

**POLIMERTECHNIKA**  
**NGB\_AJ050\_1**

# **Polimerek vizsgálatai 1.**

DR Hargitai Hajnalka

2011.10.20.

## 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 ( Viskoelaszticitás → időfüggő mechanikai viselkedés)

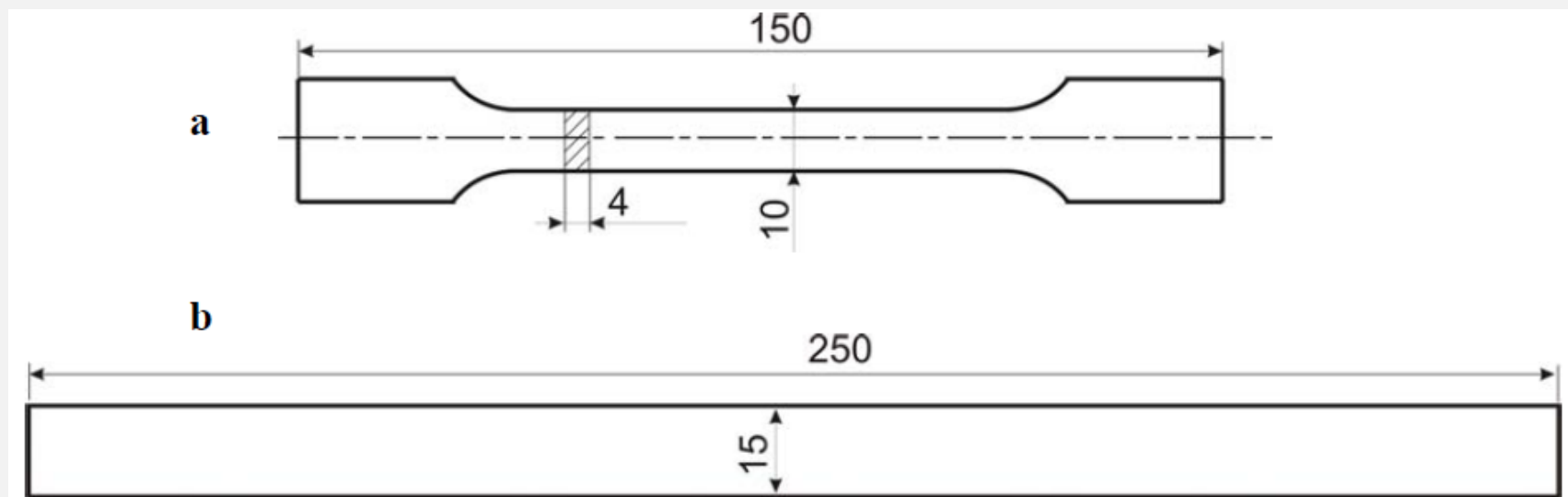
# Kontrakció, nyakképződés



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

# A mechanikai jellemzőket befolyásolja

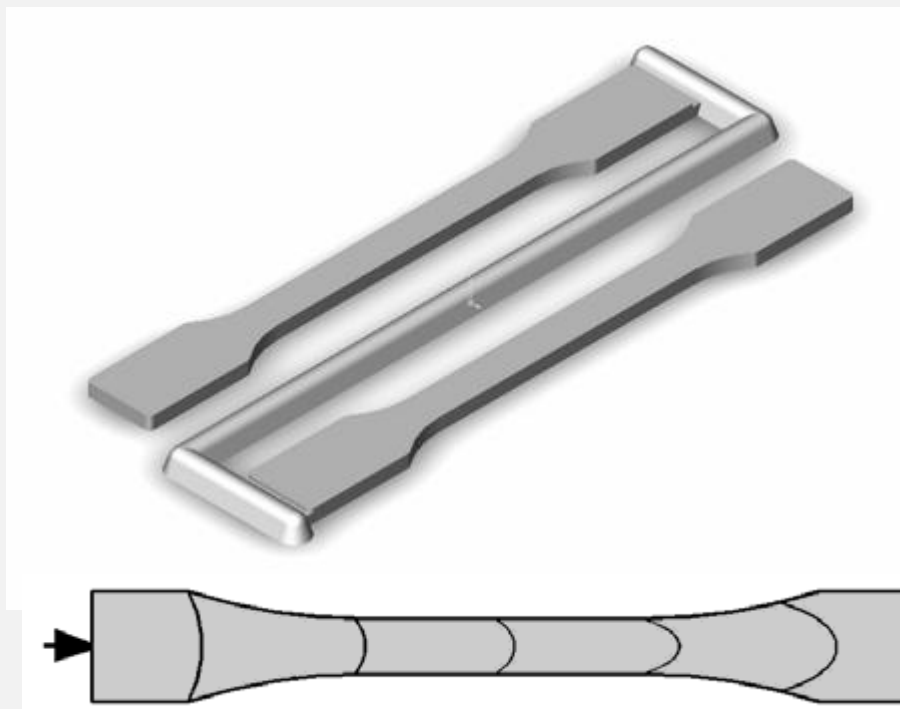
## 1. próbatest alakja és méretei



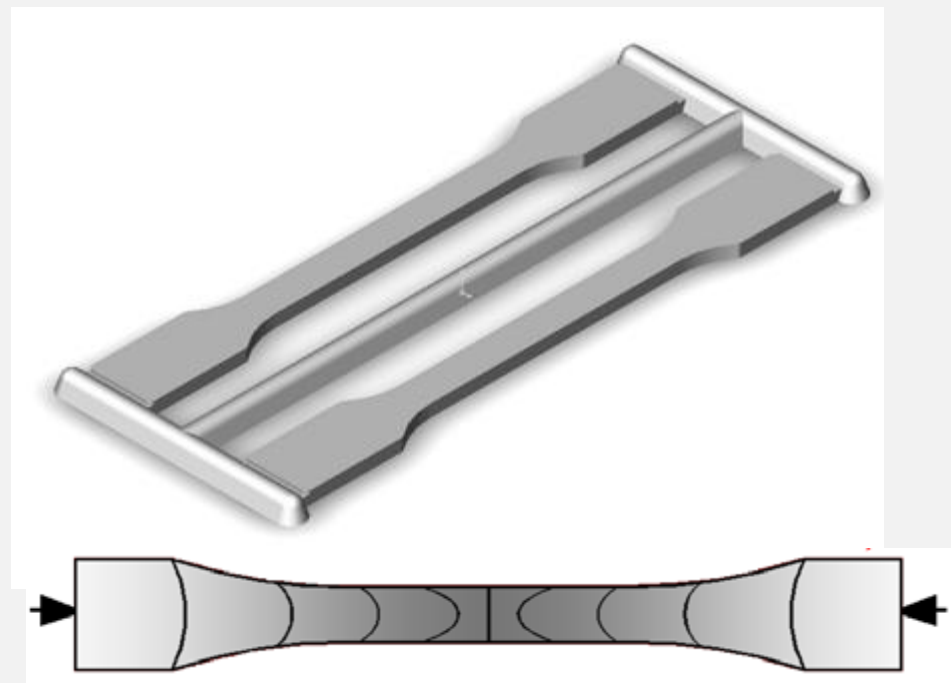
1. ábra Próbatest típusok: (a) hőre lágyuló polimer anyaghoz, (b) kompozit szakító próbatest

## 2. próbatestek gyártása

kétfézeskes szerszámban előállított próbatestek



Homogén ömledékáram



Középen ömledékösszecsapási front  
(gyengébb kohéziós kapcsolat)

