



# Polimerek vizsgálatai

DR Hargitai Hajnalka



## Szakítóvizsgálat


### Rövid idejű mechanikai vizsgálat

- Cél: elsősorban a **gyártási körülmények** megfelelőségének ellenőrzése, illetve minősítésre alkalmas **anyagi mérőszám** meghatározása;
- Az eredmények csak szigorúan azonos vizsgálati feltételek mellett alkalmasak az összehasonlításra
- **A szakítóvizsgálat eredményeit a hőmérséklet és az idő erősen befolyásolja** (Viszkoelaszticitás → időfüggő mechanikai viselkedés)

 **Kontrakció, nyakképződés**



3

 **Szakítóvizsgálat**

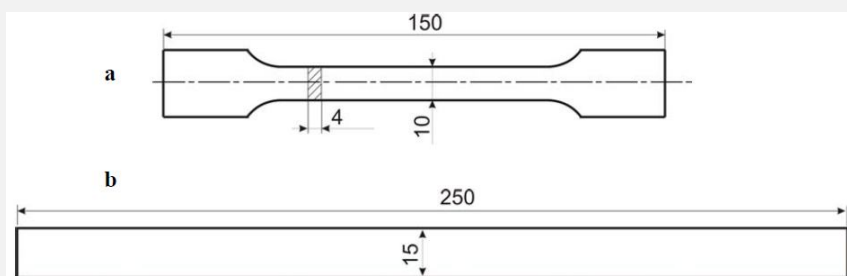
- Próbatétel: szabványban leírt geometriájú
- meghatározott mérési körülmények (szakítási sebesség, hőmérséklet, nedvességtartalom)
- egytengelyű húzó igénybevétel
- mérjük és regisztráljuk a **hosszváltozás függvényében fellépő húzóerőt.**

4



## A mechanikai jellemzőket befolyásolja

### 1. próbatest alakja és méretei



1. ábra Próbatest típusok: (a) hőre lágyuló polimer anyaghoz, (b) kompozit szakító próbatest

