. – *eXPRESS Polymer Letters* Vol.2, No.4 (2008) 238–250

proposed healing under electric field in terms of electrohydrodynamic aggregation of colloidal dielectric particles [85]. By creating a semi-interpenetrating network composed of a crosslinked thermoset and a thermoplastic, Karger-Kocsis considered that both shape memory and self healing functions can be combined [86]. In such an intelligent material, the thermoplastic polymer (amorphous or semicrystalline) offers 'switching' and 'healing' effects, whereas the crosslinked thermoset acts as the fixing phase.

[10] Jud K., Kaush H. H.: Load eculcs after interpenetrat Bulletin, **1**, 1697–1707 (19

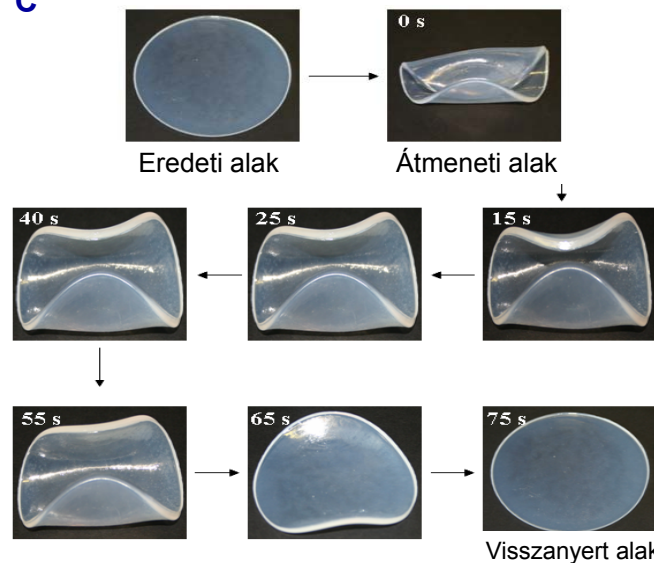
[11] Kaush H. H., Jud K.: Mol mation and healing in gla Rubber Processing and (1982).

[12] Wool R. P.: Relation for l sion and fatigue of randor Chemical Society, Poly (1982).

[13] Jud K., Kausch H. H., mechanics studies of cra



Alaklékezés IPN-szerkezetű xPMMA/PEO esetében – T=100 °C



D. Ratna és Karger-Kocsis J.: *Polymer* 52 (2011), 1063

Összefoglalás

- szerkezet- és tulajdonságok közötti összefüggések feltárása, modellezése és „kiaknázása” elengedhetetlen
- anyagfejlesztés interdiszciplináris jellegű
- hibrid rendszerek (mátrix, erősítőanyag) feldolgozás- és alkalmazástechnikai előnyökkel rendelkeznek
- funkcionális tulajdonságok kialakítása a jövőbeli cél

Köszönöm szíves figyelmüket és a lehetőséget, hogy tevékenységemet – részben – ismertethettem.

Mindig is élő „magyar kapcsolat”:
hazai szerzőkkel közös cikkek hányada > 31%

Google Scholar
(2013.02.15)

	Összes	2008 óta
<u>Idézetek</u>	9778	5134
<u>h-index</u>	49	34

Idézetek 9778 5134

h-index 49 34

Végleg itthon →

