



**Széchenyi István
Egyetem**



12. Polimerek anyagvizsgálata 2.

Anyagvizsgálat

NGB_AJ029_1

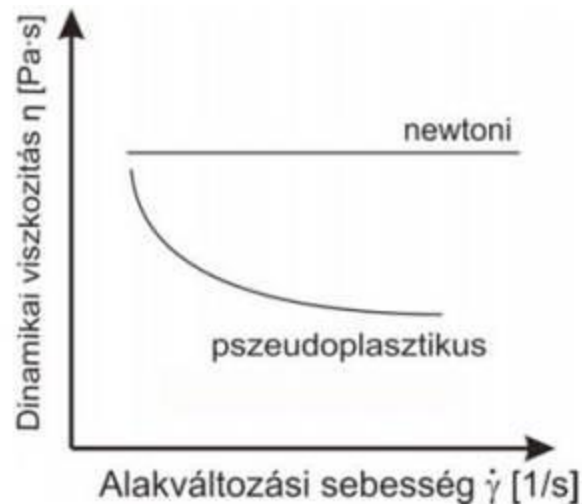
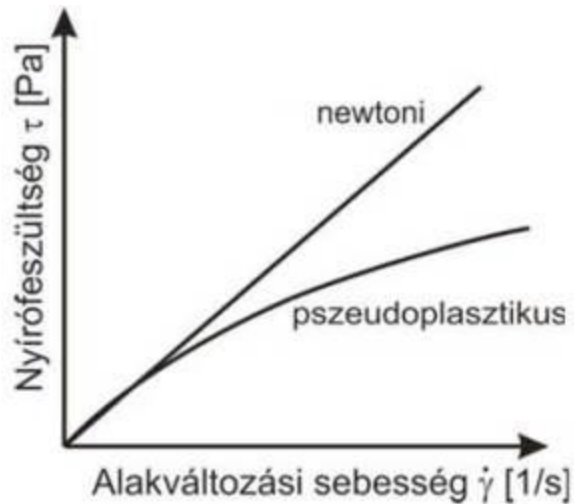


Dr. Hargitai Hajnalka

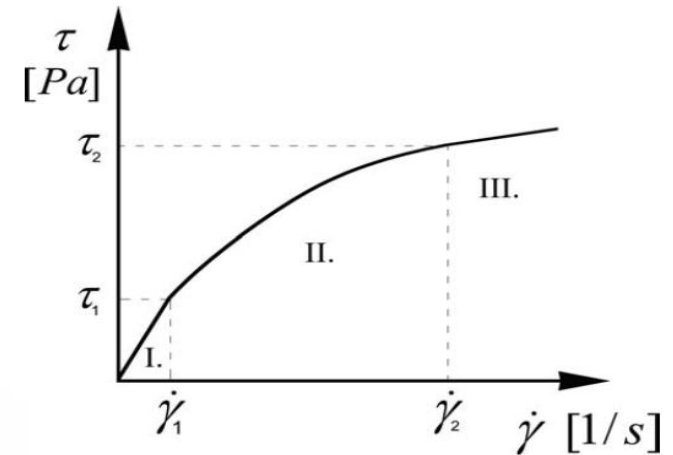
- Viskozitás
- Newtoni folyadék, nem-newtoni folyadék
- Pszeudoplasztikus, strukturviszkózus közeg
- Folyásgörbe, viszkozitás görbe
- Folyóképesség vizsgálat (MVR, MFI)

Folyásgörbe

Viszkozitásgörbe



Strukturviszkózus

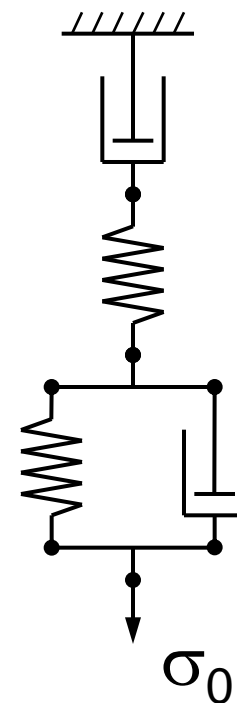
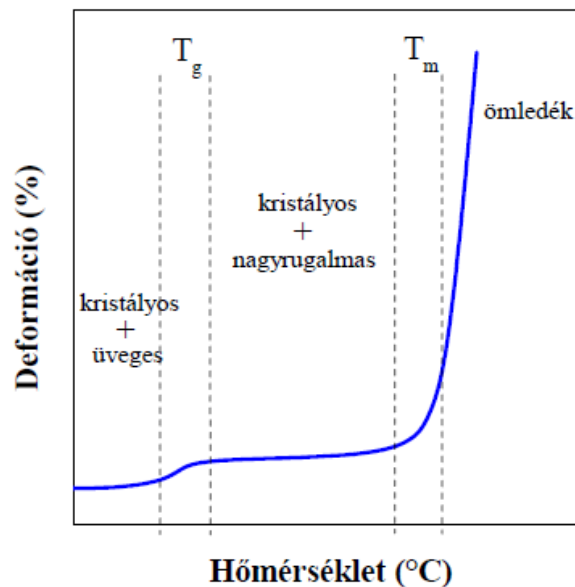
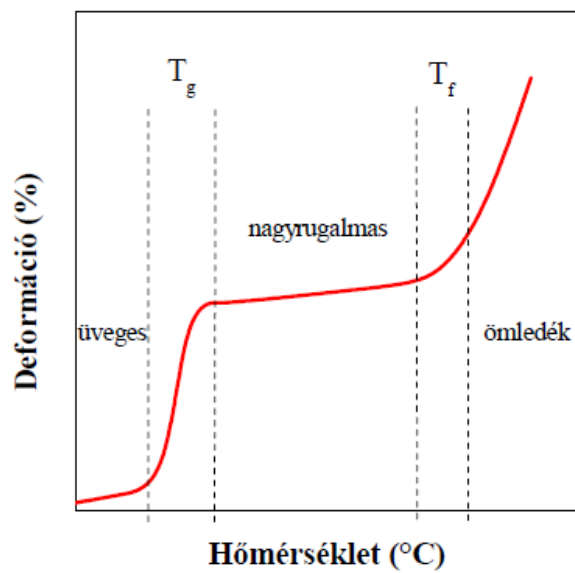




Időfüggő tulajdonságok

- Kúszás
- Feszültség relaxáció

Fizikai állapotok

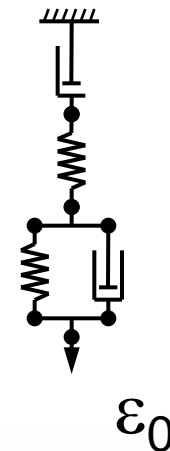
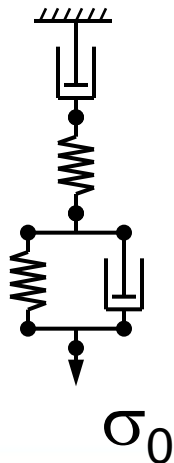
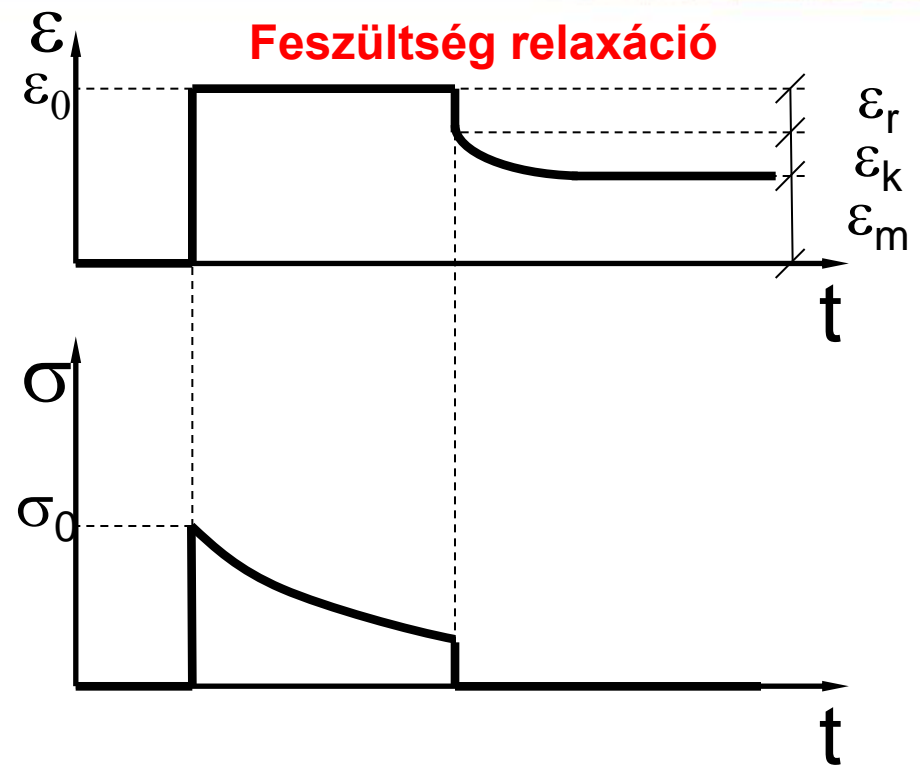
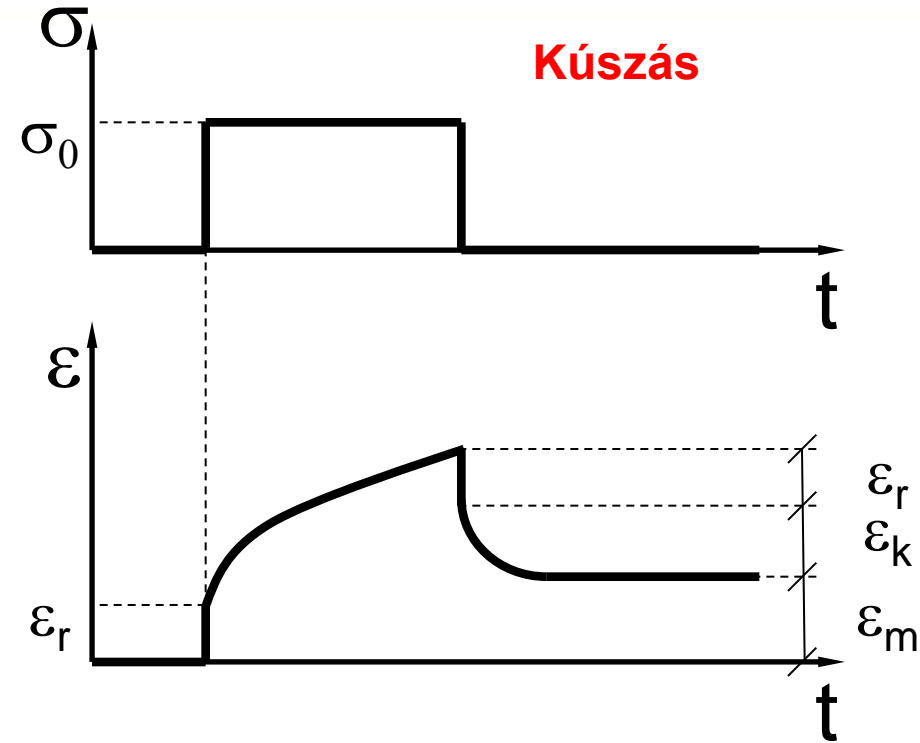


Amorf polimer – jellemző hőmérséklet: T_g Kristályos polimer – jellemző hőmérséklet: T_m

Burgers-féle négyparaméteres modell

Kúszás

Feszültség relaxáció



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

Anyagkiválasztás, minőségellenőrzés:

- **Vicat** vagy
- **HDT** módszer.