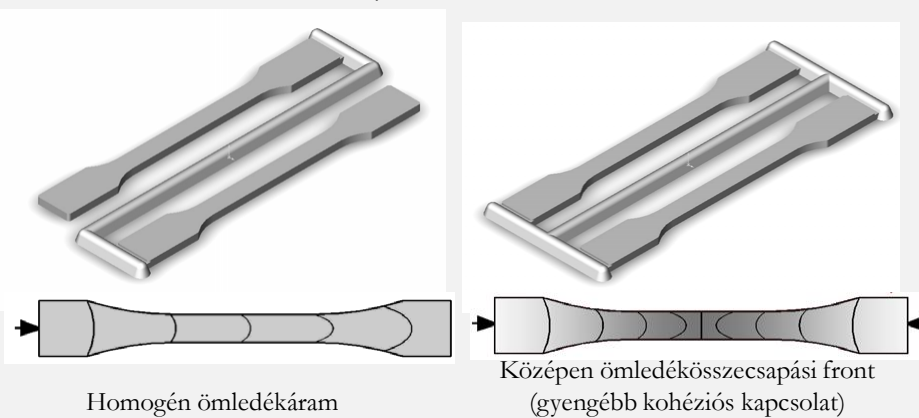
5



## A mechanikai jellemzőket befolyásolja

### 2. próbatestek gyártása

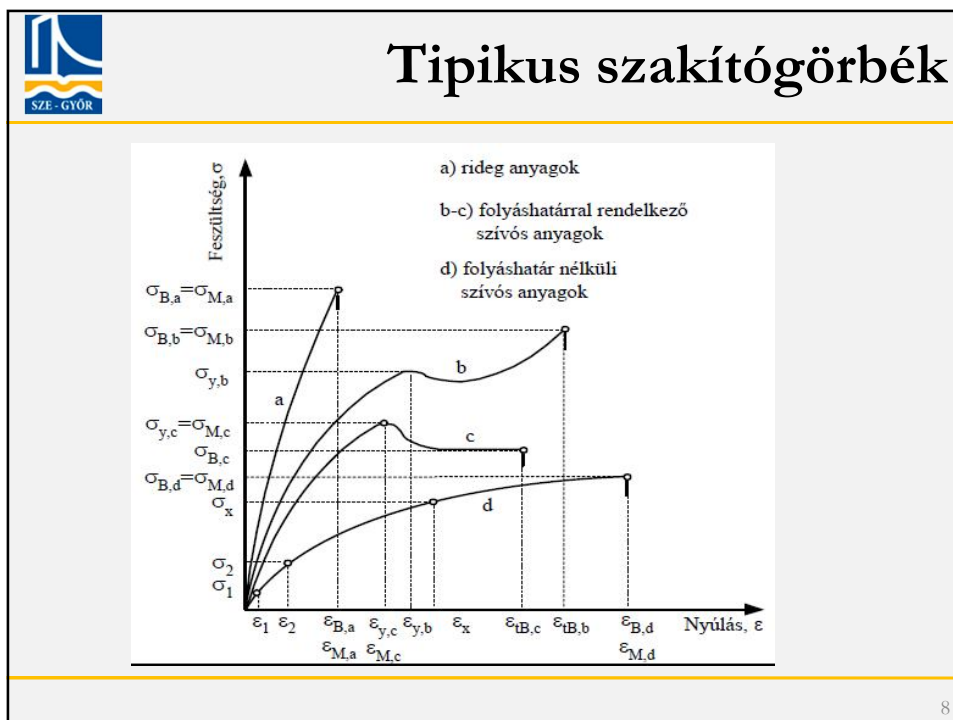
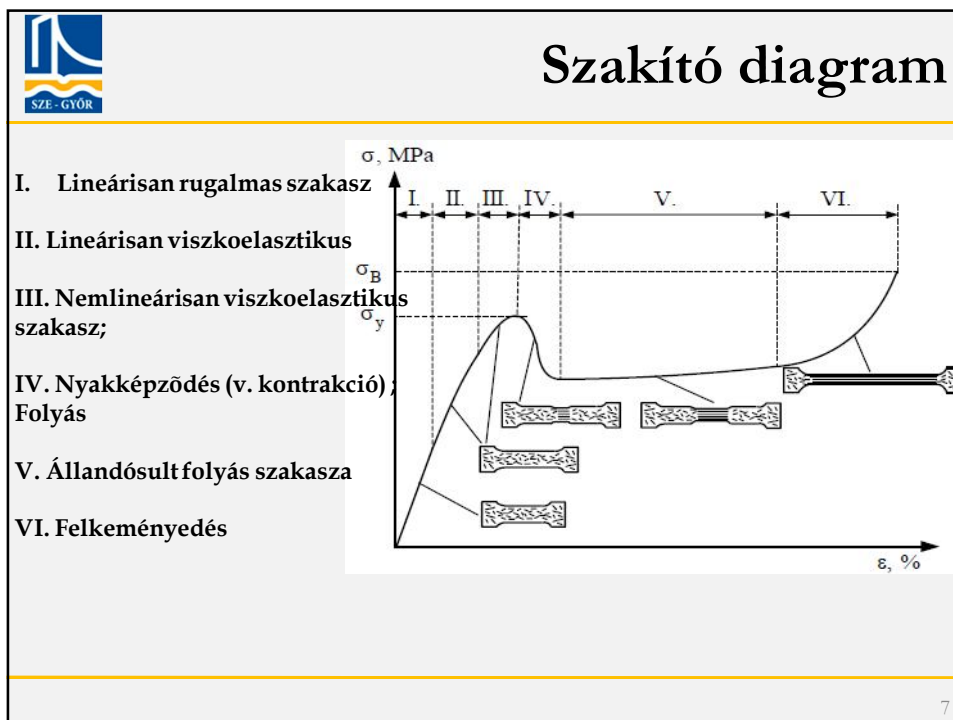
kétfélszkes szerszámban előállított próbatestek



Homogén ömledékáram

Középen ömledékösszecsapási front  
(gyengébb kohéziós kapcsolat)

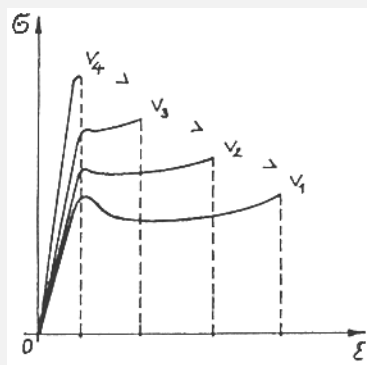
6





## Mérési körülmények / Szakítási sebesség:

- Nagyobb szakítási sebesség – merevebb viselkedés, nagyobb szilárdsági értékek.
- Nyúlás értéke akár több 100%-os is lehet
- Szakítási sebesség fémek, kompozitok esetén 1mm/perc, polimereknél 20-50, vagy nagyobb mm/perc

