


SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

# Mérnöki anyagok

NGB\_AJ001\_1

## Polimerek




SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

A nem fémes szerkezeti anyagokat két csoportba oszthatjuk.

Ezek:

- **szerves** (karbon bázisú) nem fémes szerkezeti anyagok vagy **polimerek**
- a **szervetlen** nem fémes szerkezeti anyagok vagy **kerámiák**

2014 Oldalszám: 2

 SZÉCHENYI ISTVÁN


## Szerves nem fémes szerkezeti anyagok vagy polimerek

A polimer olyan **hosszúlán-cú** vegyület, amelyben tipikusan **sok ezer elemi építőegység** (monomer) kötődik egymáshoz elsődleges kémiai kötéssel.

**Lehetnek:**

- **Természetes (fehérjék)** és
- **mesterséges polimerek azaz műanyagok**
  - Természetes alapú (gumi, bitumen, linóleum)
  - Mesterséges (kőolajból)

2014 Oldalszám: 3

 SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Műanyagok

Laboratóriumi kísérletek 1838-tól

- Victor Renault - PVC
- Goodyear - gumit (vulkanizált kaucsuk),  
linóleum és a műbőr

John Wesley Hyatt (1869) – modern műanyagipar kezdete

- az elefántcsont biliárdgolyók kiváltására
- cellulóz nitrát (celluloid) - üzemesítette és kereskedelmi forgalomba hozta

Az első szintetikus műanyag: 1907-ben Leo Bakeland (Bakelit),

**XX. század második felétől** a műanyagfejlesztés, gyártás és alkalmazás **ugrásszerű növekedésnek** indult (II. világháború!).

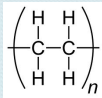
2014 Oldalszám: 4

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

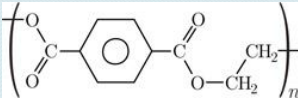
**Polymer – poly meros („sok rész)**

**Dr. Hermann Staudinger (1922):** szerves anyagok vázát hosszú molekulalánckok képezik – műanyagok: makromolekula

A **műanyagok** kisebb molekulákból, **monomerekből** felépített makromolekulák (ismétlődési szám több mint 1000) összessége.

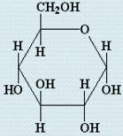


**PE**



**PET**

Monomer:  $C_6H_{12}O_5$



n=1  
n=2  
n≈100  
n>1000

2014 Oldalszám: 5

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

**Mesterséges polimerek,  
műanyagok**

**Hővel szembeni viselkedés alapján, feldolgozhatóság és alakíthatóság:**

- Hőre lágyuló (85-90%-a a termelésnek)
- Hőre nem lágyuló

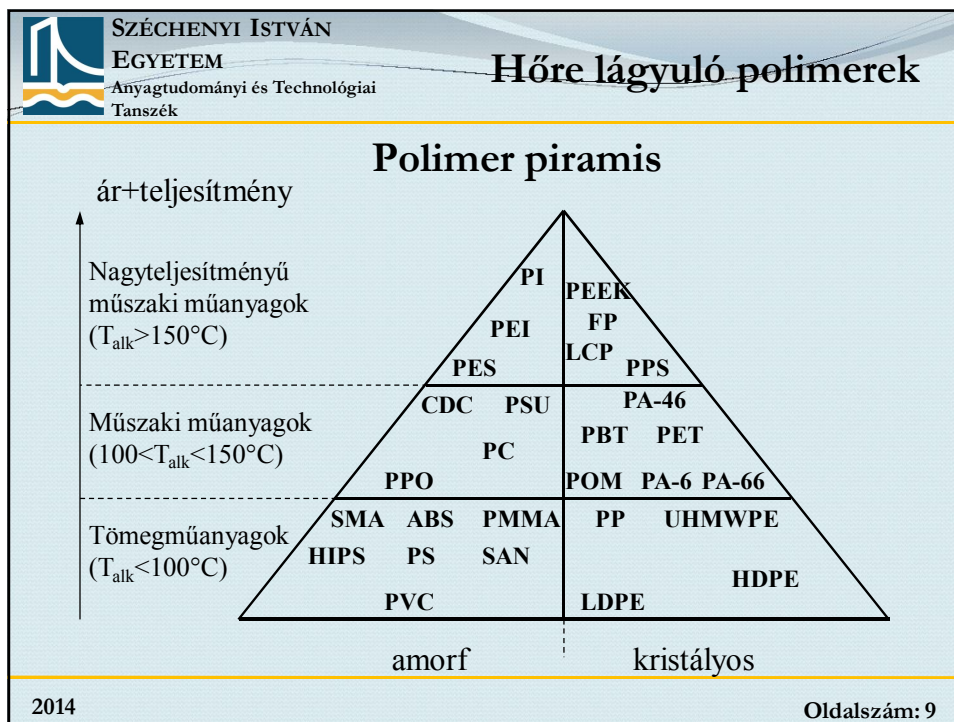
**Tulajdonságok alapján:**

- Tömegműanyagok
- Műszaki műanyagok
- Különleges tulajdonságú műanyagok

2014 Oldalszám: 6

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM Anyagtudományi és Technológiai Tanszék			
Hőre lágyuló műanyagok (amorf/részben kristályos)	Térhálósított hőre lágyuló műanyagok	Elasztomerek	Hőre nem lágyuló műanyagok (duromerek)
<b>nem térhálós</b>	<b>ritkán térhálós</b>		<b>sűrűn térhálós</b>
olvaszható oldódó	olvaszható oldódó	nem olvaszható nem oldódó	nem olvaszható nem oldódó
képlékenyen alakítható	gumi-elasztikus		képlékenyen nem alakítható
magas E-modulusz	alacsony E-modulusz		magas E-modulusz
2014		Oldalszám: 7	