**I. Lineárisan rugalmas szakasz**

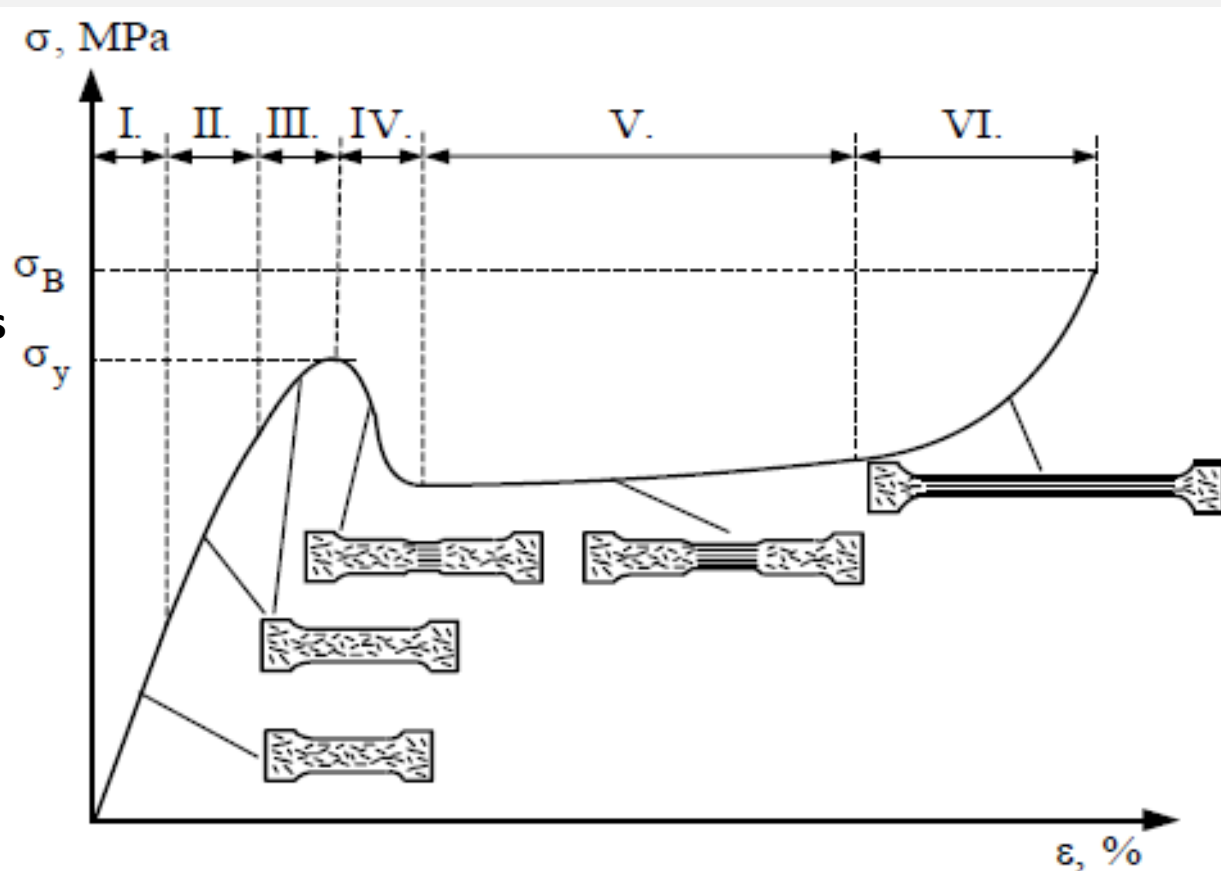
**II. Lineárisan viszkoelasztikus**

**III. Nemlineárisan viszkoelasztikus szakasz;**

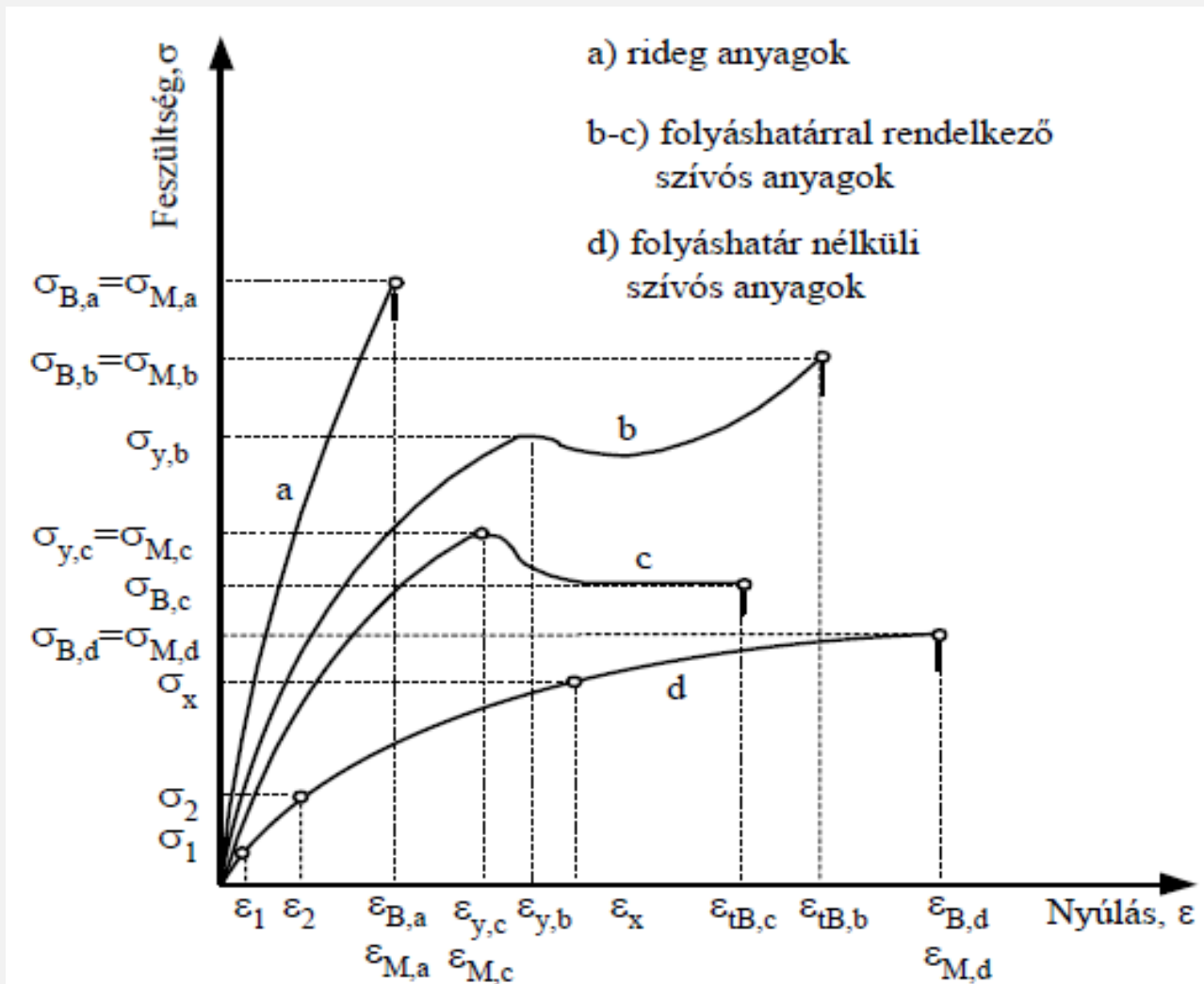
**IV. Nyakképződés (v. kontrakció) ; Folyás**