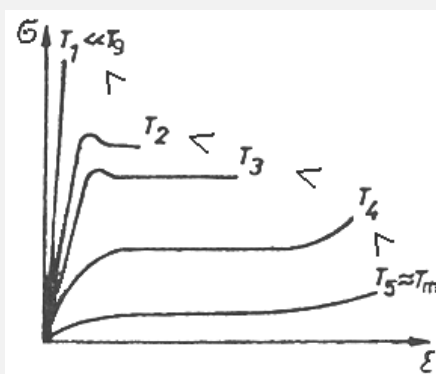


9



## Vizsgálati hőmérséklet:

- kis hőmérséklet változás is jelentősen befolyásolja a merevséget, a szilárdságot, illetve a szakadási folyamat jellegét
- üvegesedési hőmérséklet ( $T_g$ ) alatt ridegen, e felett (nagy rugalmas állapotban) szívósabban viselkednek és nagyobb a szakadási nyúlásuk

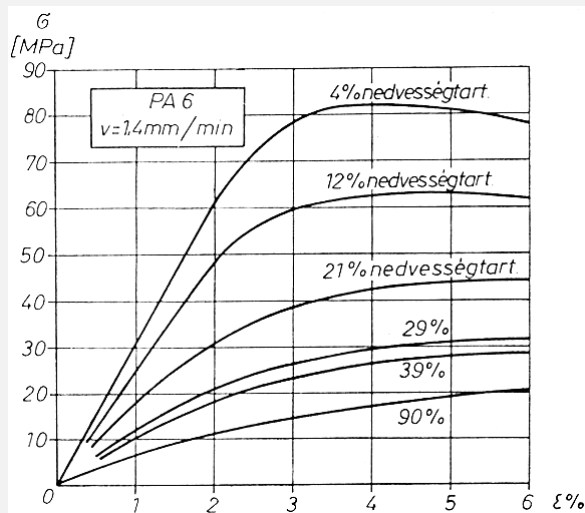


10



## Nedvesség tartalom:

- lágyító hatás, csökkenti a rugalmassági moduluszt, szilárdságot, növeli a szakadási nyúlást (pl. PA6)



11



## Műanyagok szakítódiagramjának típusai

### 1-merev, rideg

hőre keményedők: pl. bakelit, fenolgyanta, vagy olyan hőre lágyuló polimerek, amelyeknél a képlékeny alakváltozás valamilyen oknál fogva korlátozott (például polisztirol).

### 2-szívós, képlékeny;

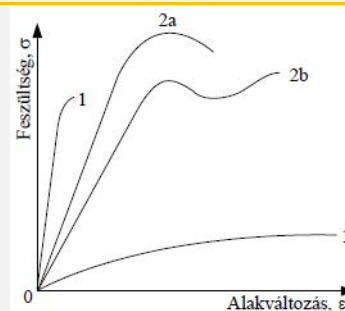
különbőle hőre lágyuló amorf és részben kristályos polimerek

**2a)** alakítási keményedést nem mutató (pl. polioximetilén)

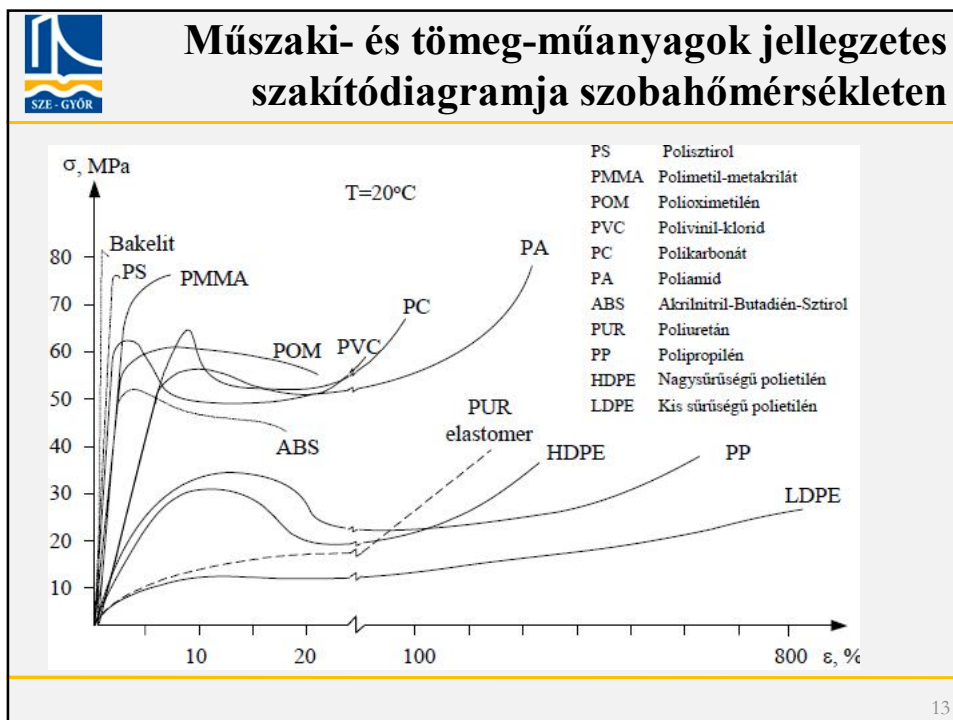
**2b)** alakítás közben keményedő, (pl. nylon)

### 3-lágy, rugalmas

A felhasználás hőmérsékletén nagyfokú gumirugalmasságot tanúsító hőre lágyuló polimerek, illetve elasztomerek (pl. polietilén, teflon).