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM Anyagtudományi és Technológiai Tanszék		Hőre lágyuló polimerek	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ha <b>csak egy irányban a szál irányában van elsődleges, vegyérték kapcsolat</b> a szálak egymáshoz laza molekulák közötti erőkkel (Van der Waals) kapcsolódnak. Ezek a másodlagos kötések a hőmérséklet hatására felszakadnak, a műanyag meglágyul.</li> </ul>			
Fajtái:		PVC, PS, SAN, ABS, PMMA, PC	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Amorf</b></li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>részben kristályos</b></li> </ul>		LDPE, HDPE, LLDPE, PP, PA, POM, PET	
2014		Oldalszám: 8	



SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Hőre lágyuló, elasztomerek

- A térben ritkán hálósodott polimereket rugalmas műanyagoknak, **elasztomereknek** nevezik. A főlánc néhány száz atomjára egy keresztkötés jut, így lehetővé válik az egész polimerháló mozgása. Ennek eredményeként a műanyag rugalmas. Pl. PUR, szilikon, sztirolbutadien gumi






2014 Oldalszám: 10

SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Hőre nem lágyuló, duroplasztok

- Ha az óriásmolekulák minden irányban valódi vegyérték kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, a térben három dimenziós háló alakul ki. Ezt **térhálós szerkezetnek** nevezzük. Az ilyen anyagok hővel szembeni viselkedése irreverzibilis.



2014 Oldalszám: 11

SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Tulajdonságok hőmérsékletfüggése

### A polimerek fizikai állapotai

A **fizikai állapotok** kis molekulatömegű anyagok esetében nem léteznek, ezek a **polimerekre jellemzőek**:

azonos fázisállapotú, de fizikai szerkezetében és a molekulaláncok hőmozgásának típusában eltérő polimer állapotok jellemzése.


Egy részecske hőmozgása:

**Mikro-Brown** típusú, ha az a részecske rögzített tömegközéppontja körül történik.

**Makro-Brown** típusú, ha a részecske haladó mozgást is végez, vagyis elmozdul a tömegközéppontja.

**Tehát az egyes fizikai állapotokat a belső energia nagysága, a hőmozgás mértéke határozza meg.**


2014 Oldalszám: 12


**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

Négyféle polimer fizikai állapot van.

- Amorf polimer - három egyfázisú fizikai állapot
  - (1) **üvegszerű,**
  - (2) nagyrugalmas,
  - (3) **viszkózusan folyós (ömladék).**
- A negyedik a kristályosodásra képes anyag
  - (4) **(részben)kristályos** fizikai állapota tekinthető, mely kétfázisú.

2014 Oldalszám: 13


**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

## Polimerek fizikai állapotai

Üvegszerű f. állapot: A molekulaláncok és főágak befagytak, még mikro-Brown mozgást sem végeznek. Nagy merevség, szilárdság, külső erő hatására energiarugalmas deformáció dominál

Nagyrugalmas f. állapot: Mikro-Brown mozgás, molekulák tömegközéppontja rögzített, nagymértékű reverzibilis deformáció

Viszkózusan folyós f. állapot: A molekulák egymáshoz képest elmozdulnak, Makro-Brown mozgás, rugalmas deformáció.

**Az egyes állapotok közötti átmeneti hőmérsékletek jelentősége:**  
 Meghatározzák a polimerek feldolgozhatóságát és alkalmazástechnikai jellemzőit.

Az egyes állapotokban mutatott viselkedést, az átmeneteket a **termomechanikai görbék** írják le.

2014 Oldalszám: 14

SZÉCHENYI ISTVÁN  
Tanszék

## Termomechanikai görbék

Egy, vagy több mechanikai anyagjellemző a hőmérséklet fgv-ben.

Adott terhelés, ill. terhelési sebesség által meghatározott gerjesztés mellett, különböző hőmérsékleten mérik a polimer választ

Meghatározási módok

- Dinamikus mechanikai analizátor  
meghatározzák a dinamikus és a veszteségi modulust és a veszteségi tényezőt
- Termomechanikai analizátor  
Húzó, v. hajlító igénybev, a fizikai állapotok átmeneteit jól megjeleníti.
- Szilárdsági vizsgálat különböző hőmérsékleten  
Szakítóvizsgálatot hőkamrával ellátott szakítógépen