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

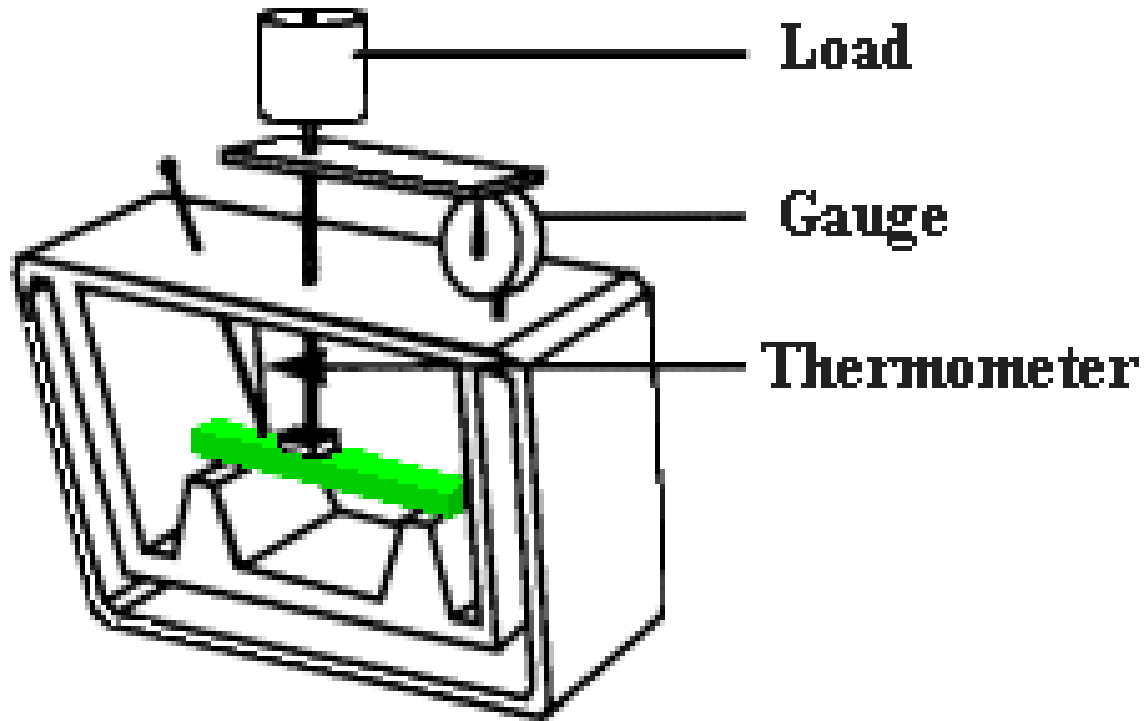
Terhelés alatti behajlás hőmérséklete (HDT)

HEAT DEFLECTION TEMPERATURE

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

A merőleges felületekkel határolt próbatestet egy-mástól 100 mm távolságban levő alátámasztások között **középen terhelik** (0,45 vagy 1,82 MPa nyomással) és azt mérik, hogy **milyen hőmérsékleten éri el a behajlás a 0,25 mm** (vagy egyéb, a szabványban rögzített) **értéket**. A HDT vizsgálatban a termosztáló folyadék fűtési sebessége 120 °C/h, és szobahőmérséklettől indul.

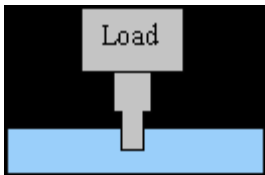
Terhelés alatti behajlás hőmérséklete (HDT)



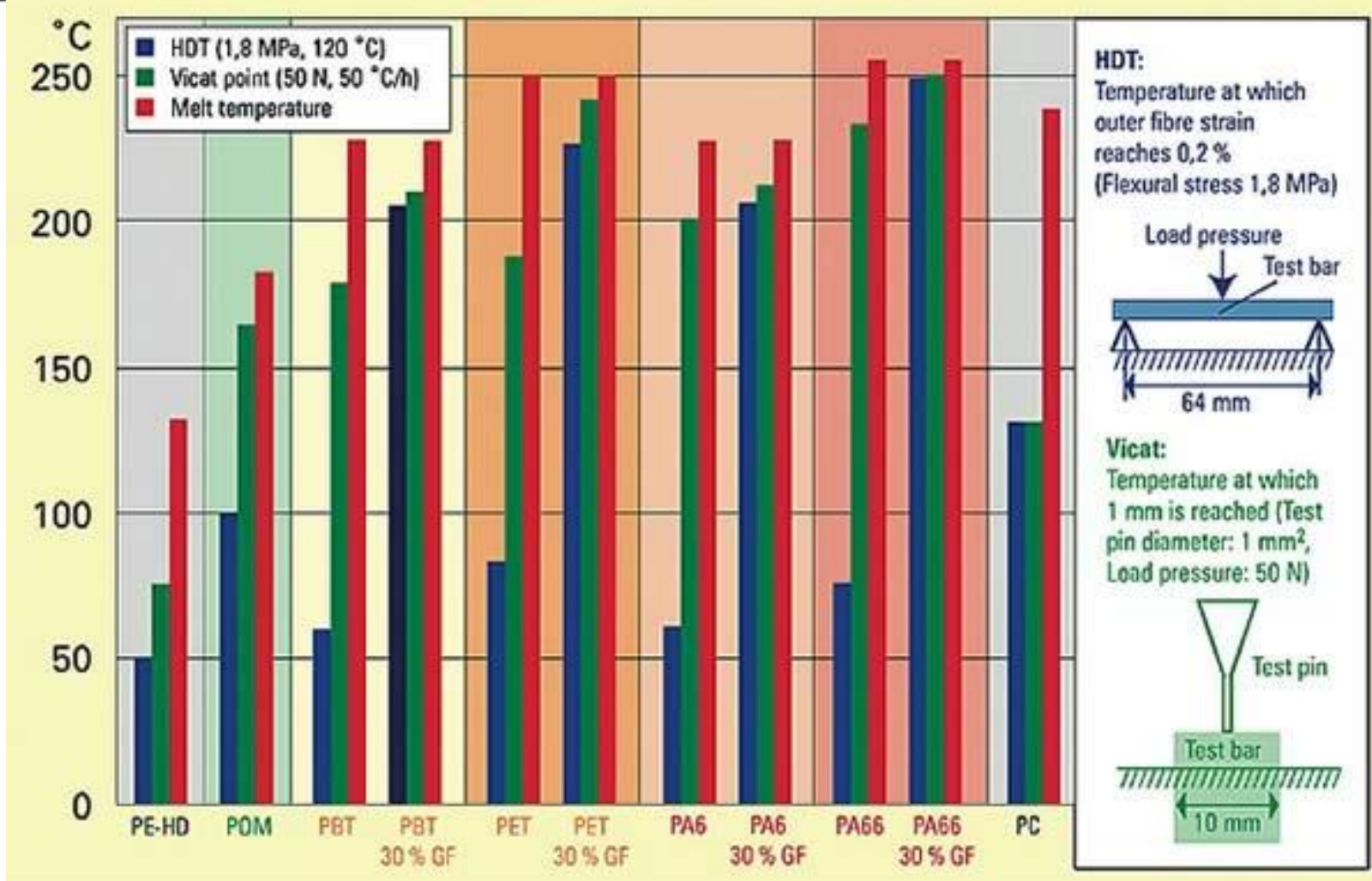
Néhány műanyag olvadáspontja és HDT értéke különböző terhelés mellett

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	-

- **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.

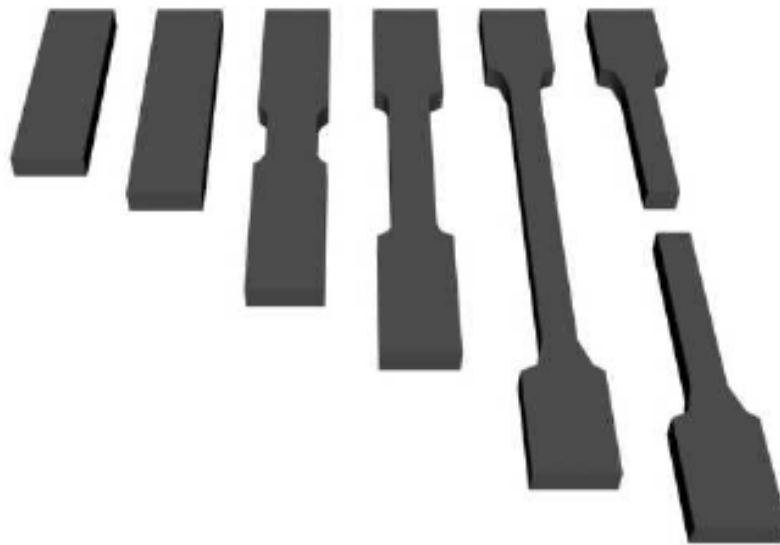


Eljárás	Terhelés(N)	Fűtési seb. (°C/hr)
A50	10	50
B50	50	50
A120	10	120
B120	50	120