12

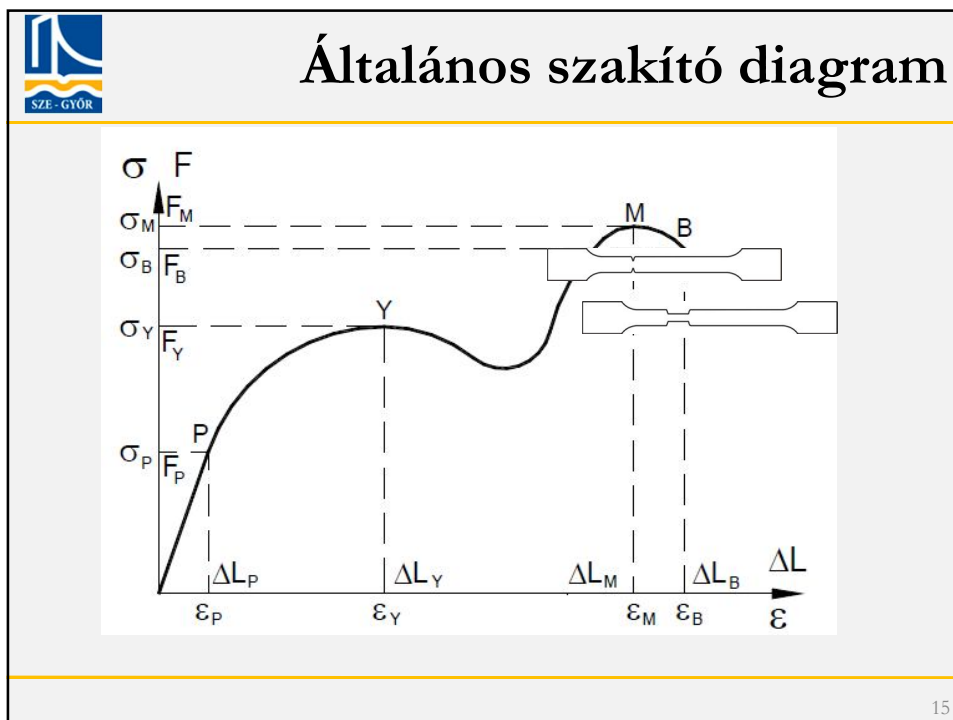


**Mechanikai jellemzők**

- erő-nyúlás ( $F-\Delta l$ ) görbét rögzítünk, ez átparaméterezhető  $\sigma-\varepsilon$  diagrammá

MÉRNÖKI FESZÜLTÉS	$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ [MPa]},$
RELATÍV NYÚLÁS	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} \cdot 100 \text{ [%]}.$

14



**$\sigma_Y$  folyáshatár**

- az az első feszültség, amelynél a **nyúlás a feszültség növekedése nélkül** növekszik.
- A gyakorlatban bizonyos polimereknél fel sem lép a folyás jelensége, másoknál több 100 %-os folyási alakváltozás következhet be, amelyet a próbatesten **nyakképződés** és szerkezeti átalakulás kísérhet. A folyást bizonyos polimerek esetén az ún. **feszültség fehéredés** jelezheti.

16





## $\sigma_M$ húzószilárdság:

- a **maximális erő és a kezdeti keresztmetszet hányadosa.**
- A maximális erő elérésekor az anyag a leggyengébb pontjában helyileg instabil állapotba kerül, ezen a helyen megkezdődik a keresztmetszet kontrakciója, helyi keresztmetszet csökkenése.
- A folyamat folytatódhat nyakképződéssel, vagy hirtelen szakadással.