**V. Állandósult folyás szakasza**

**VI. Felkeményedés**

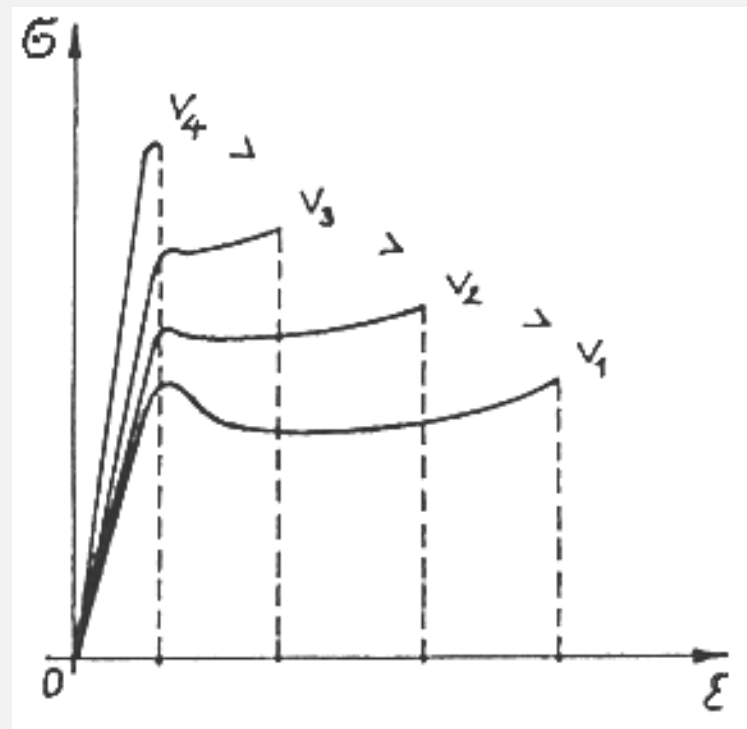


# Tipikus szakítógörbék



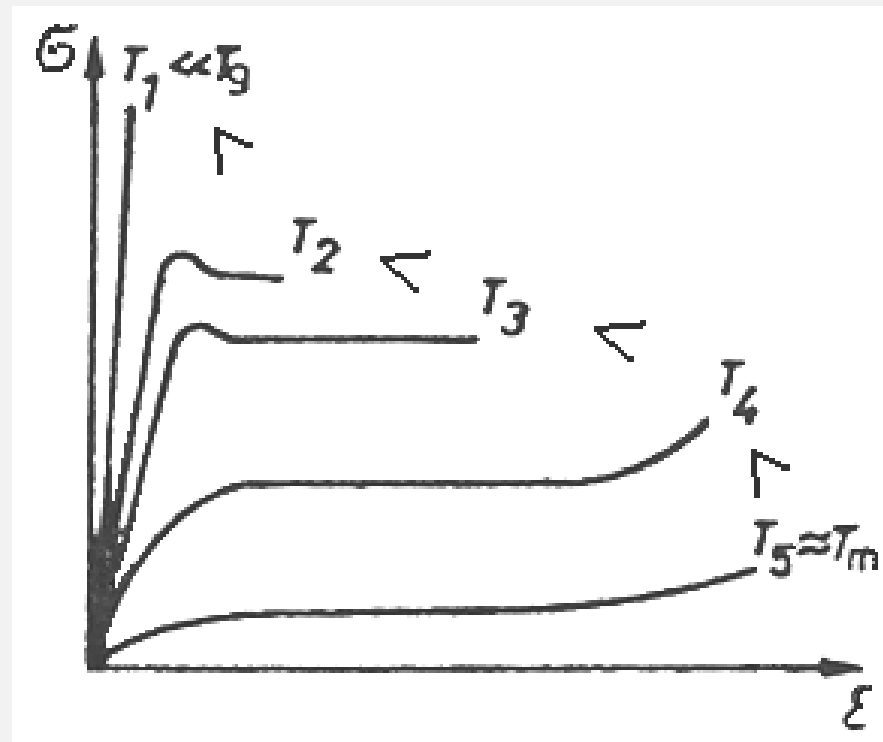


- Nagyobb szakítási sebesség – merevebb viselkedés, nagyobb szilárdsági értékek.
- Nyúlás értéke alár több 100%-os is lehet
- Szakítási sebesség fémek, kompozitok esetén 1mm/perc, polimereknél 20-50, vagy nagyobb mm/perc



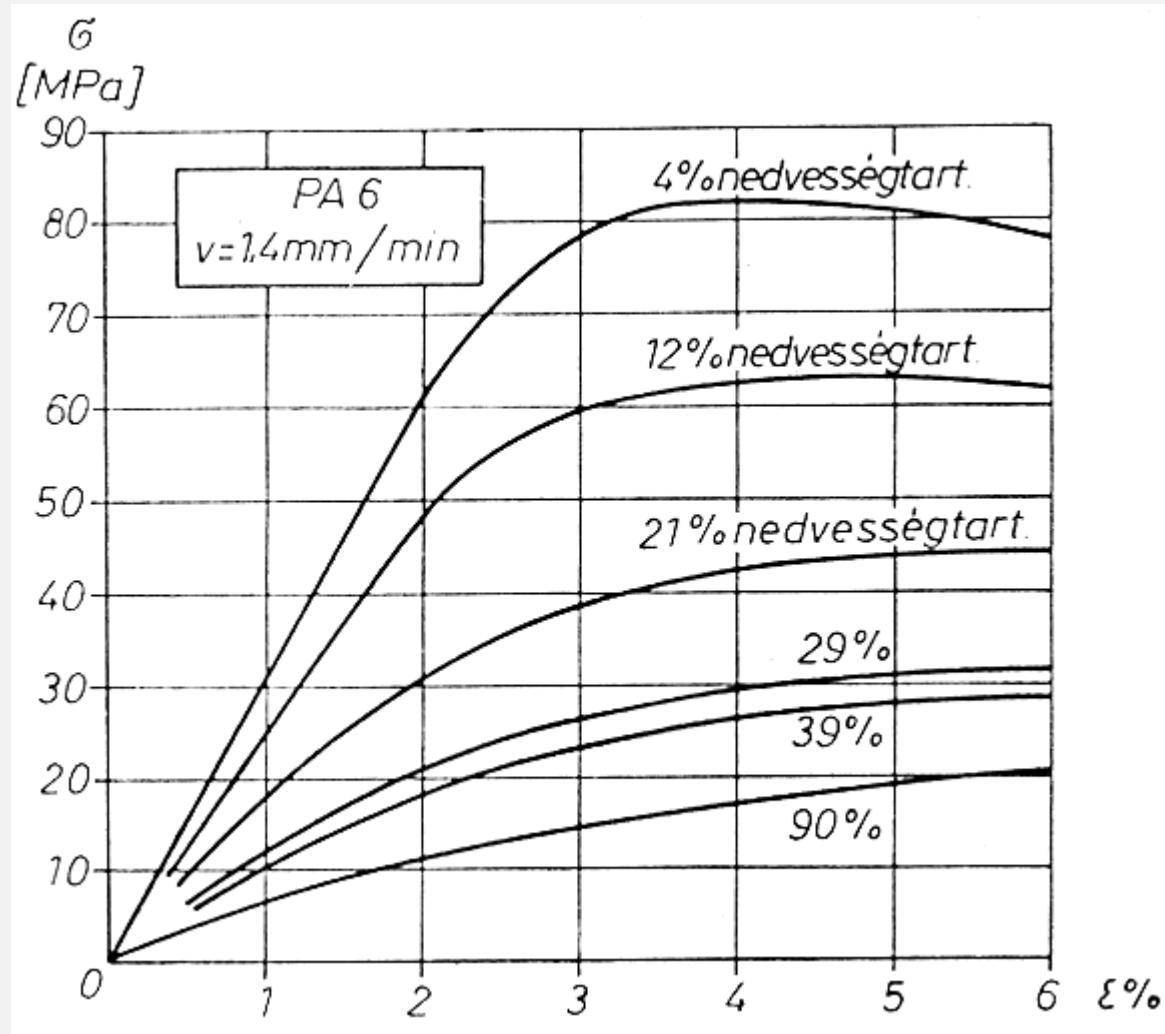
# Vizsgálati hőmérséklet:

- 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



# Nedvesség tartalom:

- 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;

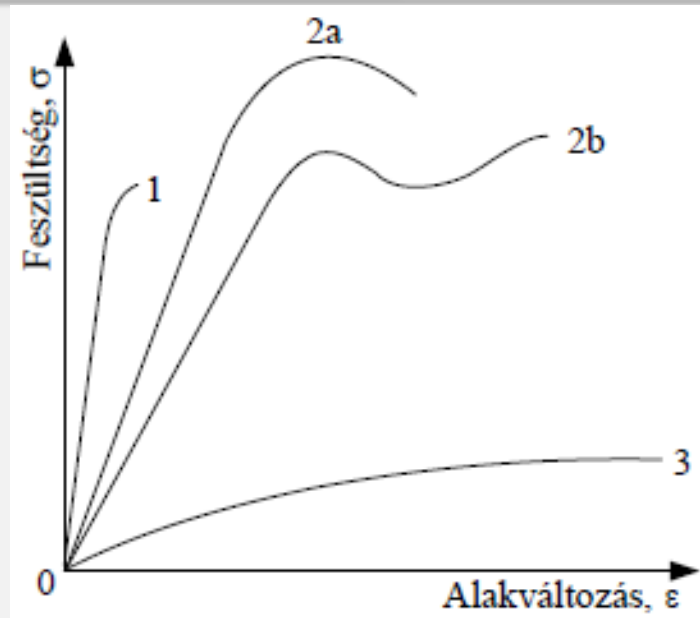
különbéle hőre lágyuló amorf és részben kristályos polimerek