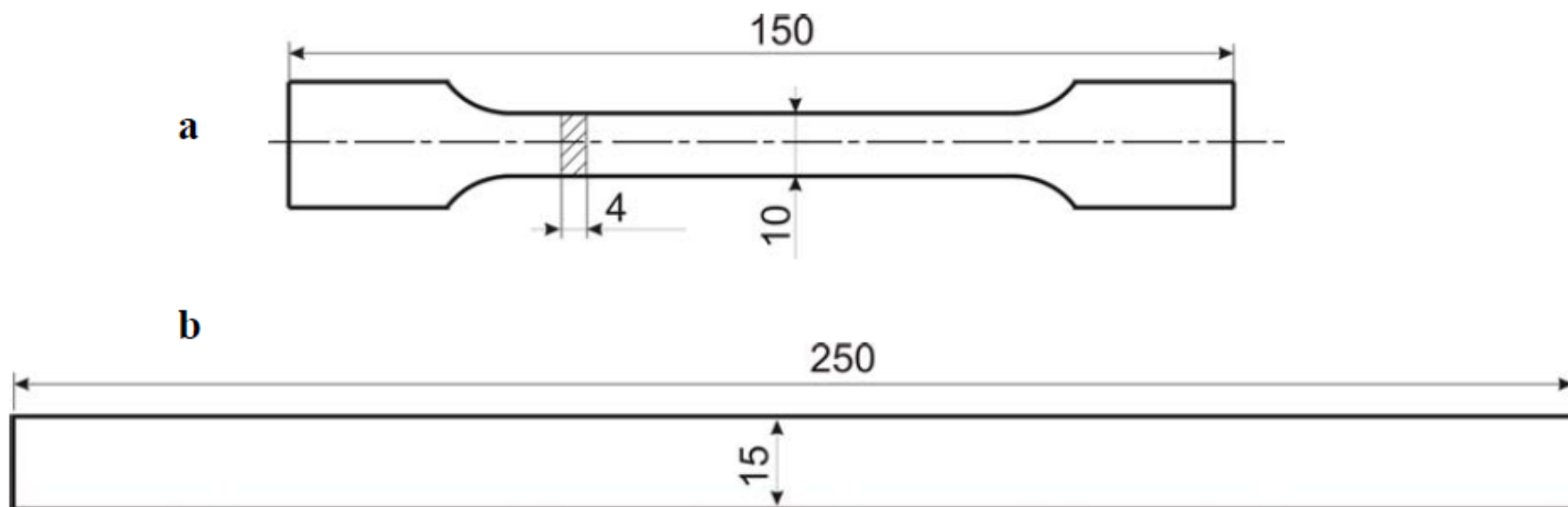
- Vicat lágyulási pont és a HDT nő az olvadási hőmérséklettel, de függ az adott anyag tulajdonságaitól. Pl. Az üvegszálak erősítés mindkét jellemzőt jelentősen megnöveli.

- Különböző mechanizmus
- Amorf: molekulakötegek elcsúszása.
- Kristályos: a szerkezet átalakulása.
- Kémiai szerkezet és hőmérséklet hatása.



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

1. próbatest alakja és méretei

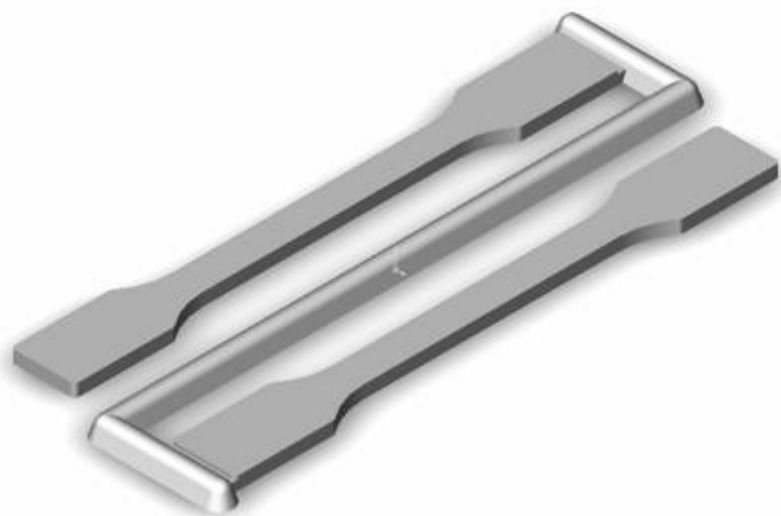


1. ábra Próbatest típusok: (a) hőre lágyuló polimer anyaghoz, (b) kompozit szakító próbatest

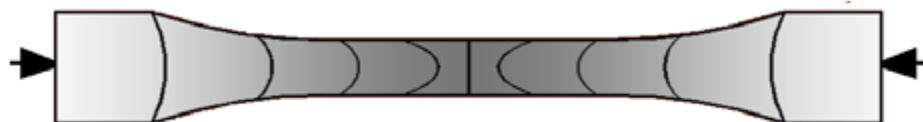
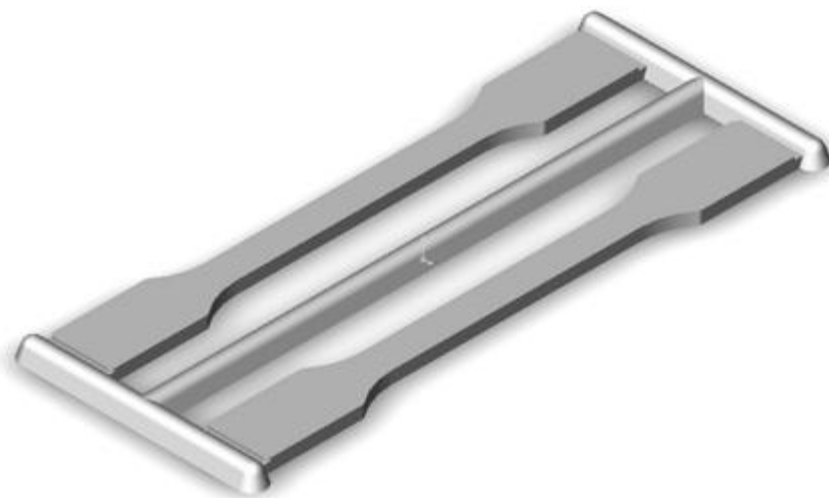


2. próbatestek gyártása

kétfészkes szerszámban előállított
próbatetek



Homogén ömledékáram



Középen ömledékösszezsapási front
(gyengébb kohéziós kapcsolat)



