

# Polimer termékek tervezése

## Előadások jegyzéke

*Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba*

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 1 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Előadások jegyzéke

*Polimer termékek tervezése*

1. [A tantárgy célja, módszere.](#)
2. [Polimerek tulajdonságai. 1. rész.](#)
3. [Polimerek tulajdonságai. 2. rész.](#)
4. [Polimerek tulajdonságai. 3. rész.](#)
5. [Méretezés elvei, módszerei időben állandó terhelésre. 1. rész.](#)
6. [Méretezés elvei, módszerei időben állandó terhelésre. 2. rész.](#)
7. [Méretezés elvei, módszerei időben állandó terhelésre. 3. rész.](#)
8. [Méretezés elvei, módszerei időben állandó terhelésre. 4. rész.](#)

*Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba*

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 2 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



9. [Anyag- és gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei. 1. rész.](#)
10. [Anyag- és gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei. 2. rész.](#)
11. [Anyag- és gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei. 3. rész.](#)
12. [Polimer szerkezeti elemek tervezése szakaszosan változó terhelésre.](#)
13. [Polimer szerkezeti elemek tervezése ismétlődő igénybevételre.](#)
14. [Polimer-fém kapcsolatok \(kötések\) tervezése/ellenőrzése](#)

# 1. előadás

A tantárgy célja, módszerei.  
A tervező „hármass” feladata.



# A tantárgy célja és módszere

Polimer termékek tervezése 1.előadás

- Célja**
- a polimerek – mint szerkezeti anyagok – helyének kijelölése a terméktervezésben;
  - a polimerek azon sajátos tulajdonságainak (viselkedésének) megismerése, amelyekben különböznek más pl. fémes szerkezeti anyagoktól, és ezen tulajdonságok – viselkedési módok – figyelembevételével egy polimer alkatrész tervezésekor.

**Módszere** - a gép- és terméktervezés általános terveire és módszereire alapozva, számos gyakorlati példa és esettanulmány révén, bemutatni és begyakorolni az alkatrésztervezés polimerekre érvényes megkülönböztető jegyeit, eljárásait.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 2 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



„**Szerkezeti (konstrukciós) anyag** technológiai (anyagismereti) foglalom. Azoknak az anyagoknak a gyűjtőneve, amelyeket valamely iparág gyártmányainak és azok tartozékainak előállításánál felhasznál.

[Új Magyar Lexikon]

**Polimerek** olyan szerkezeti anyagok, amelyeknek egyetlen vagy lényeges alkotó része valamely vegyipari módszerekkel gyártott, nagy molekulájú, szerves anyag.

A polimerek (műanyagok) szokásos csoportba sorolási lehetőségei (felosztása):

- **Természetes alapúak** azok, amelyeket a természetben készen kapott óriásmolekulák (tejkazein, facellulóz, stb.) mesterséges átalakításával állítanak elő.
- **Szintetikusak** azok, amelyeket ipari úton előállított kismolekulájú anyagokból, un. monomerekből ugyancsak ipari úton, a molekulák „sokszorozásával” (polikondenzációval, polimerizációval, poliaddícióval) készítik.

Feldolgozhatóságuk szempontjából legcélszerűbben a hőhatással szembeni viselkedésük szerint csoportosíthatók:

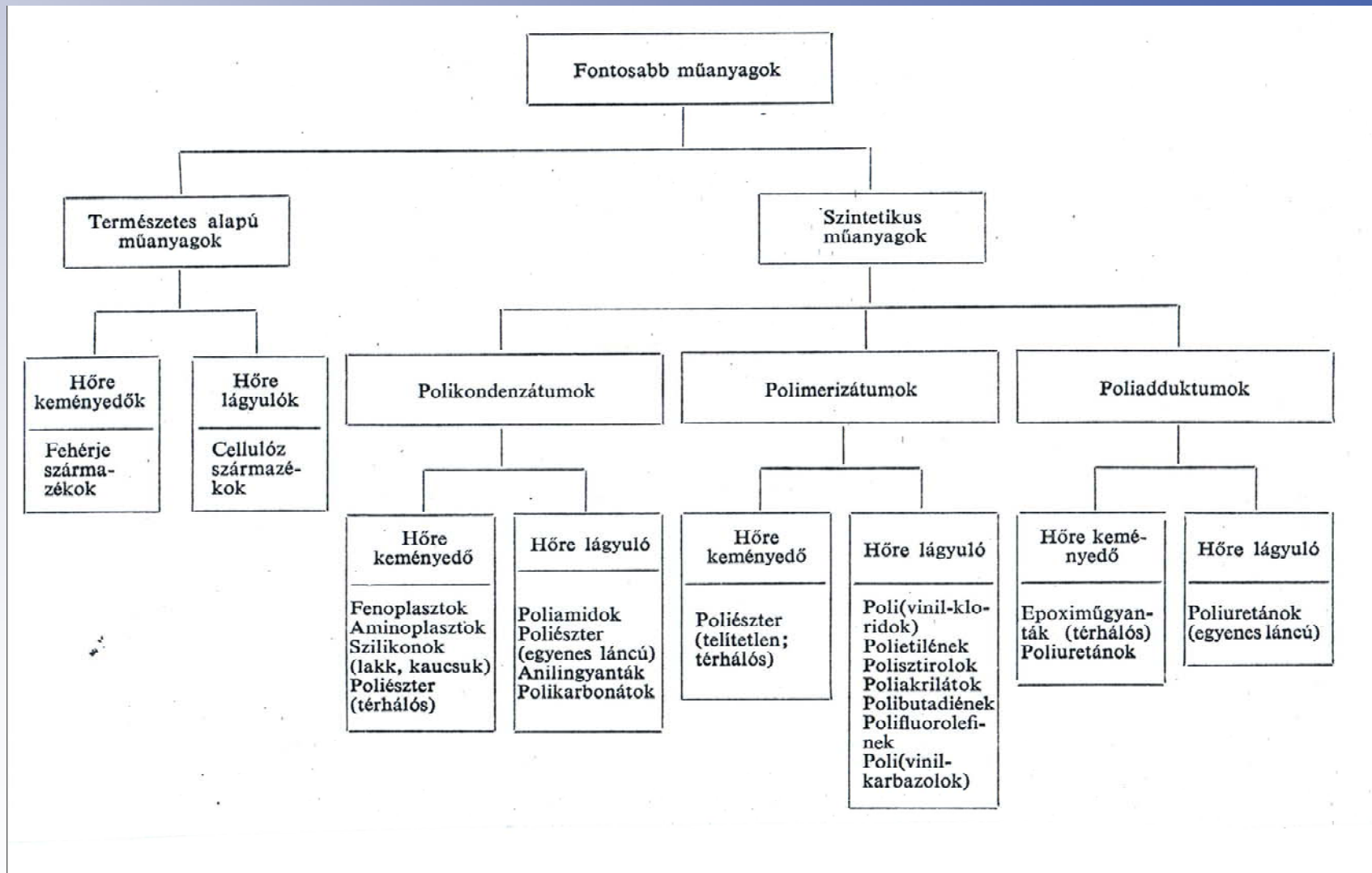
- **Hőre lágyulóak (termoplastok)** hő hatására képlékennyé válnak, ebben az állapotban alakíthatók, lehűtés után ismét eredeti konzisztenciájukat nyerik vissza. Ez a folyamat többször megismételhető.
- **Hőre nem lágyulóak (termoszett anyagok)** a feldolgozás során térhálósodnak és megkeményednek ezért hő hatására nem alakíthatók.

A polimerek (műanyagok) előállítási mód szerinti csoportosítása:

- **Polikondenzáció** egy olyan szakaszos folyamat, amely során a monomerek úgy kapcsolódnak egymáshoz, hogy minden
- **Polimerizáció** az a folyamatos folyamat, amely során a monomerek kettős kötése felszakadnak, és melléktermék képződése nélkül jön létre az óriásmolekulájú termék.
- **Poliaddíció** olyan szakaszos folyamat, amely során reakciómechanizmus szerint, melléktermék képződése nélkül alakul ki a polimer.