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

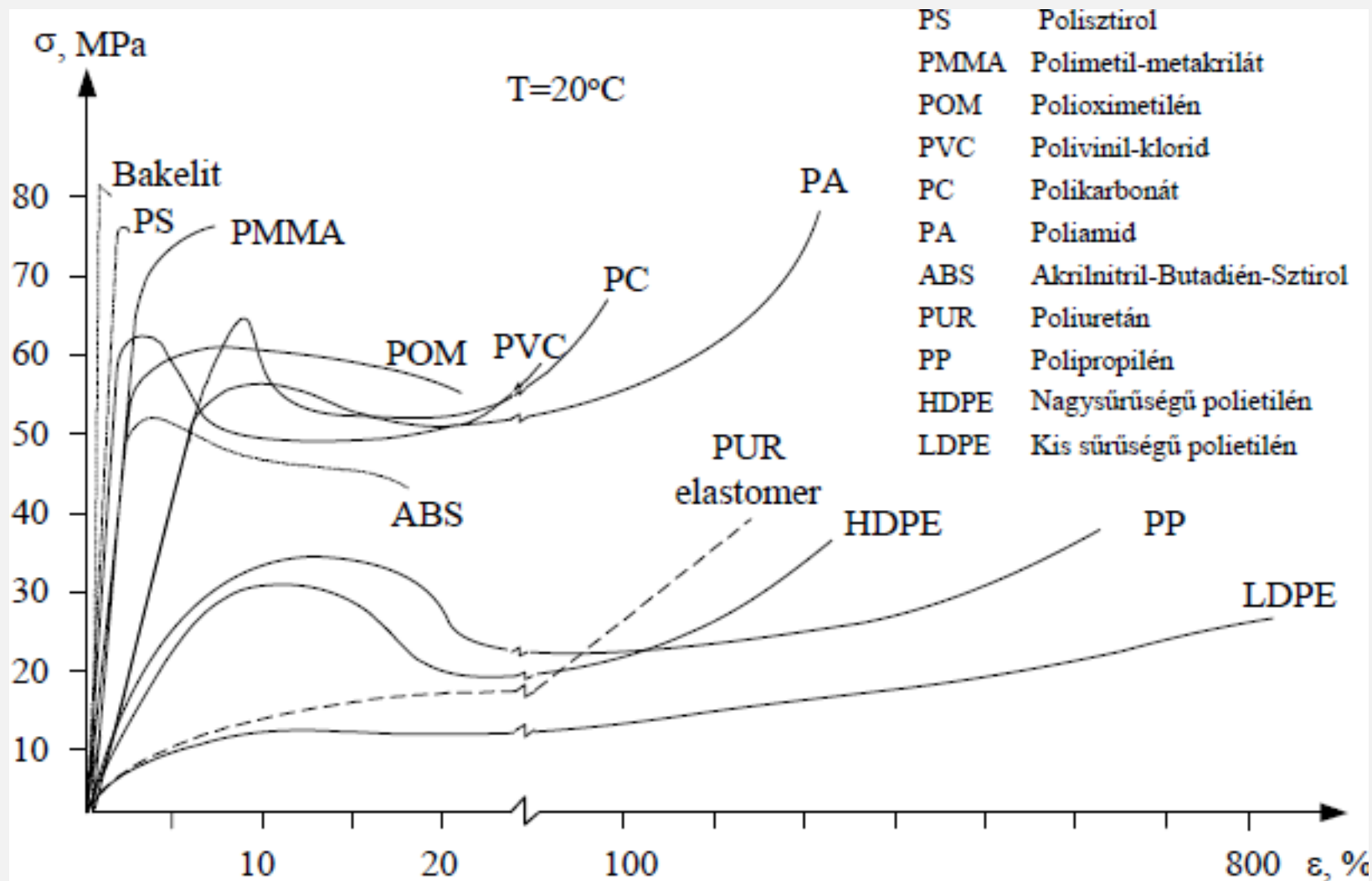
**2b)** alakítás közben keményedő, (pl. nylon)

## 3-lágy, rugalmas

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



# Műszaki- és tömeg-műanyagok jellegzetes szakítódiagramja szobahőmérsékleten



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

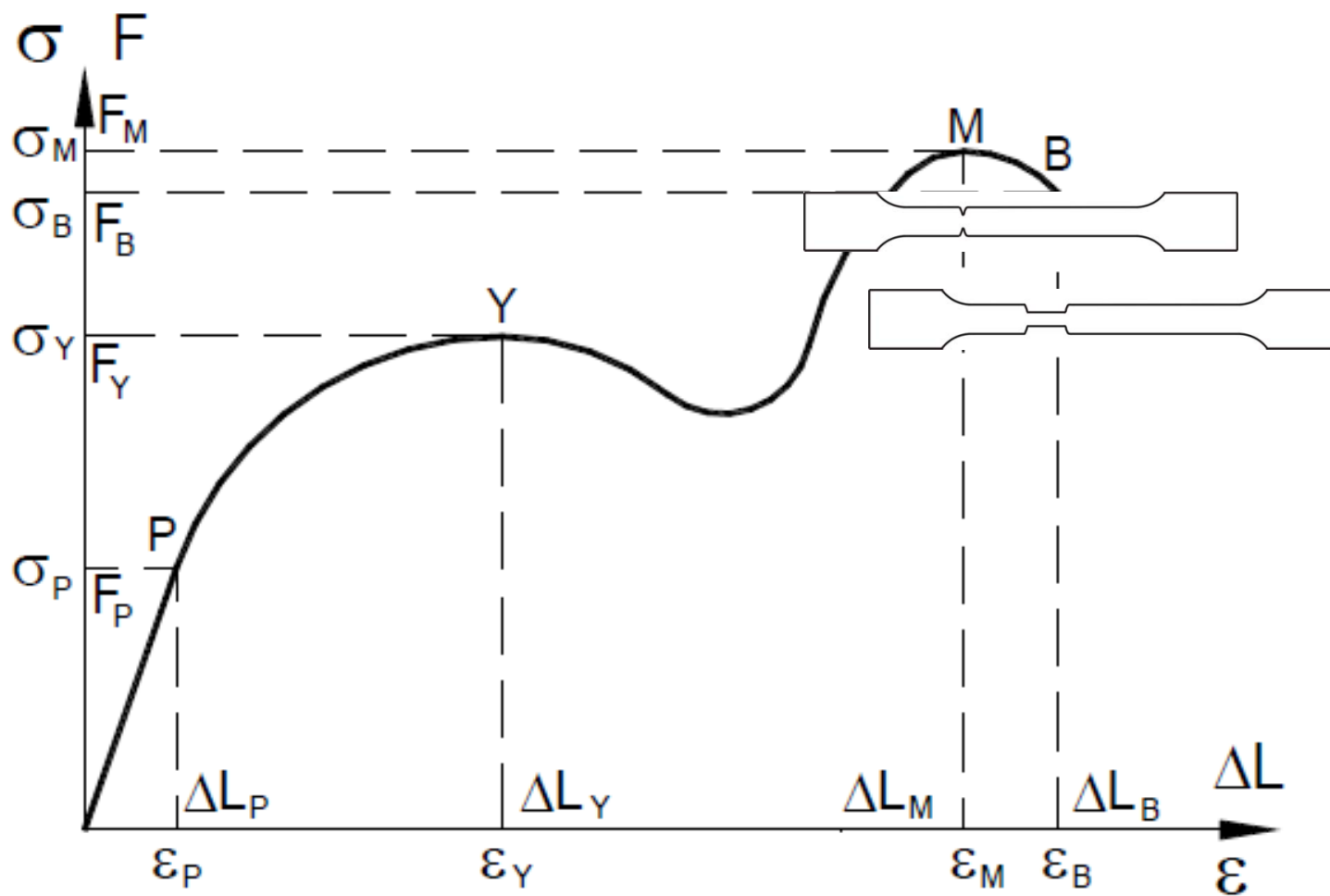
MÉRNÖKI  
FESZÜLTSG

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

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.