2014 Oldalszám: 15

SZÉCHENYI ISTVÁN  
Tanszék

## Amorf termoplasztikus polimerek DMA görbéje

Pl.: sztirol származékok (PS, BS, ABS), PVC, PMMA

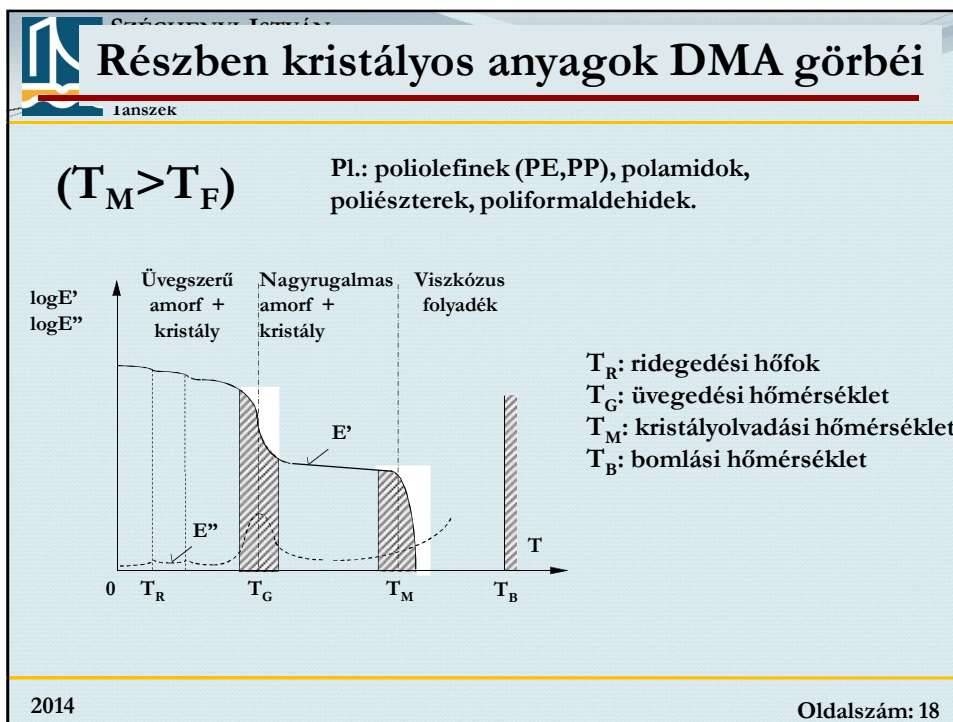
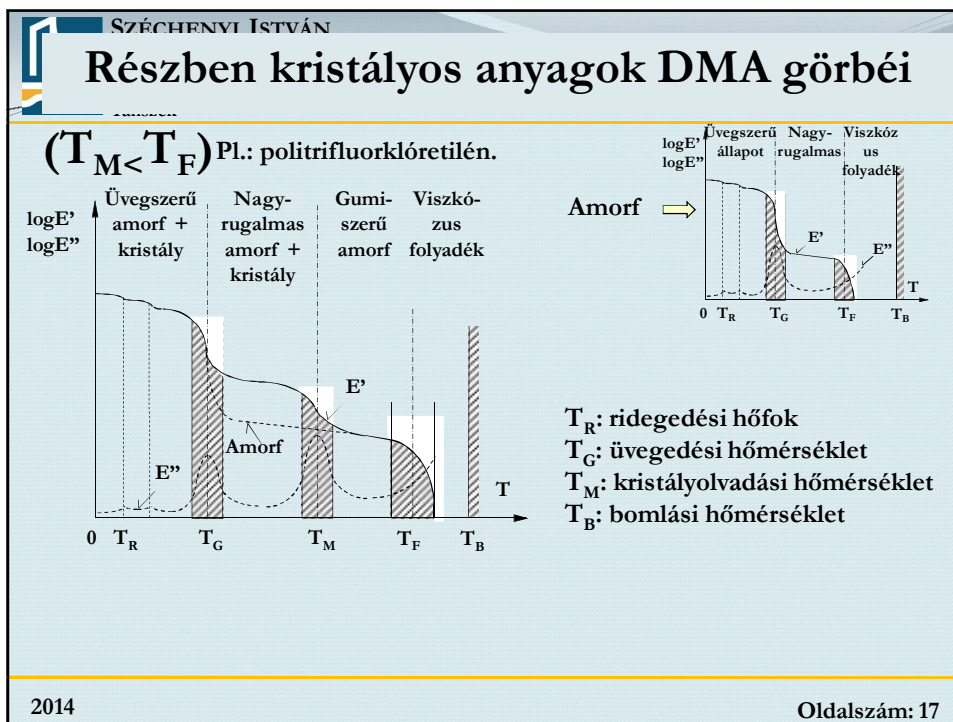
az  $E^*$  komplex rugalmassági modulus vetület modulusai  
 $E'$ : tárolási v. dinamikus mod.  
 $E''$ : veszteségi mod.