Szakító diagram



I. Lineárisan rugalmas szakasz

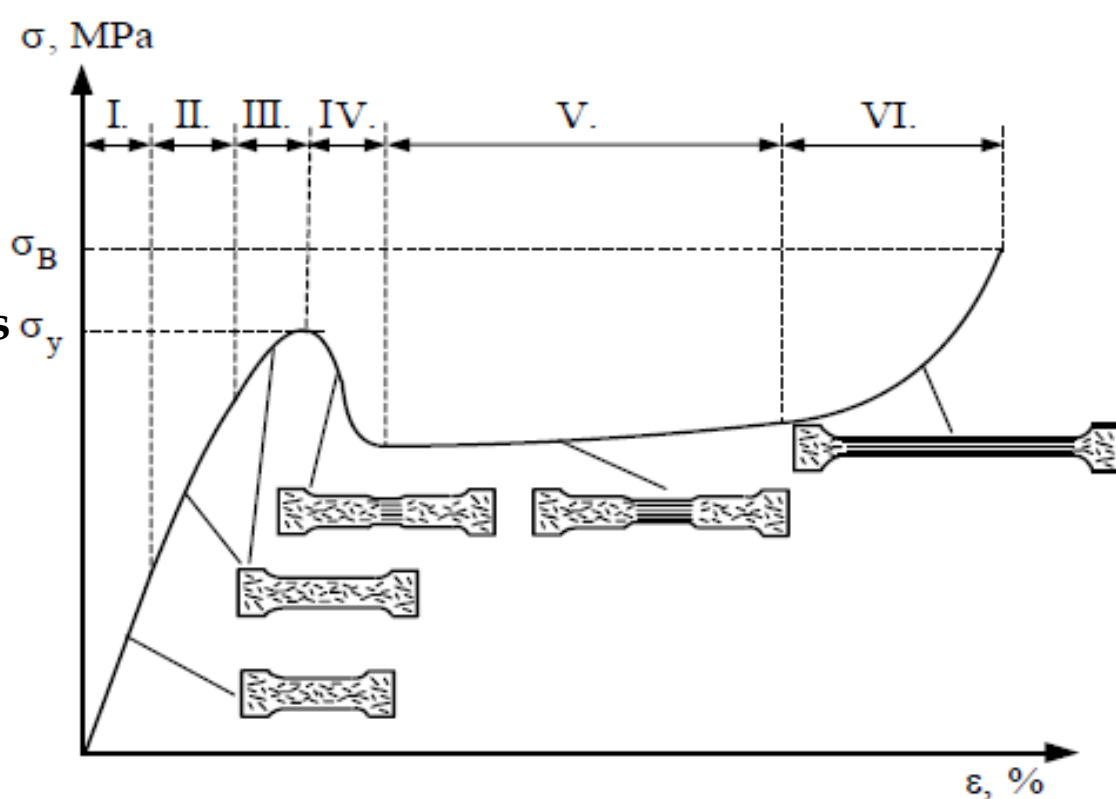
II. Lineárisan viszkoelasztikus

III. Nemlineárisan viszkoelasztikus szakasz;

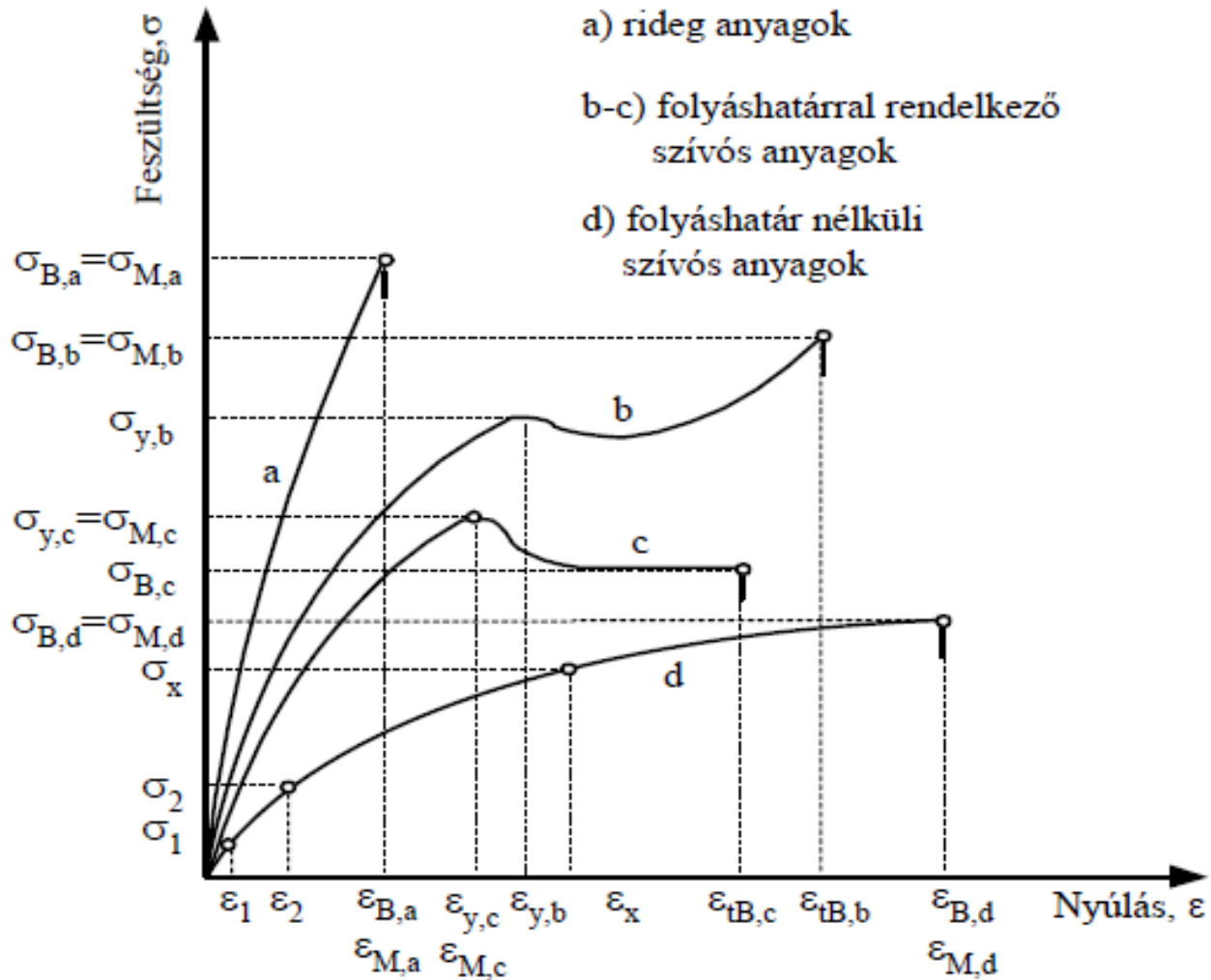
IV. Nyakképződés (v. kontrakció) ;
Folyás

V. Állandósult folyás szakasza

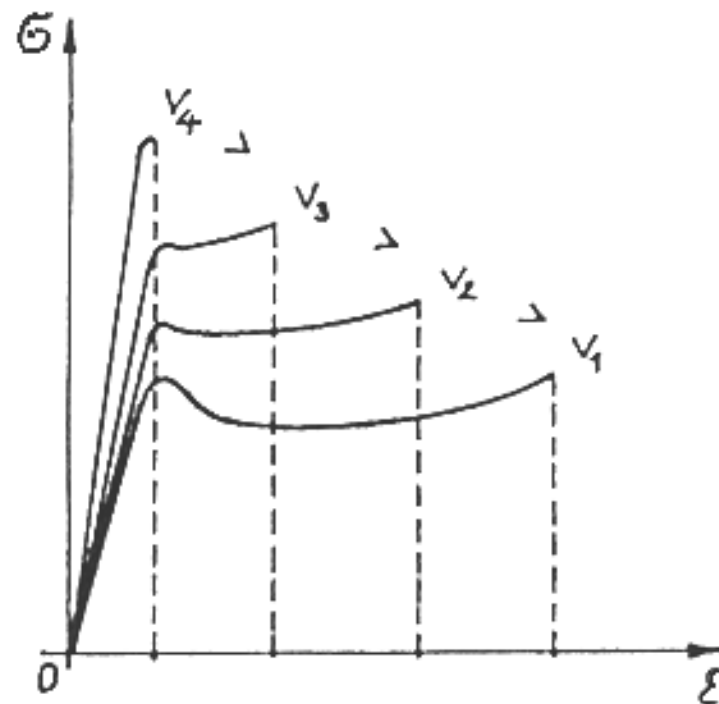
VI. Felkeményedés



Tipikus szakítógörbék

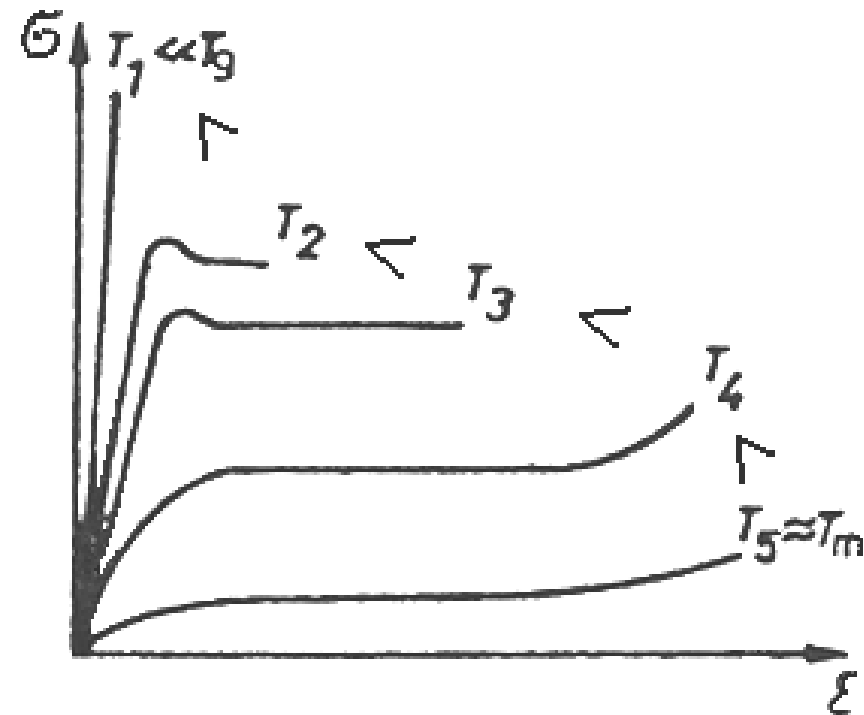


- Nagyobb szakítási sebesség – merevebb viselkedés, nagyobb szilárdsági értékek.
- Nyúlás értéke alár több 100%-os is lehet
- Szakítási sebesség fémek, kompozitok esetén 1mm/perc, polimereknél 20-50, vagy nagyobb mm/perc

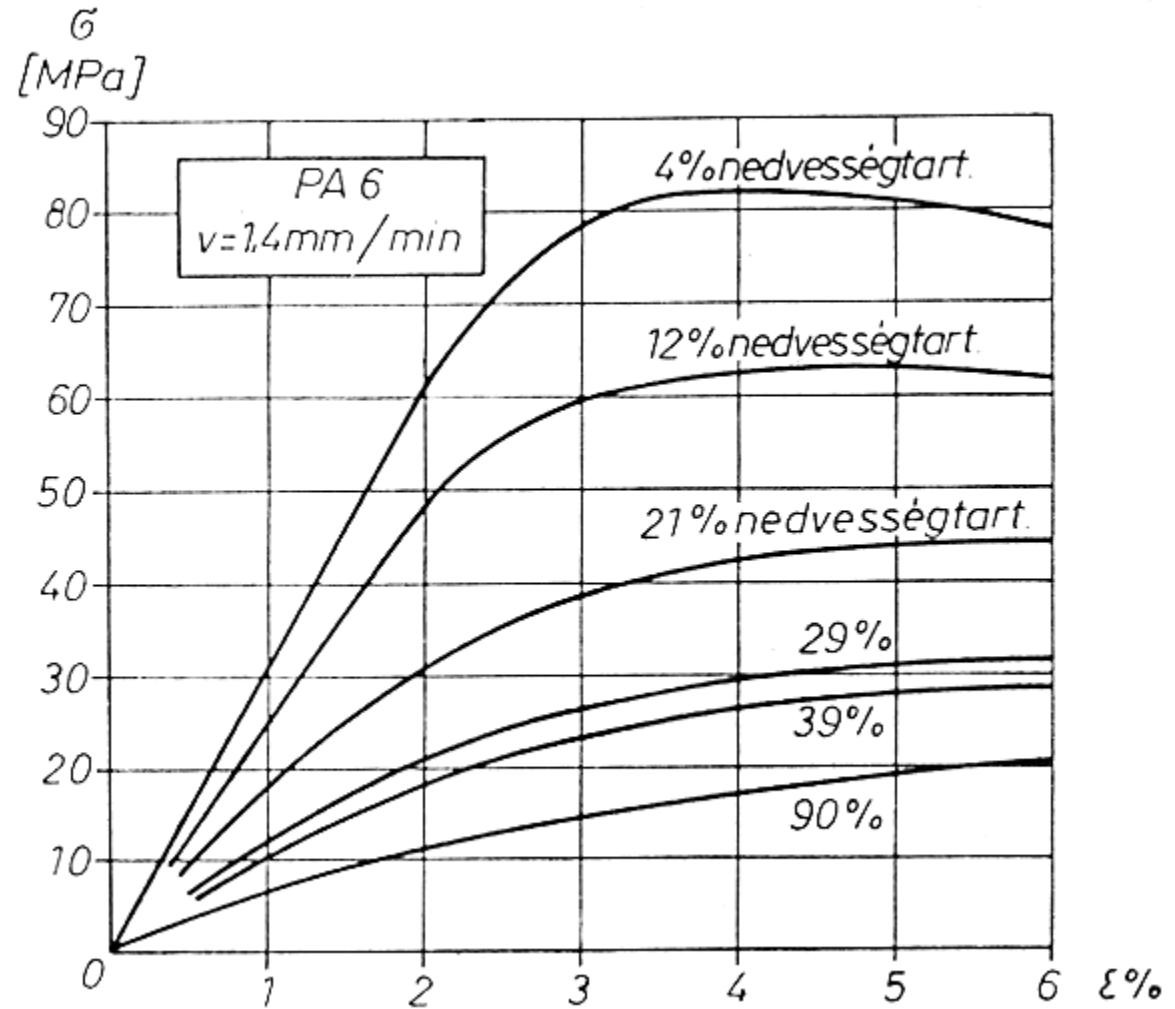


Vizsgálati hőmérséklet:

- 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



- lágító hatás, csökkenti a rugalmassági modulust, szilárdságot, növeli a szakadási nyúlást (pl. PA6)



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;

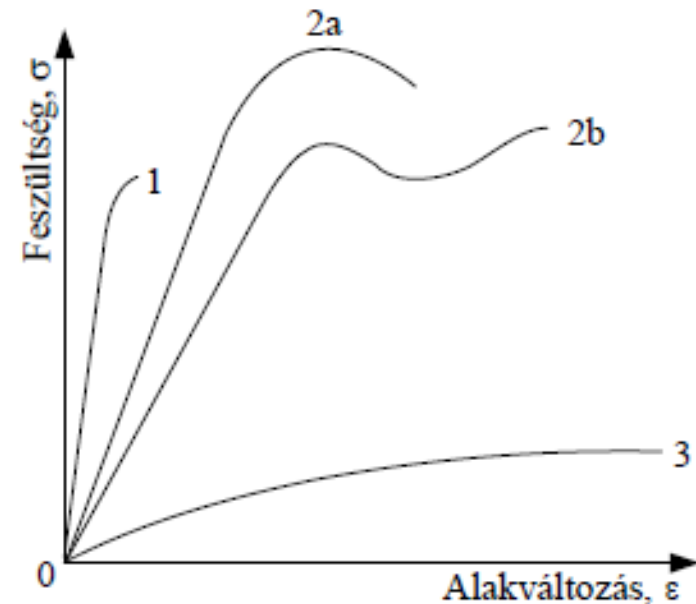
különbéle hőre lágyuló amorf és részben kristályos polimerek

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

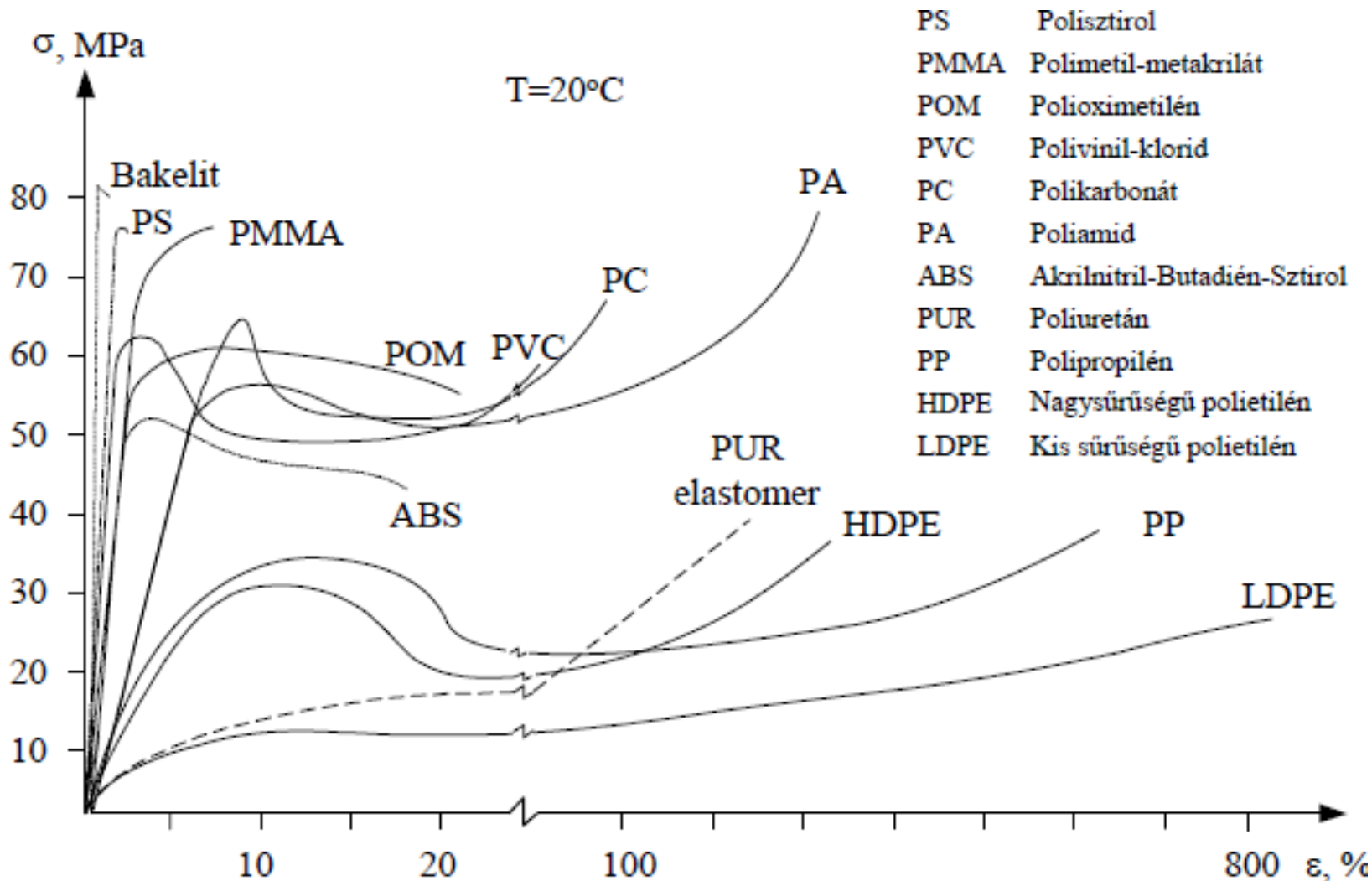
2b) alakítás közben keményedő,(pl. nylon)

3-lágy, rugalmas

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



Műszaki- és tömeg-műanyagok jellegzetes szakítódíagramja szobahőmérsékleten



- erő-nyúlás (F - Δl) görbét rögzítünk, ez átparaméterezhető σ - ε diagrammá

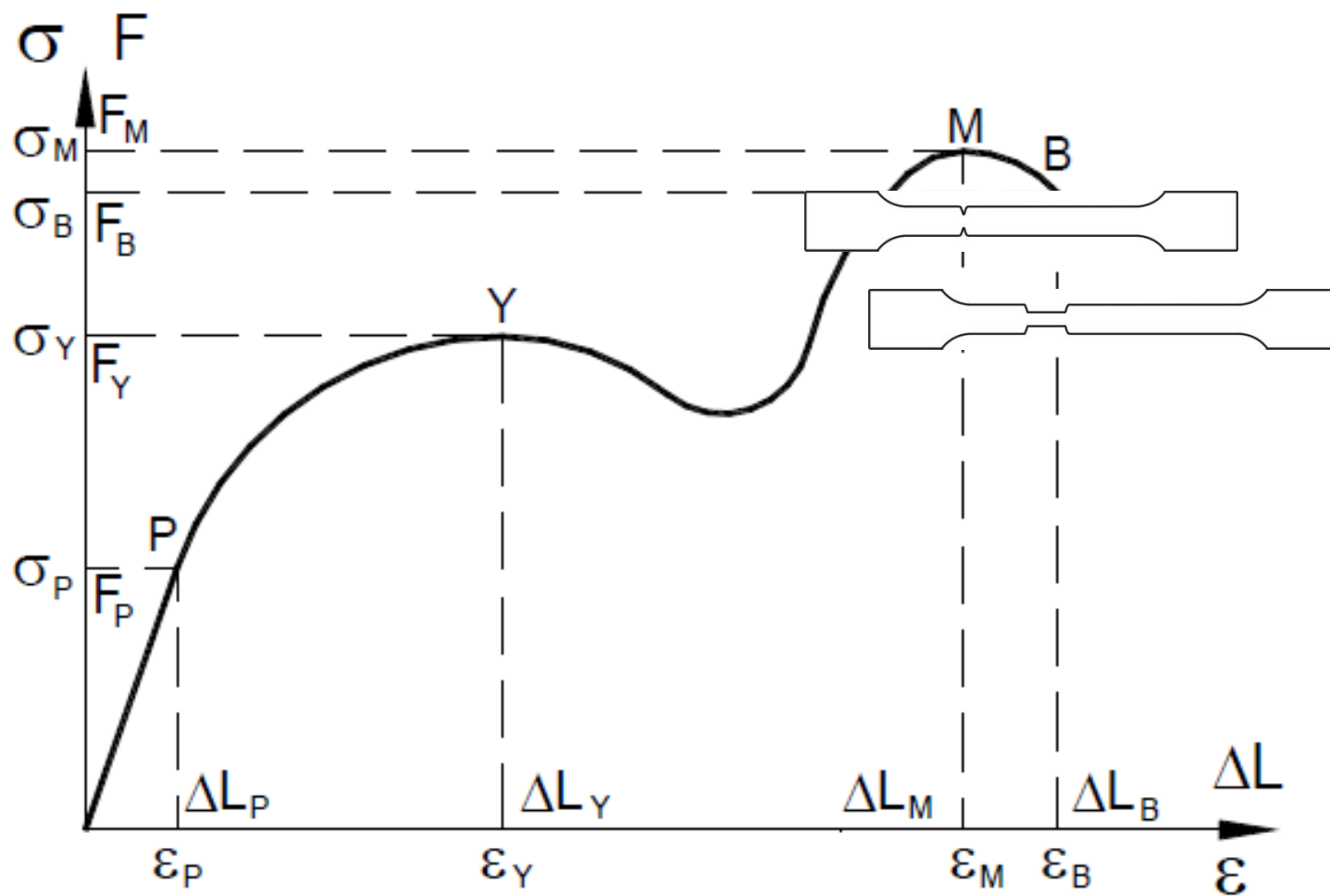
MÉRNÖKI
FESZÜLTSG

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ [MPa]},$$

RELATÍV
NYÚLÁS

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} \cdot 100 \text{ [%]}.$$

Általános szakító diagram



- 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.



σM 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.