# $\sigma_M$ 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.

# $\sigma_B$ szakító szilárdság:

- a szakadáskor mért erő és a kezdeti keresztmetszet hányadosa

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

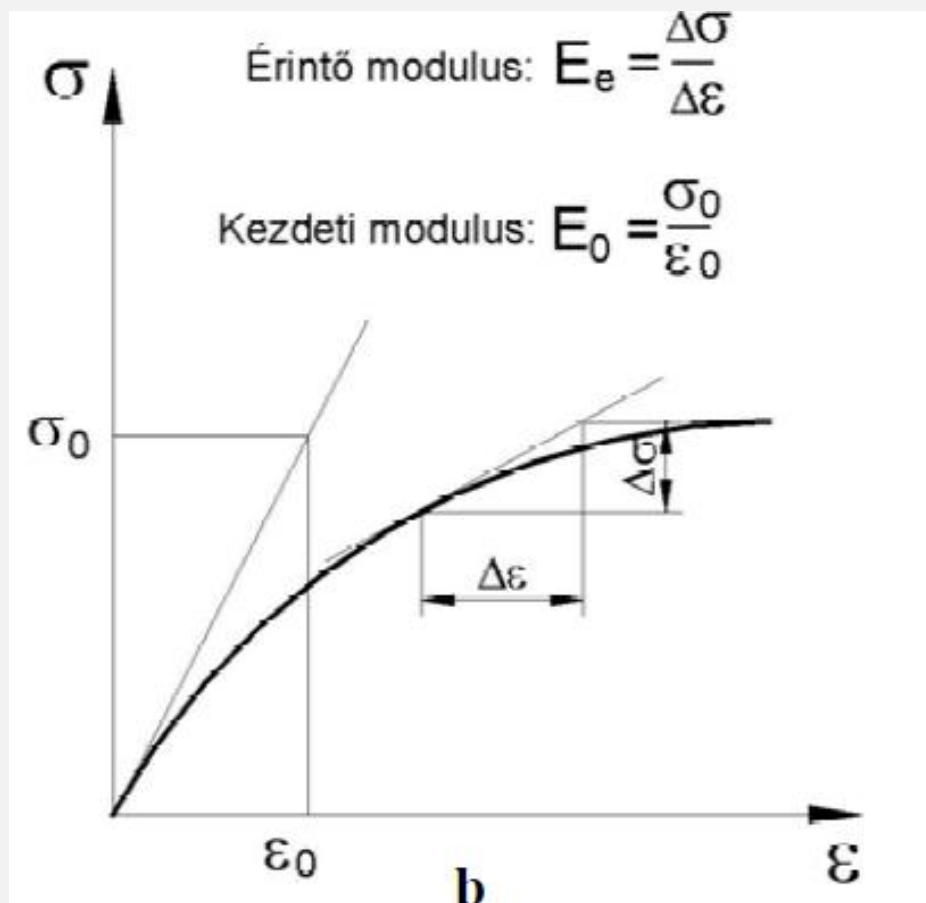
$$\varepsilon_M = \frac{L_M - L_0}{L_0} \cdot 100 \text{ [%]}$$

- **Szakadási nyúlás ( $\varepsilon_B$ )**

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

# kezdeti rugalmassági modulus( $E_0$ )

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

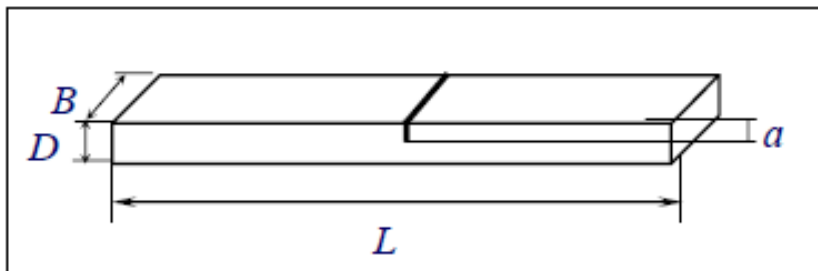


- **Szakítógörbe alatti terület**
- rideg anyagoknál kisebb, szívós anyagoknál nagyobb
- A törési munka és a rugalmassági modulus egymással fordítottan arányos.
- tervezésnél kompromisszumot kell kötni, és az adott szerkezetre optimalizálva kell megválasztani az adott mechanikai tulajdonságokkal rendelkező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

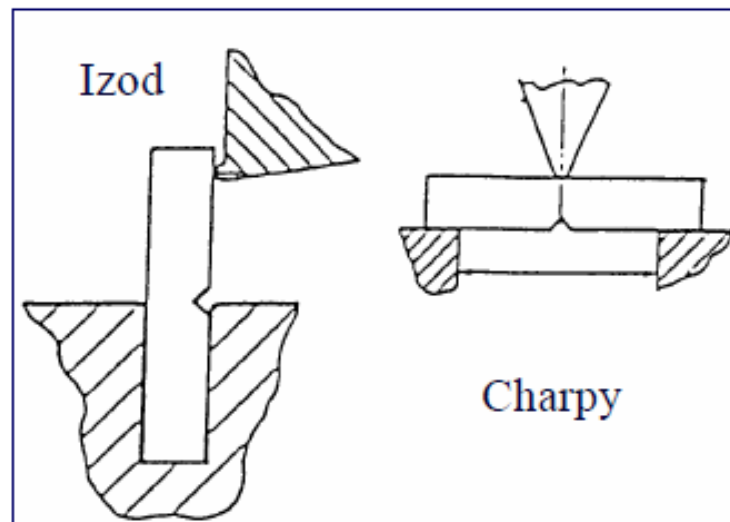
# Charpy féle ütővizsgálat bemetszett műanyag próbatesteken (ISO 179-1)

- 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.