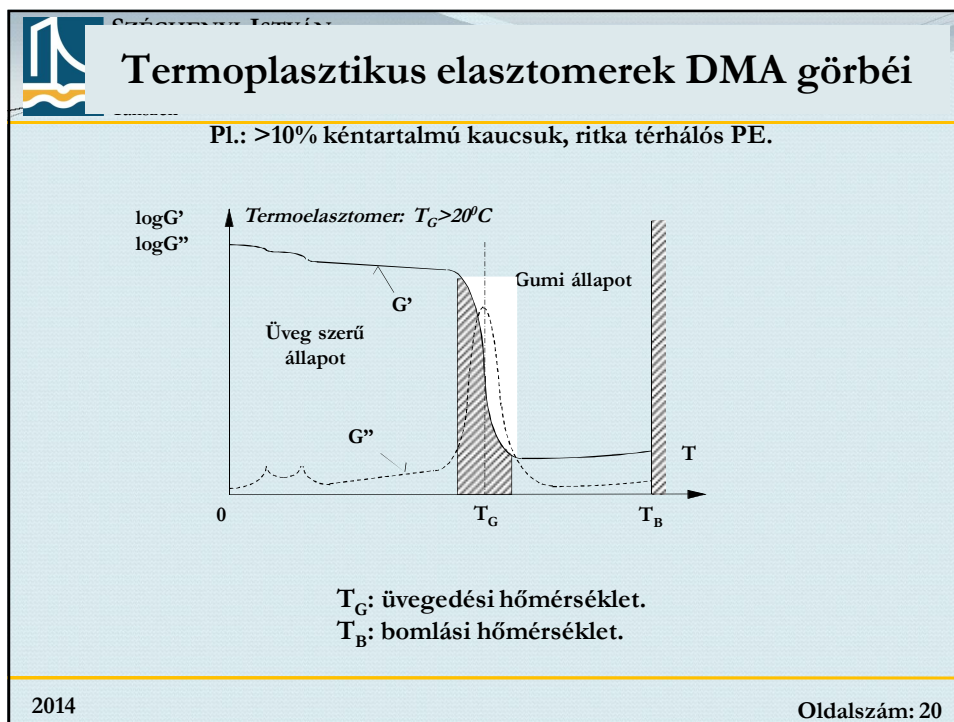
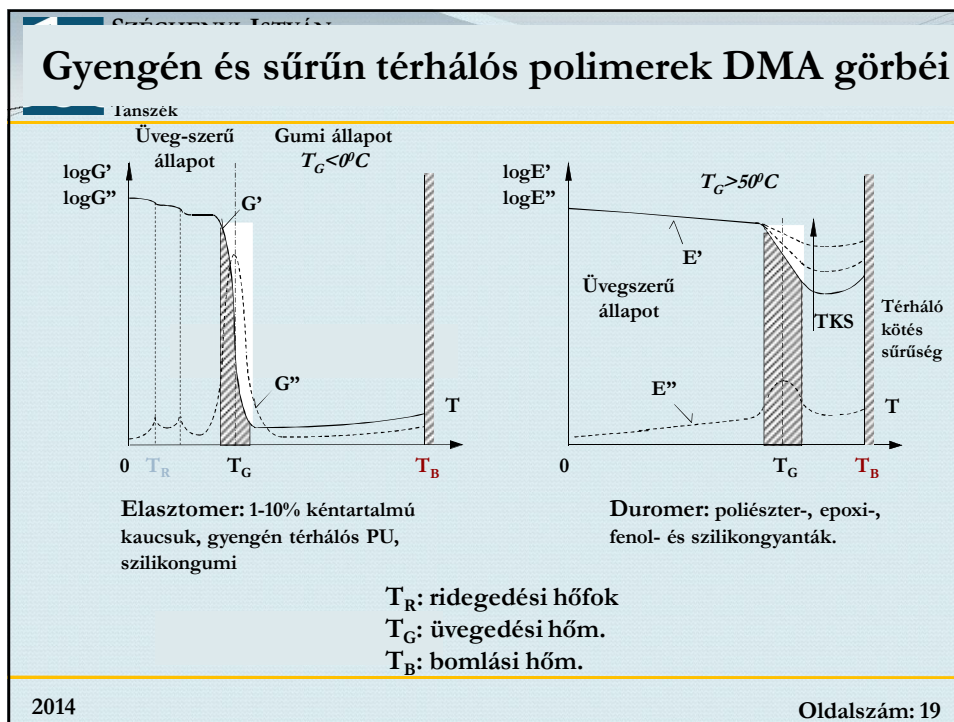
$T_R$ : ridegedési hőfok  
 $T_G$ : üvegedési hőmérséklet  
 $T_F$ : folyási hőmérséklet  
 $T_B$ : bomlási hőmérséklet


Üvegszerű állapot      Nagy-rugalmas      Viszkózus folyadék

2014 Oldalszám: 16







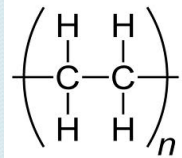


SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Mesterséges polimerek, műanyagok előállítása

---

- A **polimerizáció során** a monomer molekulák melléktermék keletkezése nélkül gyors láncreakcióban kapcsolódnak egymáshoz. pl.  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$  az etilén a polietilén PE alapanyaga.



A **polimerizációval láncmolekulás szerkezet alakul ki** Így állítják elő pl. a polipropilént PP, a polivinilcloridot PVC, a polisztirolt PS. a politetrafluoretilent a PTFE stb.

---

2014
Oldalszám: 21



SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Mesterséges polimerek, műanyagok előállítása

---

- A **polikondenzáció** estében a monomerek melléktermék legtöbbször víz képződés mellett kapcsolódnak össze. pl. a poliamid PA, a polikarbonát PC, a polietiléntereftalát PET stb.




- A **poliaddícióban** a kapcsolódást funkció csoportok hozzák létre. pl. poliuretán PUR, epoxigyanták stb.