17



## $\sigma_B$ szakító szilárdság:

- a szakadáskor mért erő és a kezdeti keresztmetszet hányadosa

18



## Alakváltozási mutatószámok

- Nyúlás a maximális erőnél ( $\varepsilon_M$ ):

$$\varepsilon_M = \frac{L_M - L_0}{L_0} \cdot 100 [\%]$$

- Szakadási nyúlás ( $\varepsilon_B$ )

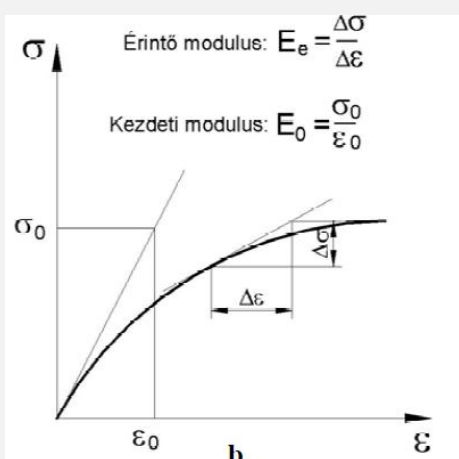
$$\varepsilon_B = \frac{L_B - L_0}{L_0} \cdot 100 [\%],$$

19



## kezdeti rugalmassági modulus ( $E_0$ )

- 0,05 % és 0,25 %  
relatív nyúlásértékhez  
tartozó  
görbepontokon  
átmenő egyenes  
meredeksége



20



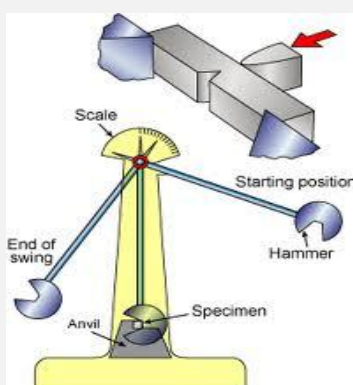
## Charpy féle ütővizsgálat bemetszett műanyag próbatesteken (ISO 179-1)

- Az ütő (ütve hajlító) vizsgálatok célja az anyagok **dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállásának** meghatározása. Ezt az ellenállást **szívósságnak**, míg a kísérlet során a próbatestben elnyelt munkát **ütőmunkának** nevezzük. A magasból lendülő test energiája disszipálódik törési energiaként a próbatestben.

21



## Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat

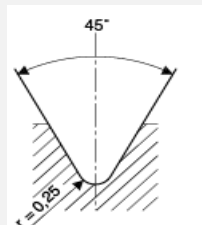


A szabványos próbatest mérete:

80x10x4

(hossz (l), szélesség (b), vastagság(h)).

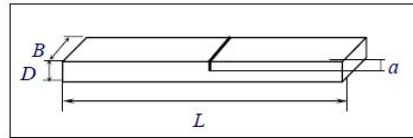
Az alátámasztási távolság: L=62 mm



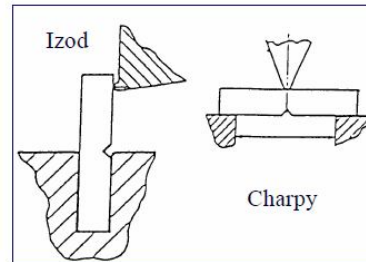
22



## Törés, ütésállóság



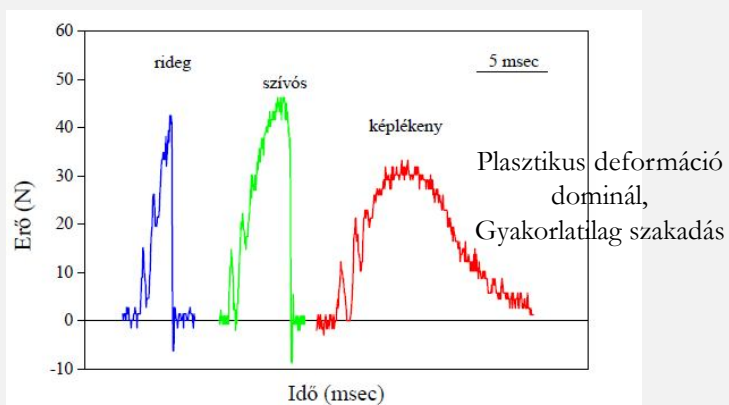
- Hibahely
- Feszültségkoncentráció
- Modellzés: bemetszés
- Szabványos módszerek
- Méretfüggő értékek