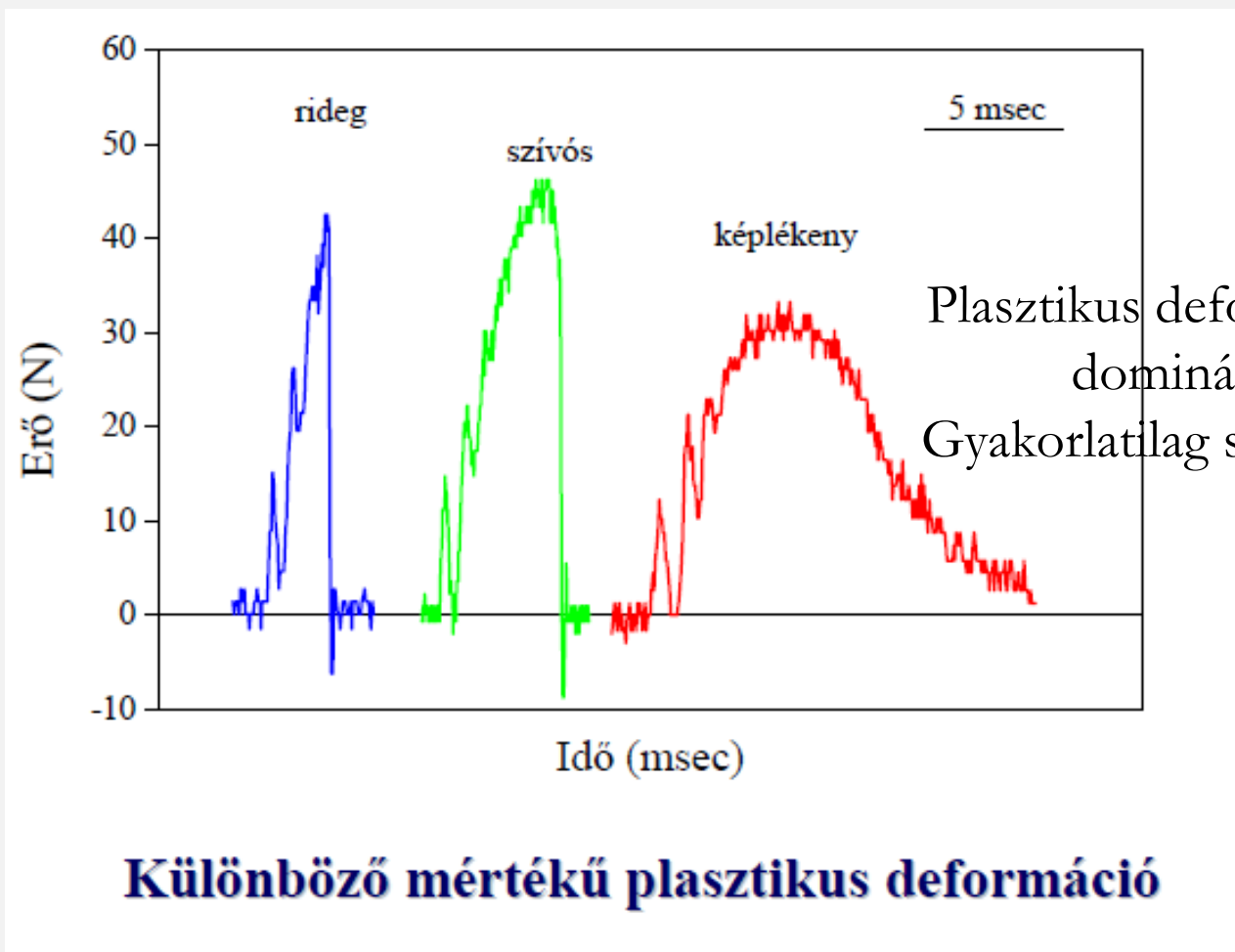
# Törés, ütésállóság



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

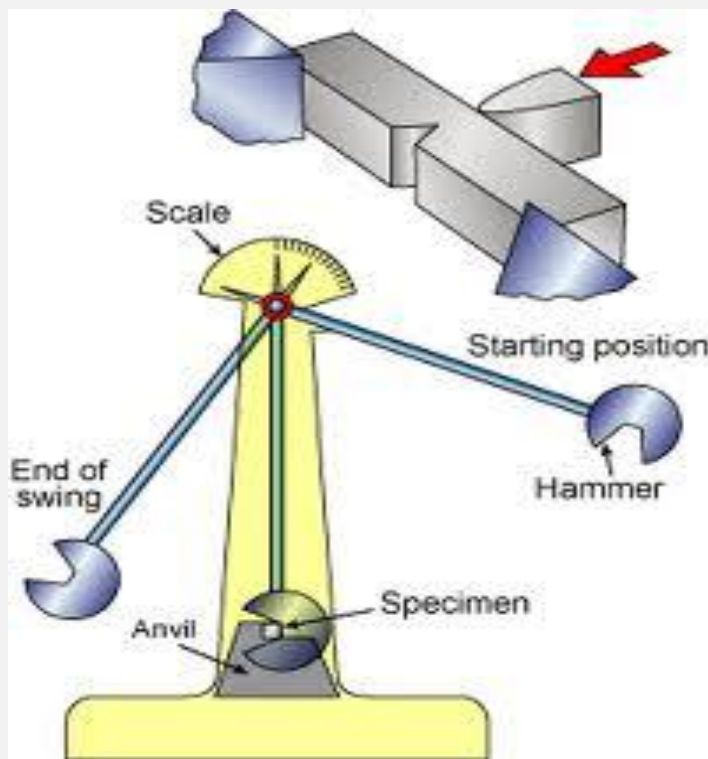


# Törési típusok





# Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat

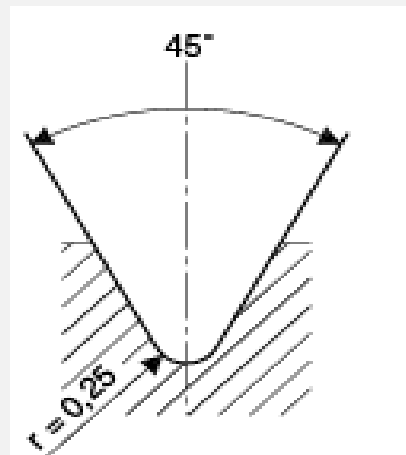


A szabványos próbatest mérete:

80x10x4

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

Az alátámasztási távolság:  $L=62$  mm



# Charpy-féle ütve-hajlító szilárdság

Az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

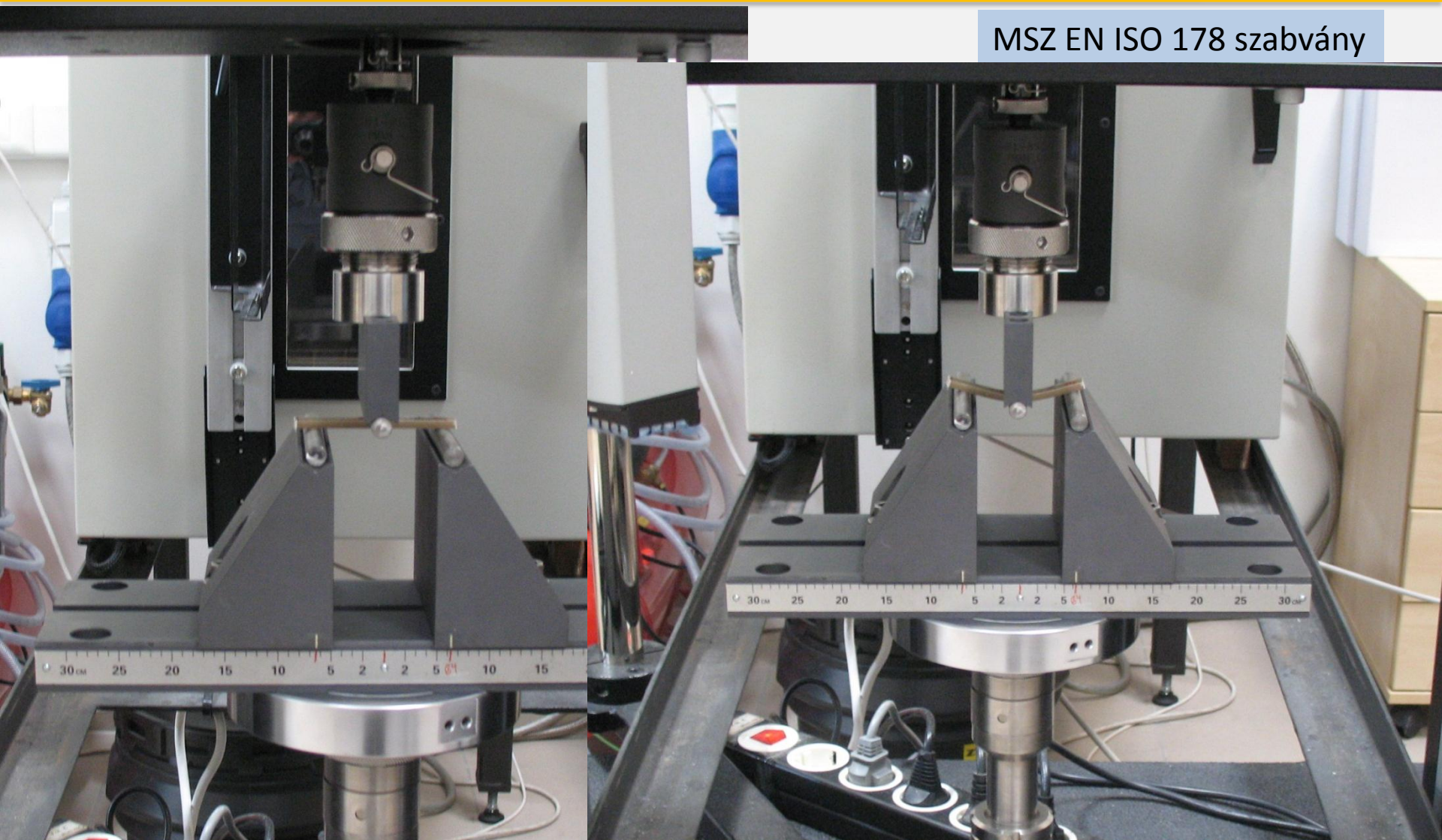
$$a_c = \frac{E_c}{h \cdot b_N} \cdot 10^3 \text{ [kJ/m}^2\text{]}$$