A **makromolekulák kémiaiilag különböző molekulákból (két- vagy többfunkciós alapvegyület) jönnek létre lassú, lépcsős reakcióval,**


---

2014
Oldalszám: 22


**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

**hőre lágyuló műanyagok:**  
 - por vagy granulátum formában


**hőre nem lágyuló műgyanták**  
 - por vagy folyékony félkész-termékként



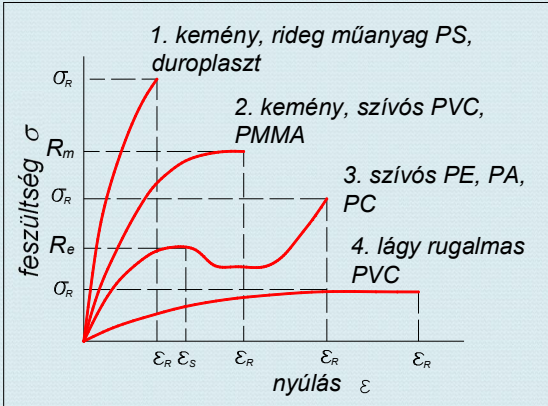
**A feldolgozásra kerülő alapanyagok tulajdonságait különböző adalékokkal javítják.**

- A **stabilizátorok** :növelik a mű-anyagok fény- és vízállóságát, késleltetik az öregedésüket.
- Az **antisztatizáló szerek** (fémpor, korom) csökkentik a műanyagfelületek elektrosztatikus feltöltődését.
- A **csúsztatószer**ek a műanyagok könnyebb alakíthatóságát segítik elő.
- **Színezék** adagolására kizárólag esztétikai szempontból kerül sor.

2014 Oldalszám: 23



**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

**A műanyagok mechanikai tulajdonságai**



1. kemény, rideg műanyag PS, duroplaszt  
 2. kemény, szívós PVC, PMMA  
 3. szívós PE, PA, PC  
 4. lágy rugalmas PVC

2014 Oldalszám: 24


**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

## Viszkoelesztikus viselkedés


A feszültség-deformáció kapcsolat eltér a fémekétől

Jellemzi:

a feszültség-nyúlás kapcsolata nem lineáris

- függ a hőmérséklettől
- a terhelési szinttől
- az igénybevétel időtartamától

2014 Oldalszám: 25


**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

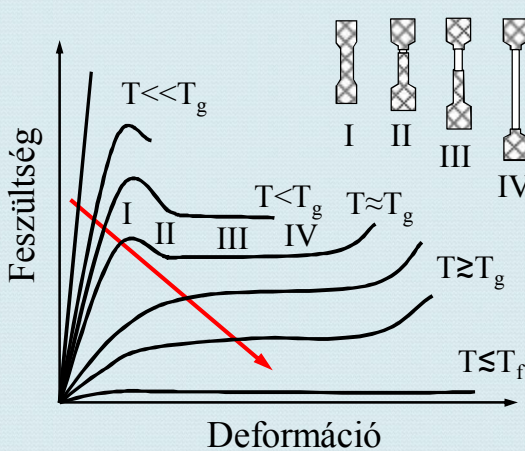
## Eltérések a fémek és a műanyagok között

**Amorf**

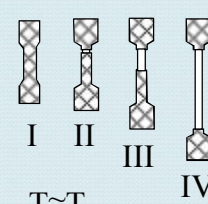
A meghatározott értékeket befolyásolja

- a hőmérséklet

Feszültség



Deformáció



I II III IV

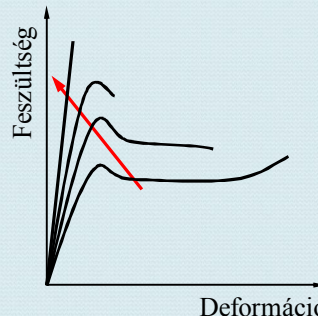
2014 Oldalszám: 26

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

## Eltérések a fémek és a műanyagok között

A meghatározott értékeket befolyásolja:

- az alakváltozás sebessége



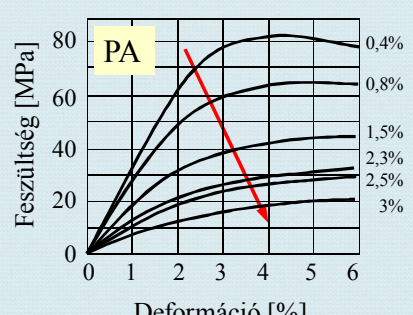
2014 Oldalszám: 27

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

## Eltérések a fémek és a műanyagok között

A meghatározott értékeket befolyásolja:

- a nedvességtartalom



2014 Oldalszám: 28

SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

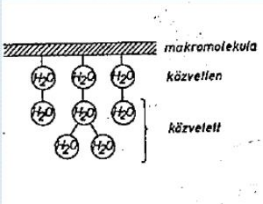
## A nedvességtartalom hatása

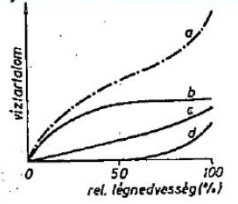
Egyes **polimerek** higroszkóposak (**nedvszívók**), ez szorosan összefügg a szerkezeti felépítésükkel, molekuláikkal, azok geometriai elhelyezkedésével:  
**pl. cellulóz, PVA, PA**

Hidrofil csoportjaik és a vízmolekulák között **intermolekuláris kötés**.

A **nedvességtartalom** elsősorban a **környezeti relatív légnedvesség** függvénye

a. **Összegzett nedvességfelvétel**

b. 