σ_B szakító szilárdság:



- a szakadáskor mért erő és a kezdeti keresztmetszet hányadosa

- Nyúlás a maximális erőnél (ε_M):

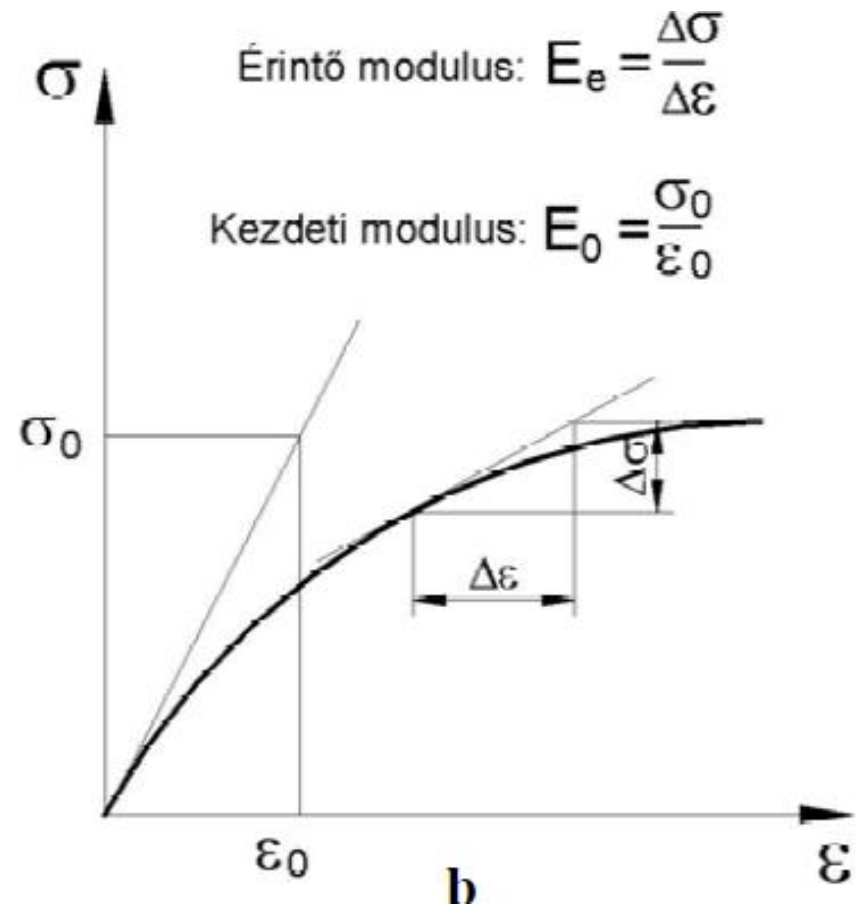
$$\varepsilon_M = \frac{L_M - L_0}{L_0} \cdot 100 \text{ [%]}$$

- Szakadási nyúlás (ε_B)

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

kezdeti rugalmassági modulus(E_0)

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

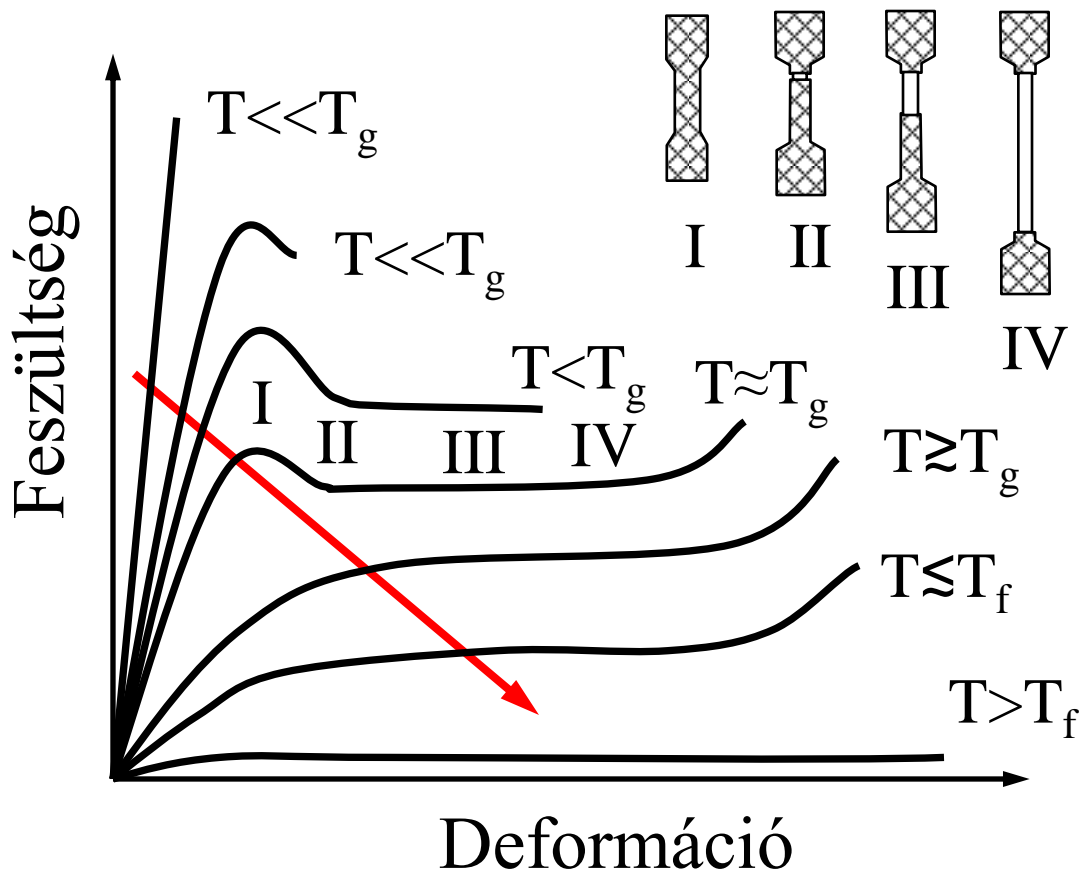


Eltérések a fémek és a műanyagok között (kényszerelasztikus deformáció)

Amorf

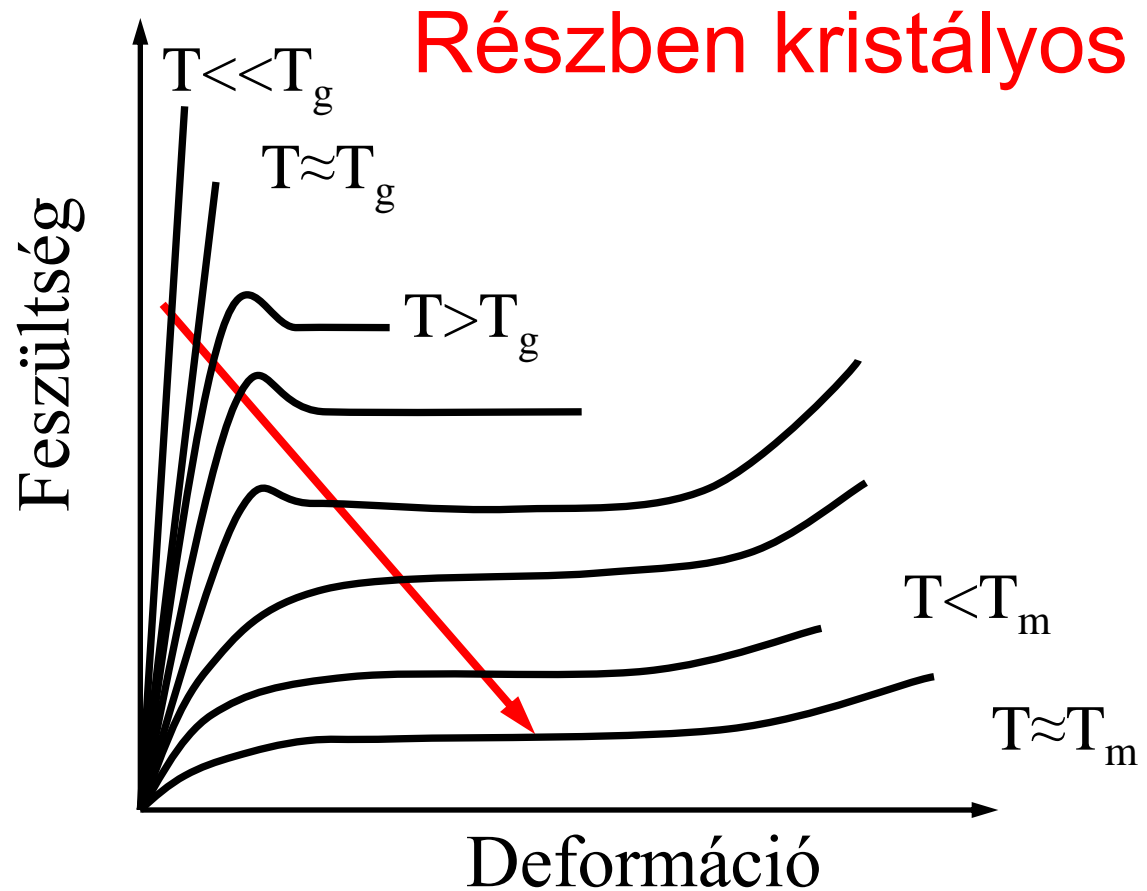
A meghatározott értékeket befolyásolja

- a hőmérséklet

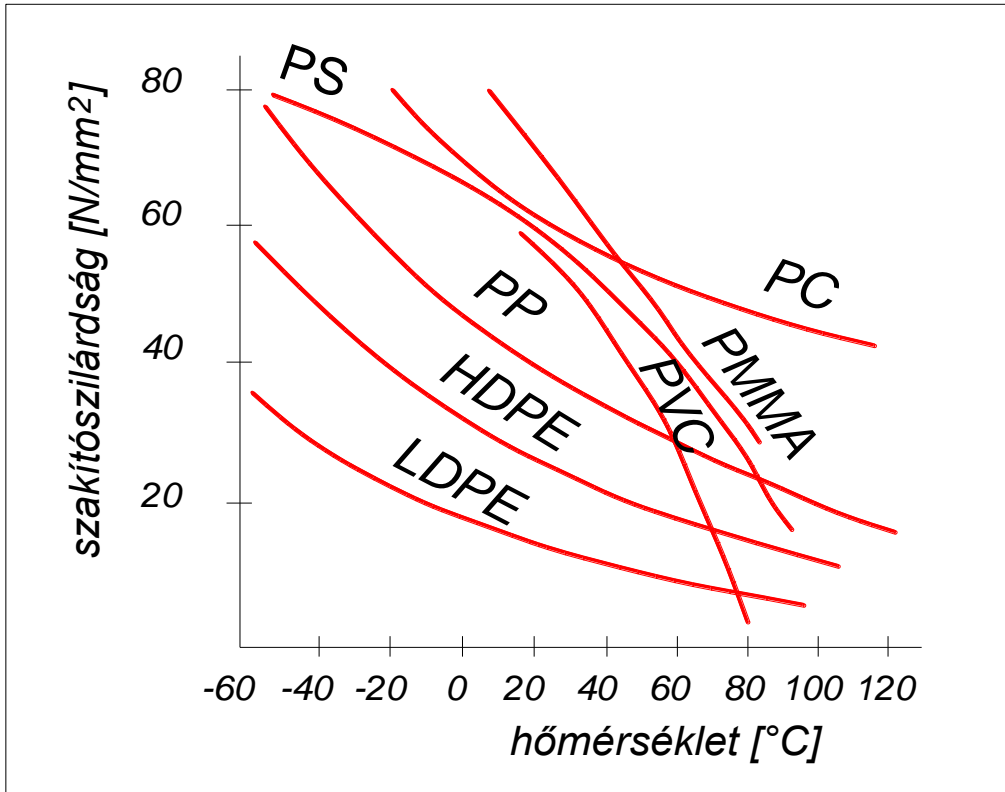


Eltérések a fémek és a műanyagok között (kényszerelasztikus deformáció)