23



## Törési típusok



**Különböző mértékű plasztikus deformáció**

24



## Charpy-féle **ütve-hajlító szilárdság**

Az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

$$a_c = \frac{E_c}{h \cdot b_N} \cdot 10^3 \text{ [kJ/m}^2\text{]}$$

$h$  a próbatest vastagsága,

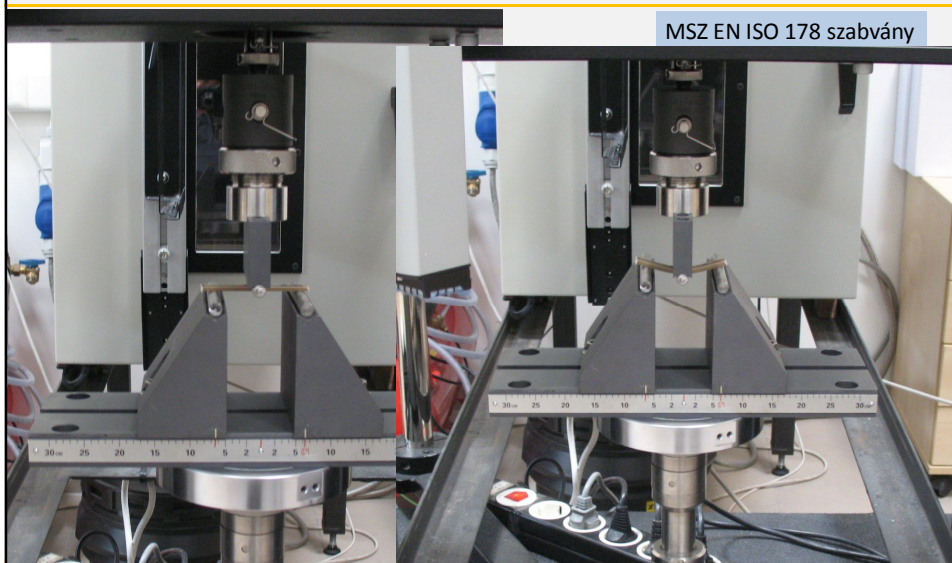
$b_N$  a bemetszésnél mért vastagság.