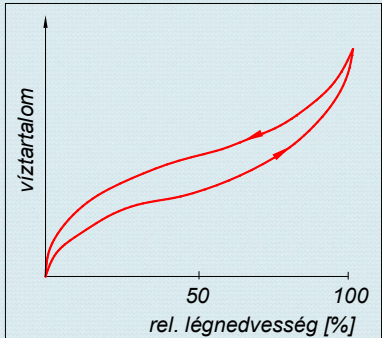
c. 

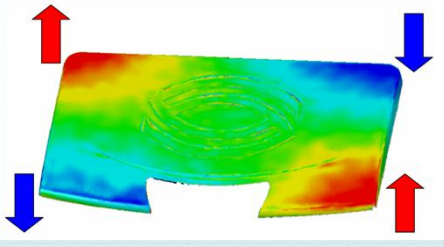
d. **Kapillaris vízfelvétel**, fizikai kötődés, kapilláris erők hatására a vízzel való közvetlen érintkezés alkalmával a szerkezet felszínén, majd a kapillárisokban (az anyag pórusain keresztül) történik a vízfelvétel.

2014 Oldalszám: 29


SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

**ABS** alkatrész vetemedése H<sub>2</sub>O felvétel miatt





2014 Oldalszám: 30



**SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM**  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## A nedvszívó képességet befolyásoló tényezők

---

**Meghatározó: a polimer polárossága**

Apoláros polimerek: pl. PE, PP, PS...  
Poláros polimerek: PA, PVA...

**Nedvszívóképesség csökken:**

- (i) molekulatömeg nő
- (ii) molekulák merevsége nő
- (iii) kristályos részarány nő
- (iv) amorf orientáció nő
- (v) vizsgálati hőmérséklet növekedésével


**Lágyító, szegmensmozgást elősegítő hatás:**

- (i) Modulus csökken
- (ii) Deformabilitás nő
- (iii) Szilárdság csökken

Polimer anyag	Nedv.%
Üveg	0
PE	0
PP	0
PVC	0...0,5
PTFE	0
PAN	1...2,5
PVA	3,5...5
PES- lineáris	0,2...0,5
PA6, PA6.6	3,5...4,5
PU	1,5
Aramid-Kevlár	2...3
Nomex	4,5...5
PES- gyanta	> 3

20°C, 65% légnedvesség

2014
Oldalszám: 31



## A szárítás fontossága a műanyag- feldolgozásban

---

**A műszaki műanyagokban visszamaradó nedvesség negatív hatásai:**

- (i) Csökken a nyíróviszkozitás, fröccsöntéskor túltöltés vagy habosodás lehet
- (ii) Romlanak a termék mechanikai jellemzői és villamos átütési szilárdsága
- (iii) Felületi hibák, fóliafúvásnál nagyobb hibák is előfordulhatnak

**Felületi nedvesség:** könnyű eltávolítani, felületi csíkosodást okoz


**Belső nedvesség:** erős hatást gyakorol a mechanikai és villamos jellemzőkre, és mivel a diffúzió lassú folyamat, csak lassan távolítható el.

Műszaki műanyagok: PA, PES, PC.... (hidroxil-, karbonil-, amincsoportok....)

Poláros tömegműanyagok: PVA, EVA.....

2014
Oldalszám: 32



 **Nedvességfelvétel előnyei, hátrányai**  
Tanszék

Ismételt nedvesség-igénybevétele (felvétel-leadás) → ridegedés → Pl. cipő bőr felsőrész rugalmassága csökken, berepedezik


Faanyagok száraz helyen tárolása + évszakokénti légned. Vált. → Felületi pórusok bezáródnak → Vízszívóképesség csökk. nemesedik, tartóssága nő

**Jó nedvszívóképesség előnyös:**

Polimer (PA) **siklócsapágyak**... Kenőanyagot tárol, és a kenés kimaradása esetén is normálisan üzemel.

Természetes polimerek jó duzzadása... Tűzoltó és egyéb tömlők vízhatlanságára

2014 Oldalszám: 33

 **Nedvesség hatása a feldolgozásra**  
Tanszék


Hidroplasztikus viselkedés → nagyobb maradó alakváltozás jobb alakíthatóság

Pl. a term. polimerek, mint a gyapjú (hő+nedvesség)... alakrögzítés vasalással

**Előnyös a PA6 és PA6.6 szálképzésénél:**

Lágyító hatás miatt  $T_g$  csökken, 69-80°C helyett 20-25°C-on nyújtható (80 $\mu$ m-ről 6-10 $\mu$ m-re)

2014 Oldalszám: 34


**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék


## Viszkoelesztikus viselkedés

Adott igénybevétel hatására kialakuló alakváltozás:

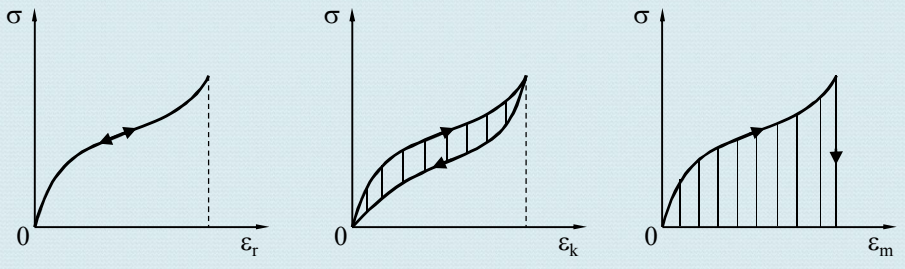
$$\varepsilon_0 = \varepsilon_r + \varepsilon_k + \varepsilon_m$$