- A meghatározott értékeket befolyásolja
- a hőmérséklet



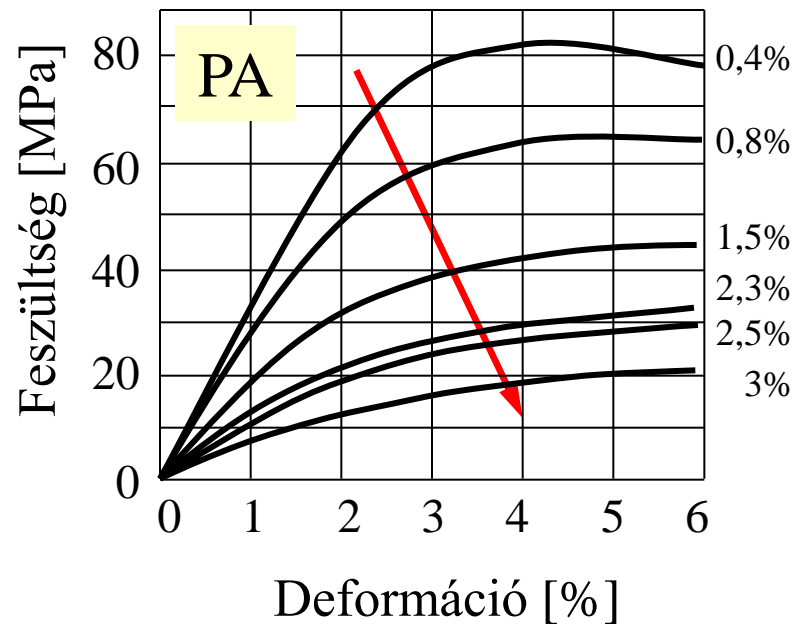
Műanyagok szakítószilárdsága a hőmérséklet függvényében

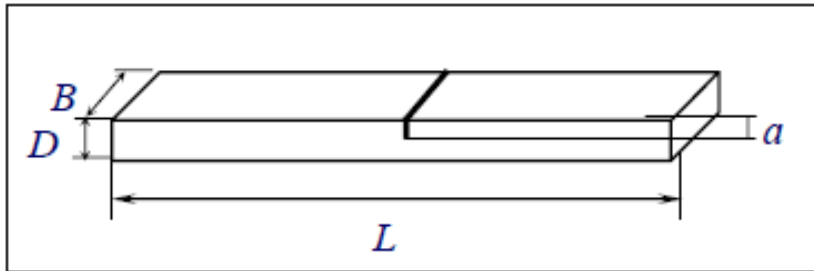


T max.100°C: PVC,PE,PP,PS,POM,
T= 100-150 °C:PC, PF, PUR, PA
T>200°C PTFE, PI

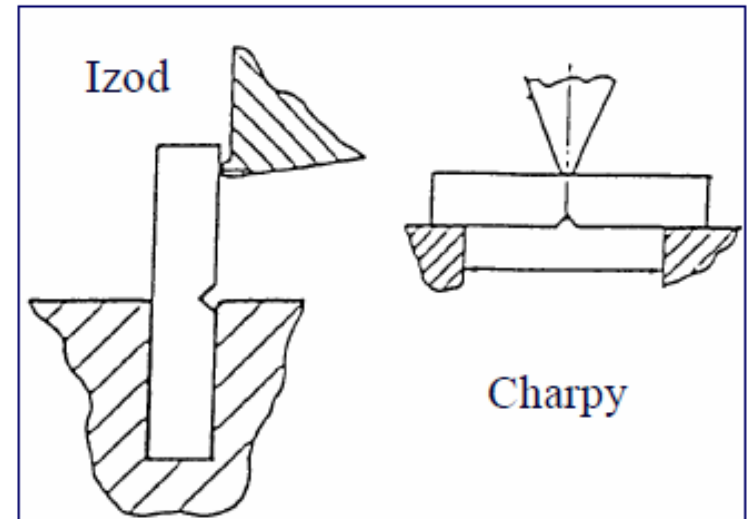
A meghatározott értékeket befolyásolja:

- a nedvességtartalom





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

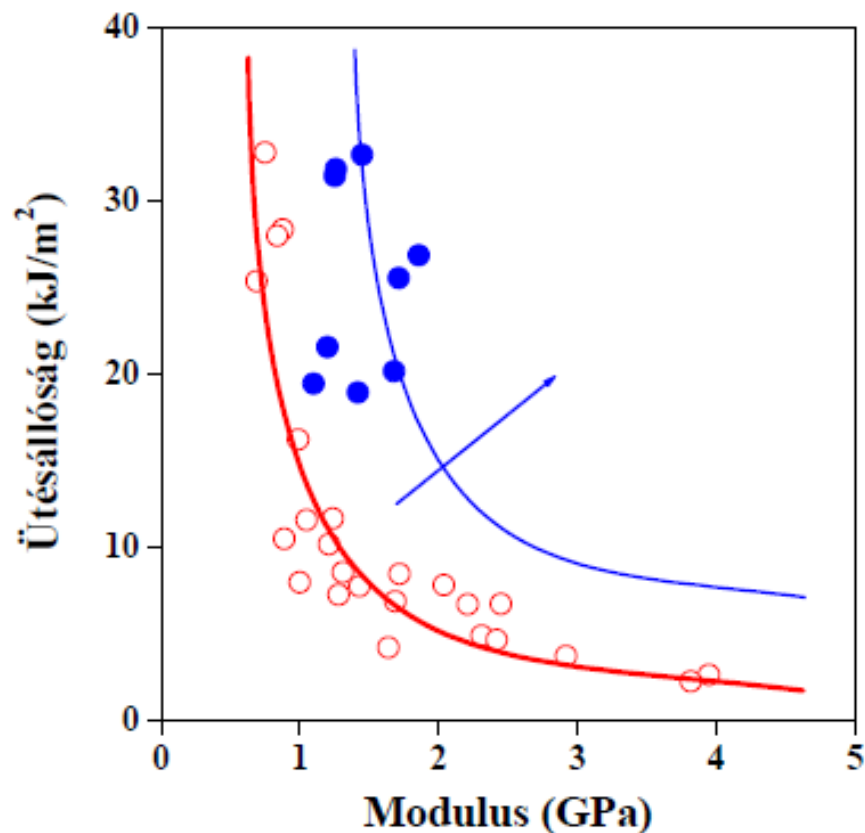


- Szakítógörbe alatti terület
- rideg anyagoknál kisebb, szívós anyagoknál nagyobb
- A törési munka és a rugalmassági modulus egymással fordítottan arányos.
- tervezésnél kompromisszumot kell kötni, és az adott szerkezetre optimalizálva kell megválasztani az adott mechanikai tulajdonságokkal rendelkező anyagot



Törés, ütésállóság

Gyakorlati szempontok, fejlesztés



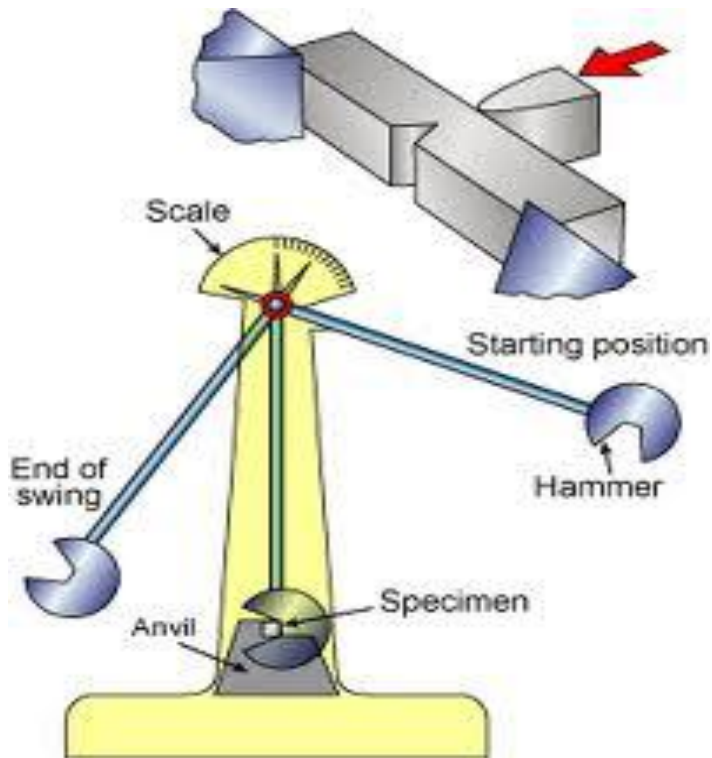
Ellentétes szempontok, optimalizálás - szerkezet



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.

Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat

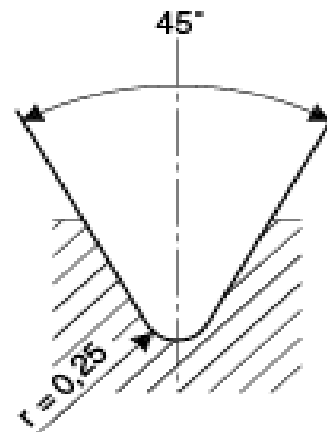


A szabványos próbatest mérete:

80x10x4

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

Az alátámasztási távolság: $L=62$ mm



Az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

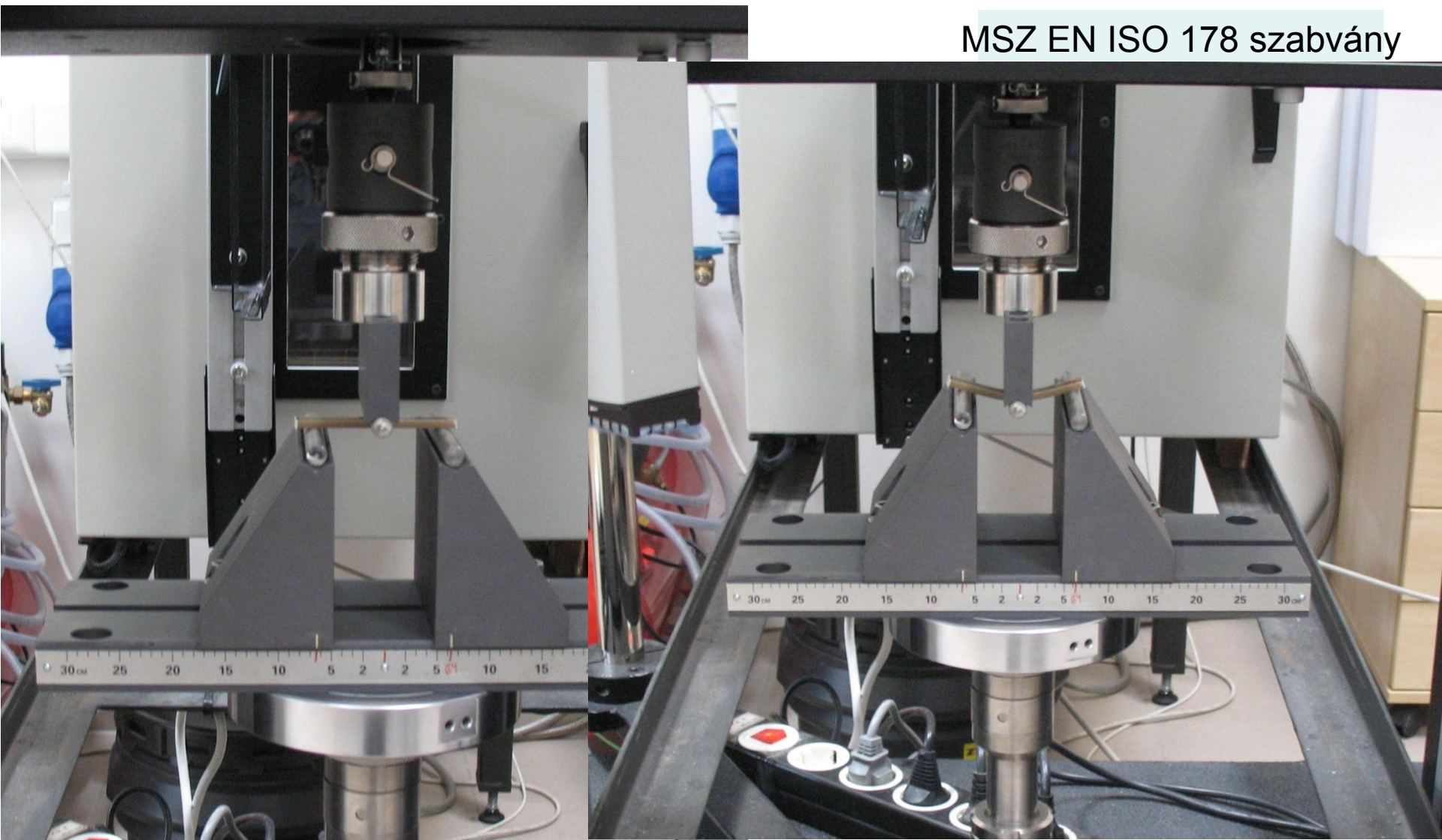
$$a_c = \frac{E_c}{h \cdot b_N} \cdot 10^3 \text{ [kJ/m}^2\text{]}$$

h a próbatest vastagsága,

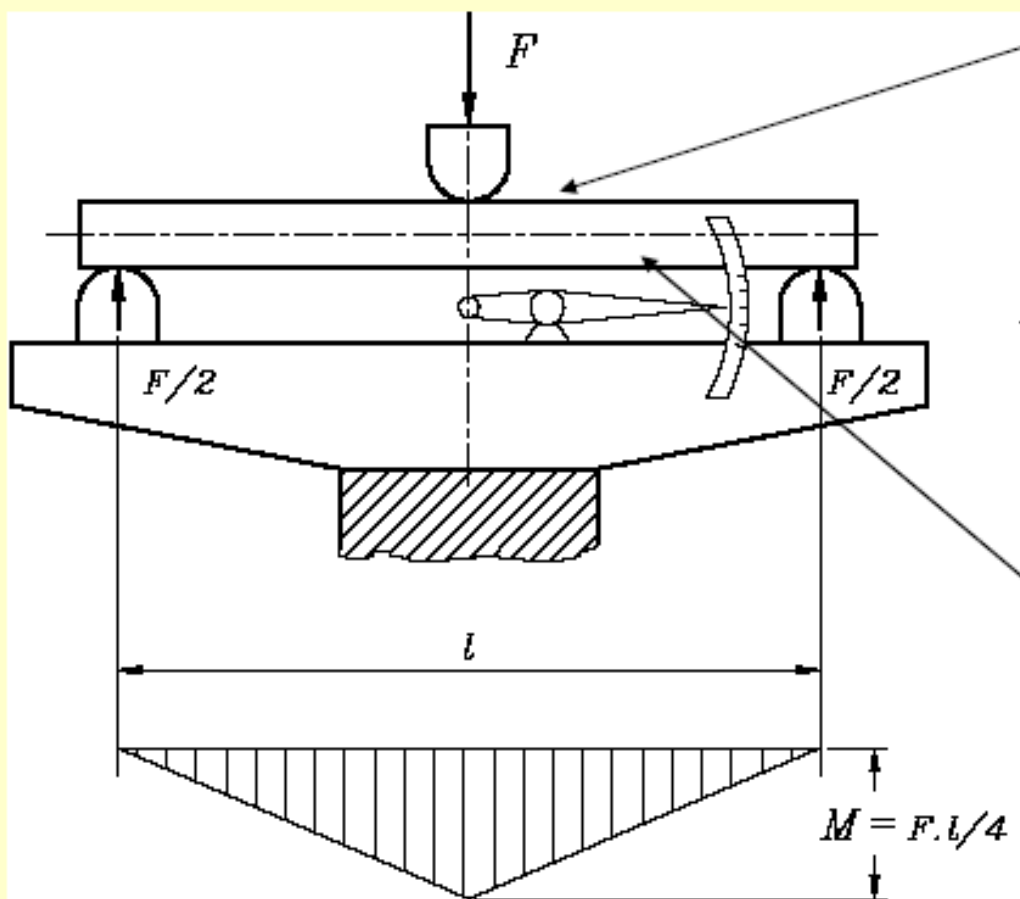
b_N a bemetszésnél mért szélesség.

Hárompontos hajlító vizsgálat

MSZ EN ISO 178 szabvány



Hárompontos hajlító vizsgálat

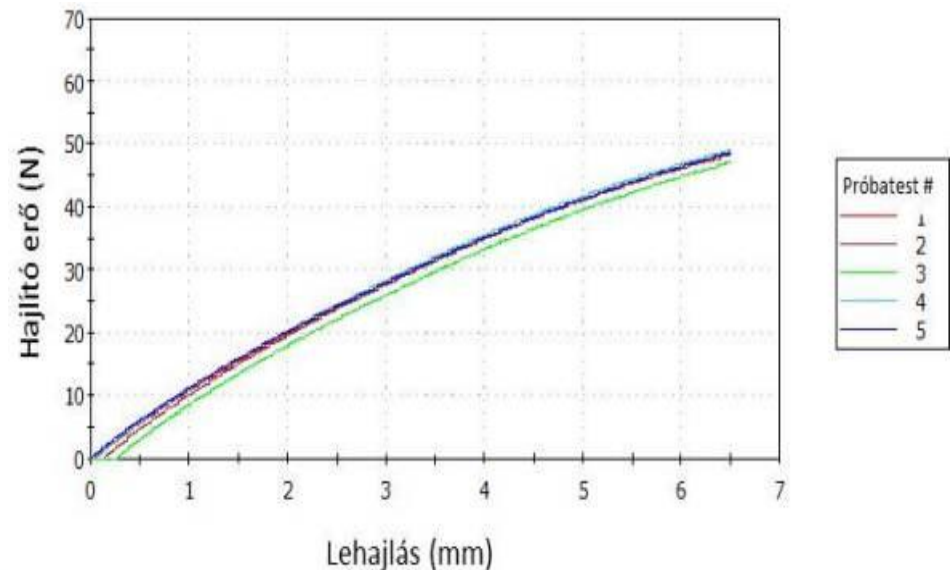


Nyomott oldal

Húzott oldal

Hárompontos hajlító vizsgálat

- 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.





Hárompontos hajlító vizsgálat

MSZ EN ISO 178 szabvány

Határhajlító feszültség

4 mm vastag próbatest esetén 6 mm lehajlásnál, ha nem törik, alátámasztási távolság 64 mm, a hajlítás sebessége pl. 2 mm/perc.

Rugalmassági modulus

0,05 % és 0,25 % relatív elmozdulás (lehajlás) értékekhez tartozó görbepontokon átmenő egyenes meredeksége:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad [MPa]$$

A meghatározás az alábbi képlet alapján történik:

$$\sigma [MPa] = \frac{M}{K} = \frac{\frac{F \cdot l}{4}}{\frac{a \cdot b^2}{6}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot l}{a \cdot b^2}$$

Ahol:

M : a maximális hajlító nyomaték

K : a próbatest keresztmetszeti tényezője

F : Terhelő erő maximális értéke, vagy a határlehajlásnál mért

l : alátámasztási távolság

a : a próbatest szélessége

b : a próbatest vastagsága



Széchenyi István Egyetem



Köszönöm a figyelmet!



Dr. Hargitai Hajnalka