25



## Hárompontos hajlító vizsgálat

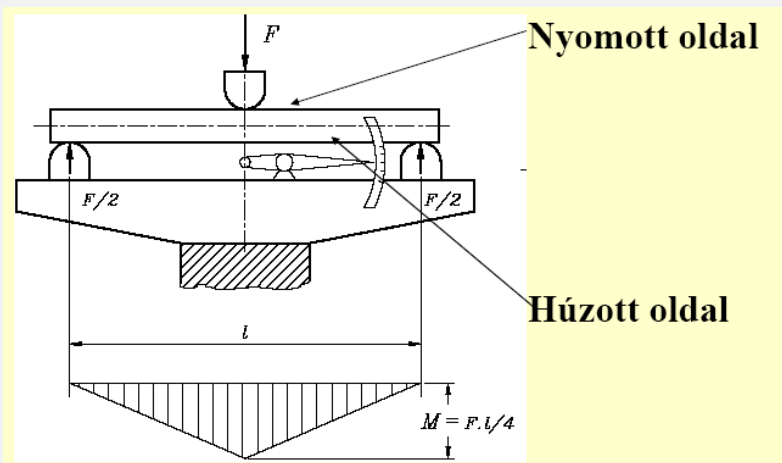
MSZ EN ISO 178 szabvány



26



## Hárompontos hajlító vizsgálat

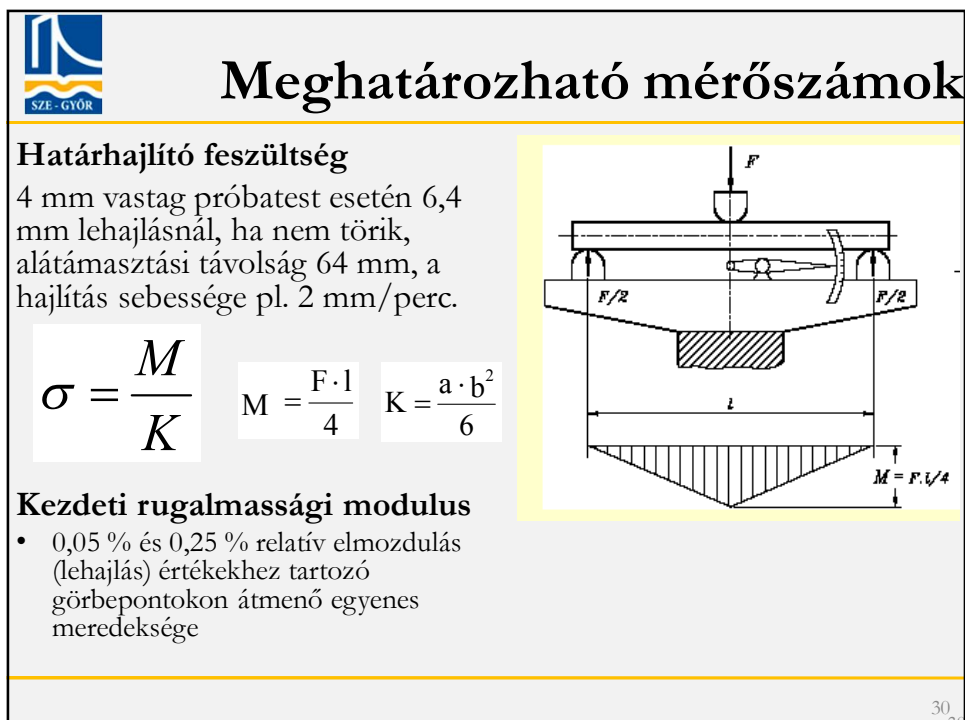
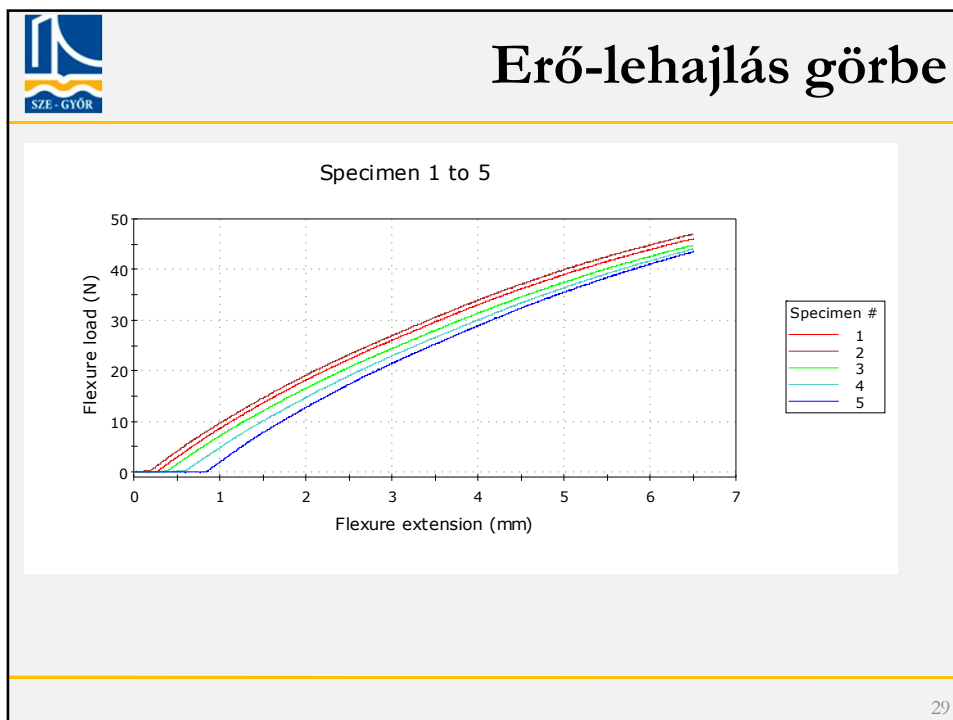


27



- állandó sebességű deformáció gerjesztés, azaz időben egyenletesen növelt lehajlás
- lehajlás függvényében regisztráljuk az ébredő erőt.
- Meghatározható mechanikai jellemzők:
  - a hajlító szilárdság, vagyis a töréskor elérhető maximális hajlító feszültség,
  - a határhajlító feszültség és
  - a rugalmassági modulus.

28





## Hőállóság jellemzése

Bizonyos műszaki alkalmazásokban (pl. az autógyártásban) egyre fontosabbak a hőálló polimerek (pl. PEEK, stb.).

Anyag kiválasztás, minőségellenőrzés:

- Vicat vagy
- **HDT módszer.**

A hőálló polimerekkel sokszor lehetővé válik fémek vagy kerámiák helyettesítését egyes szerkezeti elemekben.

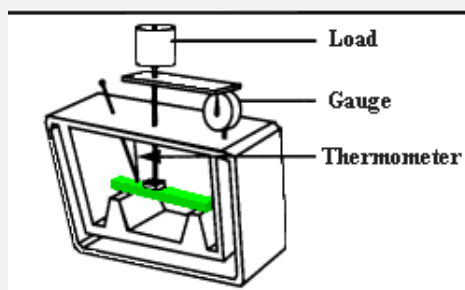
31



## Terhelés alatti behajlás hőmérséklete (HDT)

### HEAT DEFLECTION TEMPERATURE

Az a hőmérséklet, ahol egy mechanikailag terhelt, viszonylag magas hőmérséklet hatásának kitett minta nagy valószínűséggel meghajlik – ami valós alkalmazásban a tartó-funkció elvesztését jelenti.