$\varepsilon_r$  pillanatnyi rugalmas  
 $\varepsilon_k$  késleltetett rugalmas  
 $\varepsilon_m$  maradó alakváltozás

2014 Oldalszám: 35


**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
 Anyagtudományi és Technológiai Tanszék


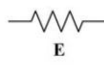
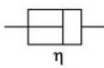
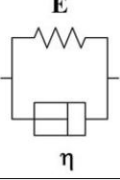
## Összes alakváltozás az idő függvényében




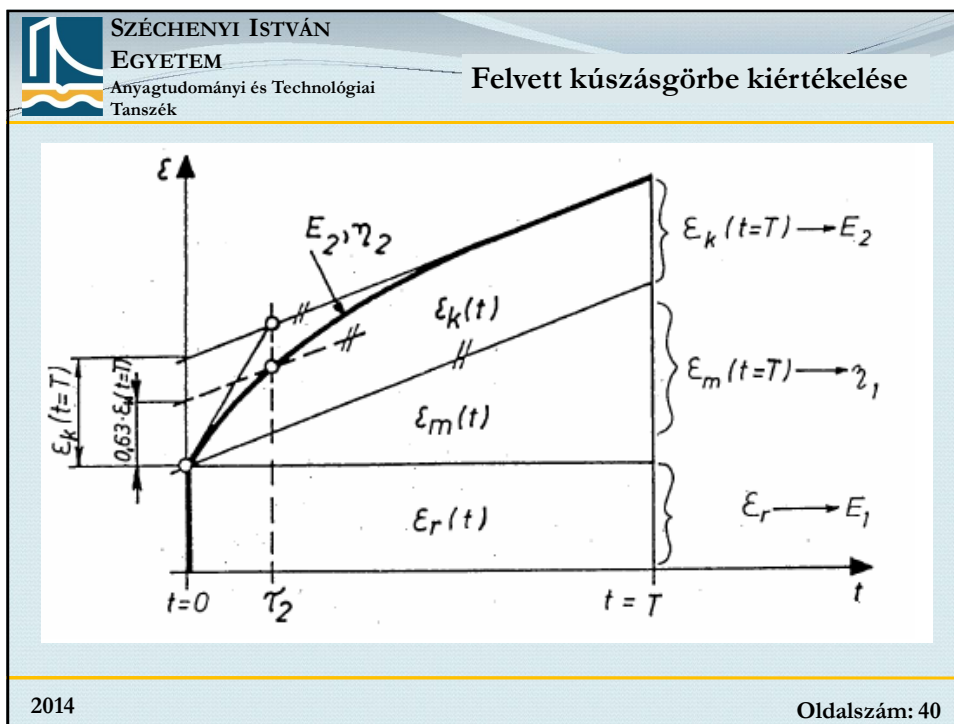
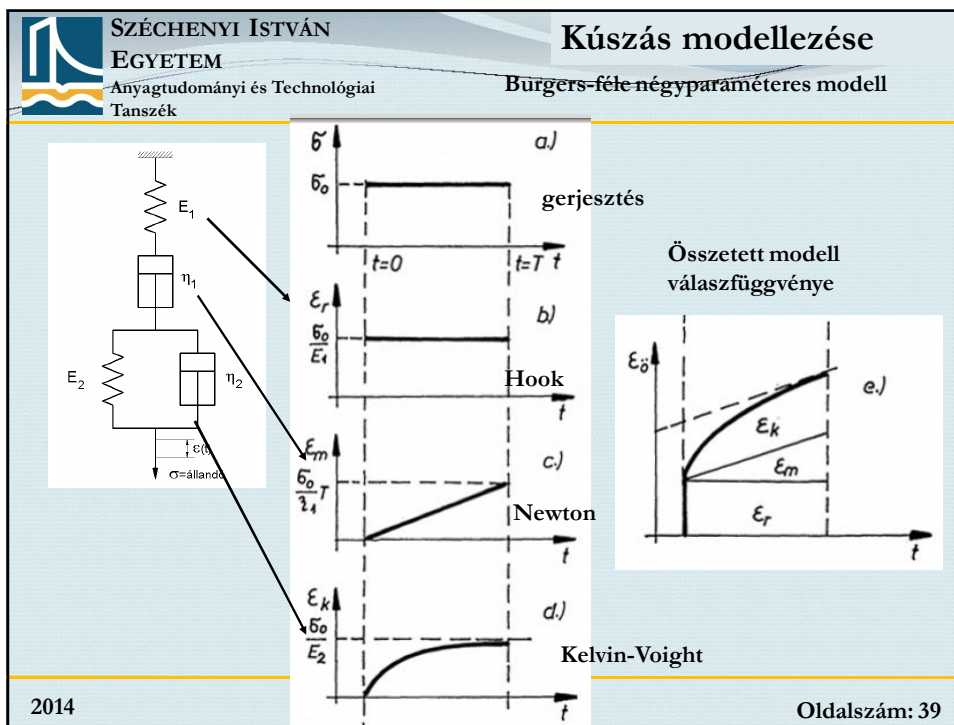
The figure consists of three stress-strain ( $\sigma$  vs  $\varepsilon$ ) graphs illustrating different components of total strain:

- Instantaneous elastic strain ( $\varepsilon_r$ ):** A single loading curve starting from the origin (0,0) and ending at a point on the x-axis. The area under the curve is shaded with diagonal lines.
- Delayed elastic strain ( $\varepsilon_k$ ):** A hysteresis loop where the loading curve is above the unloading curve. The area between the two curves is shaded with diagonal lines.
- Permanent strain ( $\varepsilon_m$ ):** A loading curve followed by an unloading curve that ends at a non-zero strain value on the x-axis. The area under the loading curve is shaded with vertical lines.