$h$  a próbatest vastagsága,

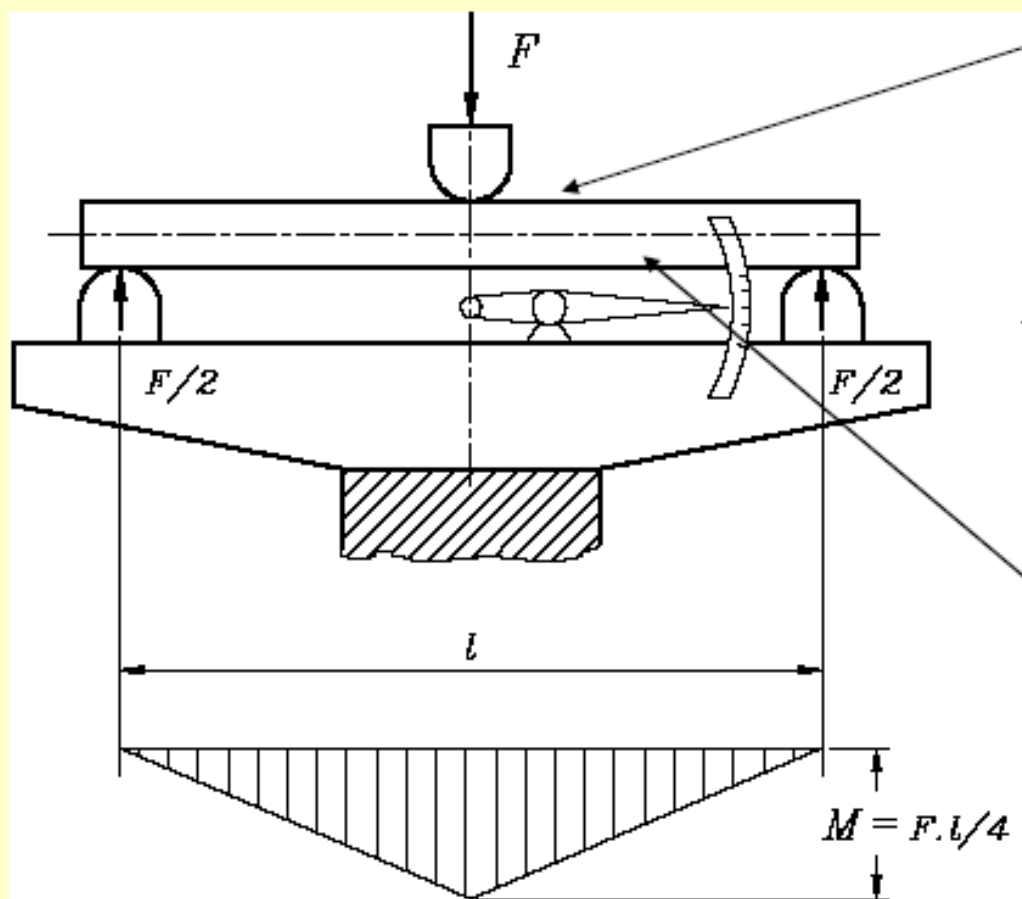
$b_N$  a bemetszésnél mért vastagság.

# Hárompontos hajlító vizsgálat

MSZ EN ISO 178 szabvány



# Hárompontos hajlító vizsgálat



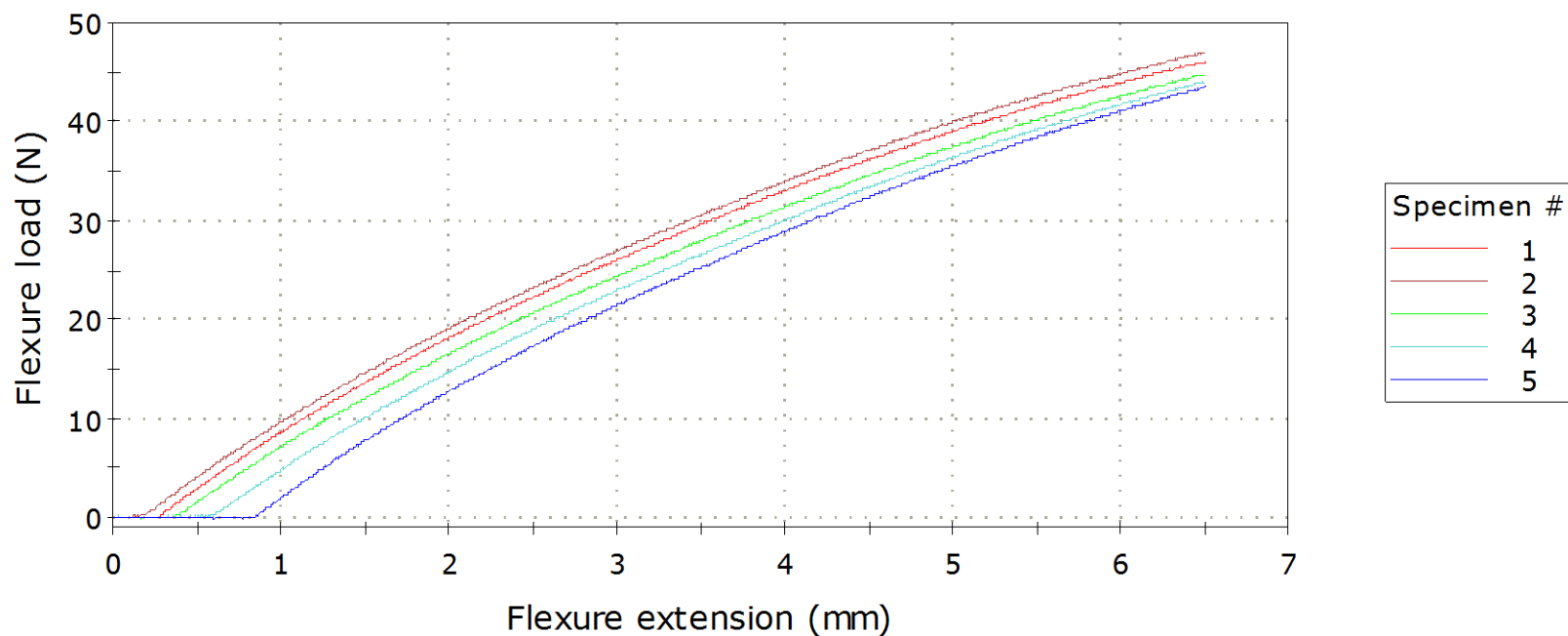
**Nyomott oldal**

**Húzott oldal**

- 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.

# Erő-lehajlás görbe

Specimen 1 to 5



# Meghatározható mérőszámok

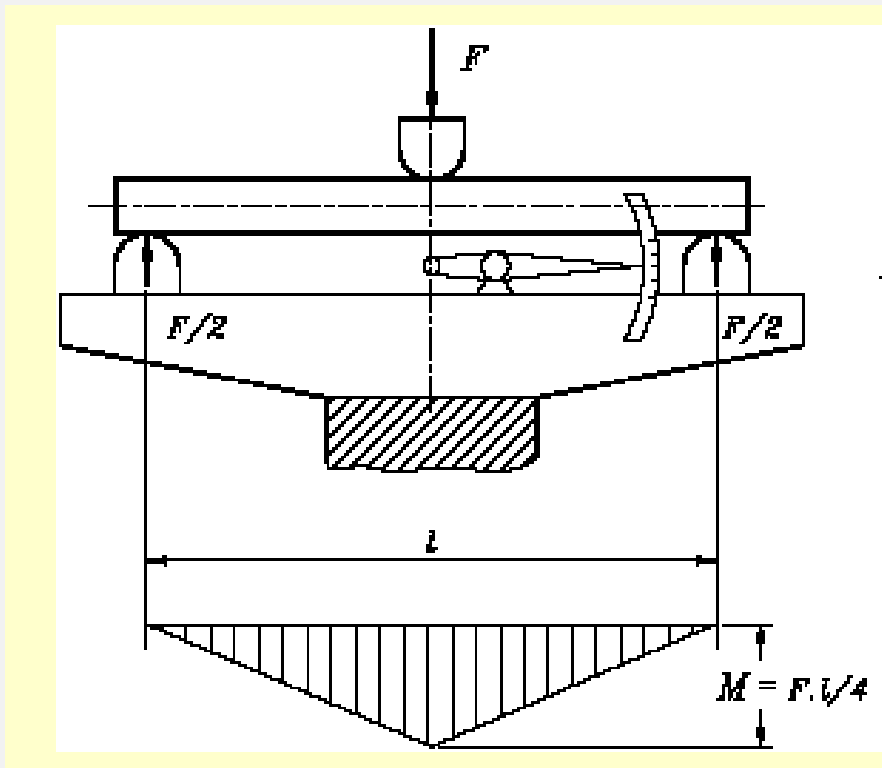
## Határhajlító feszültség

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

$$\sigma = \frac{M}{K}$$

$$M = \frac{F \cdot l}{4}$$

$$K = \frac{a \cdot b^2}{6}$$



## Kezdeti rugalmassági modulus

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



# Hőállóság jellemzése

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

Anyagkiválasztás, minőségellenőrzés:

- Vicat vagy

- **HDT módszer.**

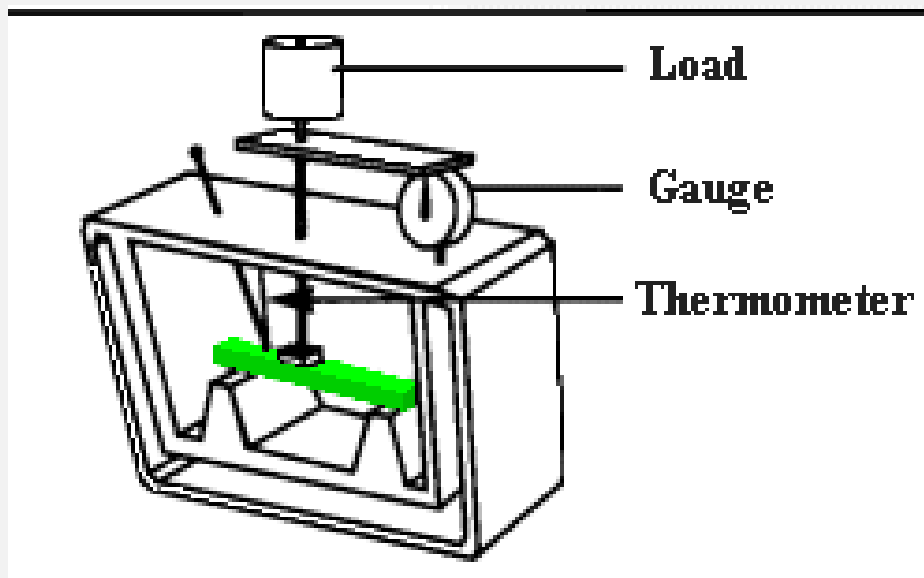
A hőálló polimerekkel sokszor lehetővé válik fémek vagy kerámiák helyettesítését egyes szerkezeti elemekben.



# 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.



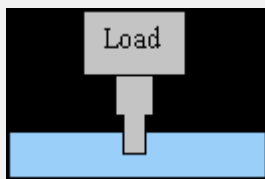
- Terhelés: 0,46 vagy 1,82 MPa nyomás
- Mérik azt a **hőmérsékletet**, ahol a **behajlás 0,25 mm** (vagy egyéb, a szabványban rögzített) érték.
- A HDT vizsgálatban a termosztáló folyadék fűtési sebessége 120 °C/h, és szobahőmérséklettől indul.

# Néhány műanyag olvadáspontja és HDT értéke különböző terhelés mellett

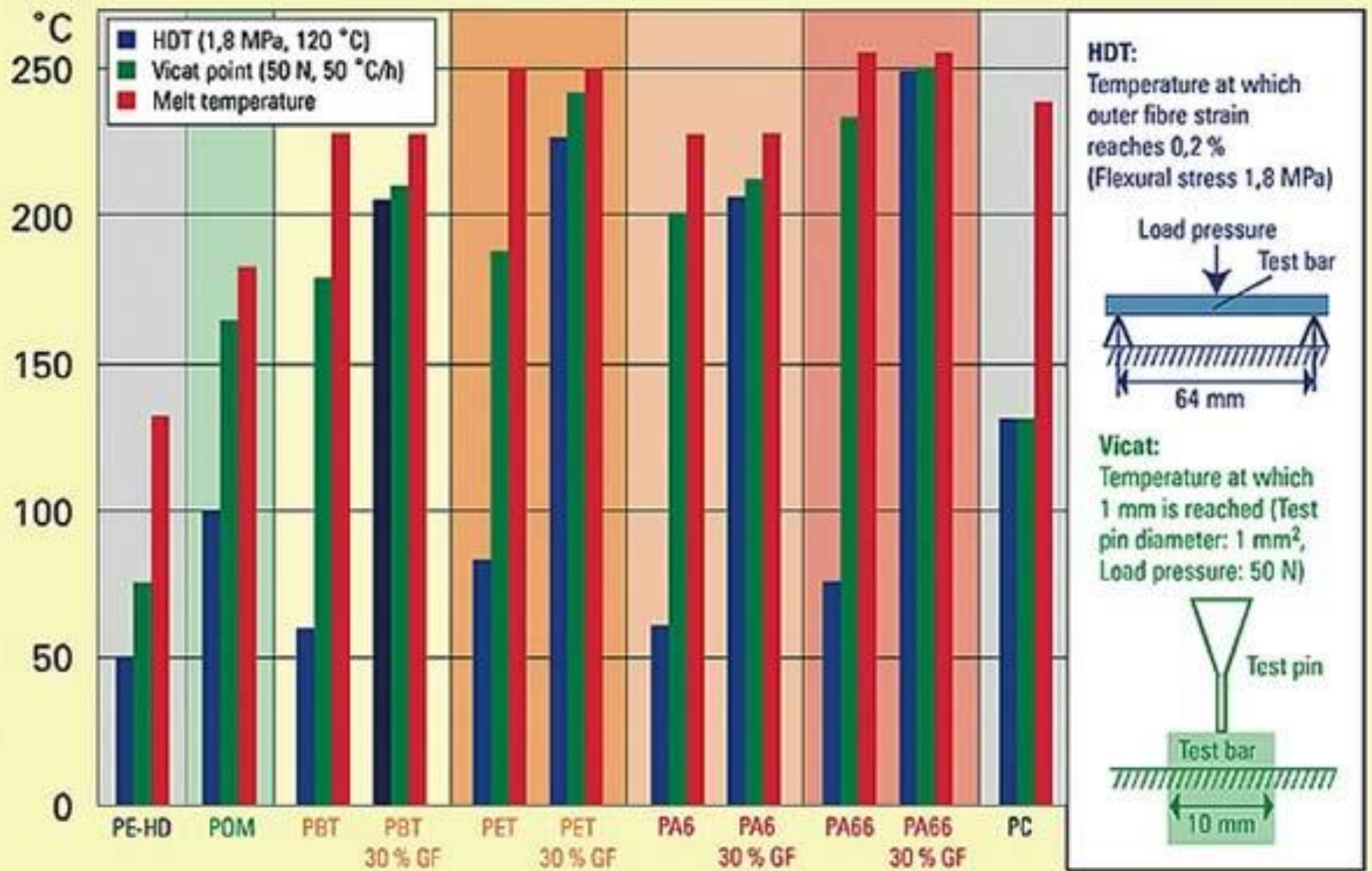
Polymer Type	Deflection Temperature at 0.46 MPa (°C)	Deflection Temperature at 1.8 MPa (°C)	Melting Point (°C)
ABS	98	88	-
ABS + 30% Glass Fiber	150	145	-
Acetal Copolymer	160	110	200
Acetal Copolymer + 30% Glass Fiber	200	190	200
Acrylic	95	85	130
Nylon 6	160	60	220
Nylon 6 + 30% Glass Fiber	220	200	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	-

# 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



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

## POLIMERTECHNIKA

NGB\_AJ050\_1

# Köszönöm a figyelmet!

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

DR Hargitai Hajnalka

2011.10.20.