32





## HDT vizsgálat

- Terhelés: 0,46 vagy 1,82 MPa nyomás
- Méri az **hőmérsékletet**, ahol a **behajlás 0,25 mm** (vagy egyéb, a szabványban rögzített) érték.
- A HDT vizsgálatban a termosztáló folyadék fűtési sebessége 120 °C/h, és szobahőmérséklettől indul.

33



## Néhány műanyag olvadáspontja és HDT értéke különböző terhelés mellett

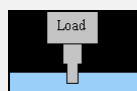
Polymer Type	Deflection Temperature at 0.46 MPa (°C)	Deflection Temperature at 1.8 MPa (°C)	Melting Point (°C)
ABS	98	88	-
ABS + 30% Glass Fiber	150	145	-
Acetal Copolymer	160	110	200
Acetal Copolymer + 30% Glass Fiber	200	190	200
Acrylic	95	85	130
Nylon 6	160	60	220
Nylon 6 + 30% Glass Fiber	220	200	220
Polycarbonate	140	130	-
Polyethylene, HDPE	85	60	130
Polyethylene Terephthalate (PET)	70	65	250
PET + 30% Glass Fiber	250	230	250
Polypropylene	100	70	160
Polypropylene + 30% Glass Fiber	170	160	170
Polystyrene	95	85	-

34



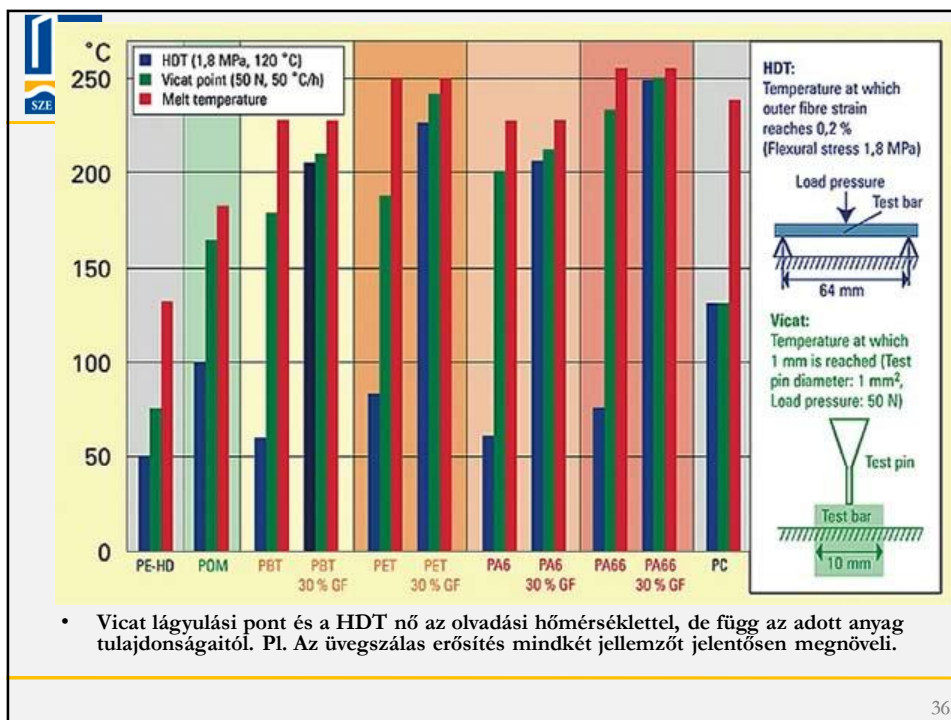
## Vicat-féle lágyuláspont

- Határhőmérséklet,
- ameddig az anyag rövid ideig terhelhető,
- nem alkalmas a tartós terhelési határ előrejelzésére.
- **Az a hőmérséklet, amelyen egy 1 mm felületű, hengeres fémcsúcs 1 vagy 5 kg terheléssel 1 mm mélységig hatol be az anyagba.**



Eljárás	Terhelés(N)	Fűtési seb. (°C/hr)
A50	10	50
B50	50	50
A120	10	120
B120	50	120

35



- Vicat lágyulási pont és a HDT nő az olvadási hőmérséklettel, de függ az adott anyag tulajdonságaitól. Pl. Az üvegszál erősítés mindkét jellemzőt jelentősen megnöveli.

36



**SZÉCHENYI  
ISTVÁN  
EGYETEM**

ANYAGTUDOMÁNYI ÉS  
TECHNOLÓGIAI TANSZÉK

**Köszönöm a figyelmet!**

**[hargitai@sze.hu](mailto:hargitai@sze.hu)**

DR Hargitai Hajnalka

2011.10.20.