2014 Oldalszám: 36

 <b>SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM</b> Anyagtudományi és Technológiai Tanszék			
Deformáció komponens neve	Jele	Modell	Ábrázolás, paraméter(ek)
pillanatnyi rugalmas deformáció	$\varepsilon_r$	Hooke-törvényt követő rugó	 E
maradó deformáció	$\varepsilon_m$	Newton-törvényt követő viszkózus elem	 $\eta$
késleltetett rugalmas deformáció	$\varepsilon_k$	Kelvin-Voigt elem (rugó és viszkózus elem párhuzamosan kapcsolva)	 E $\eta$
2014		Oldalszám: 37	

 <b>SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM</b> Anyagtudományi és Technológiai Tanszék		<b>A viszkoelesztikus viselkedés következménye</b>
<p>A <b>kúszás</b> állandó terhelés hatására bekövetkező időben növekvő alakváltozás.</p> <p>A <b>relaxáció</b> az anyagban konstans deformáció hatására ébredő feszültség csökkenése az idő függvényében.</p> <p style="color: red; font-weight: bold;">A tervezőknek tehát figyelembe kell venni a terhelés időtartamát is!</p>		
2014		Oldalszám: 38



SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

$$\varepsilon_{\delta}(t) = \varepsilon_r(t) + \varepsilon_m(t) + \varepsilon_k(t) \Rightarrow \varepsilon_{\delta}(t) = \frac{\sigma_0}{E_1} + \frac{\sigma_0}{\eta_1} t + \frac{\sigma_0}{E_2} \left( 1 - e^{-\frac{E_2 t}{\eta_2}} \right)$$

Egy viszonylag **rövid mérés** alapján nagyságrendekkel hosszabb időtartamú terhelés hatására bekövetkező **deformációkra következtethetünk, egy 2-3 perces mérésből akár napokra is.**

A valóságban egy mérés napokig-hetekig is eltarthat, ebből azonban már a polimer alkatrész kúszási viselkedését évekre előre (gyakorlatilag a teljes életciklusra) megbecsülhetjük.

2014 Oldalszám: 41

SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Feszültségrelaxáció

**Csökken, feloldódik az anyagban ébredő feszültség.**

**t= 0:** a teljes  $\varepsilon_0$  deformáció pillanatnyi rugalmas jellegű,  
**t>t':** átalakul késleltetett rugalmassá ill. maradóvá.

Relaxációs modulus:  
 $E_R(t) = \sigma(t) / \varepsilon_0$

*Amorf hőrelágyuló polimer és gyengén térhálós elasztomer tipikus feszültségrelaxációs görbéi*


<p><b>Termoplasztikus polimer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a feszültség teljesen feloldódik a szegmensmozgás miatt (molekulaláncok feszítettsége csökk.)</li> <li>- maradó def.</li> </ul>	<p><b>Elasztomer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- keresztkötések gátló hatása miatt a feszültség egy határértékhez tart</li> <li>- a def. A terhelés megszűnte után (tisztán késleltetett) zérushoz tart.</li> </ul>
---	---


2014 Oldalszám: 42

SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYE  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## Példák a feszültségrelaxációra

Az egységugrás nyúlásgerjesztés, illetve nyúlássebesség gerjesztés gyakori a textiliparban

 Szálak fonalba sodráskor  
 Fóliák a felcsévélési folyamatokban

 Fonalak, kelmék szakítóvizsgálata

A hurkosodásra hajlamos magas sodratú fonalakat pihentetik és gőzölik, hogy a fonalban lévő csavaró feszültséget feloldják, a fonal hurkosodását csökkentsék, könnyítsék a feldolgozást.

A húros hangszerek elhangolódása

A turbina csavarok idővel történő lazulása. A jelenséget az acélok feszültségmentesítő hőkezelésénél tudatosan kihasználják

**A feszültségrelaxáció meghatározásának szerepe növekszik**

Vizsgálatát egyre több termékszabvány írja elő  
pl. a csövekhez használt tömítőgyűrűknél.

**Kezdeményező lépések az autóiparban**  
elsősorban a kritikus tömítőelemek vizsgálatára


2014 Oldalszám: 43

SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

## A műszaki gyakorlatban leggyakrabban előforduló polimerek

PA	poliamid	PTFE	politetrafluoretilén
PC	polikarbonát	PUR	poliuretán
HDPE	nagysűrűségű polietilén	PVC	polivinilklorid
LDPE	kissűrűségű polietilén	UP	telítetlen poliészter
PMMA	polimetil-metakrilát	EP	epoxigyanta
PP	polipropilén	EP-GF	üvegszállal erősített EP
PS	polisztirol		

2014 Oldalszám: 44



SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
Anyagtudományi és Technológiai  
Tanszék

---

# KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

---

2014 Oldalszám: 45