# Polimerek (műanyagok) felosztása

Polimer termékek tervezése 1.előadás

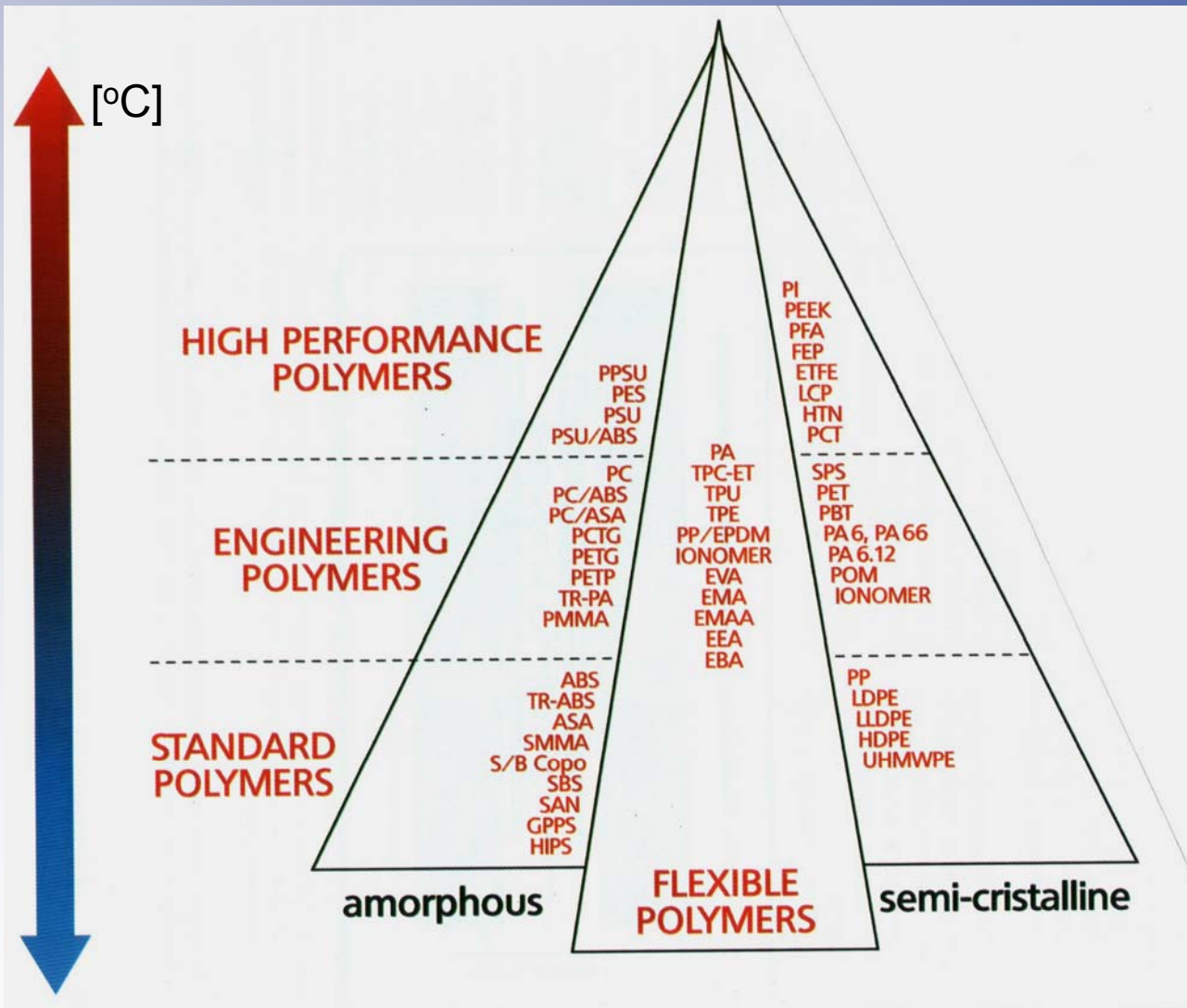


Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



# Egy szokásos (technikai) csoportosítási lehetőség

Polimer termékek tervezése 1.előadás



[Heochst-féle csoportosítás nyomán]

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



1. Terhelésanalízis,
2. Feszültségi-, alakváltozási- ill. határállapot feltárása,
3. Méretezés.

Feszültségi-, alakváltozási állapot meghatározásához:

egyensúlyi-,összeférhetőségi-,geometriai-,fizikai egyenletek.

Elsőszámú feladat meghatározni azokat az állapot-  
egyenleteket, amelyek a a feszültség- alakváltozás  
kapcsolatát adják.

Jellemzők közötti összefüggés:  $f(R, R(t), \varepsilon, \varepsilon(t), T, P)$



A tervező munkája komplex, un. hármás feladat.  
Nehézsége: kezdetben három ismeretlennel szembesül.

Ezek:

- a terhelés,
- az elem igénybevétele ill. a határállapota,
- a mérete, geometriai kialakítása.

A tervező első feladata: a méretezés/ellenőrzés alapjául szolgáló terhelések meghatározása.

Terhelés alatt mindazokat a külső hatásokat értjük, amelyek hatással vannak a szerkezeti elem működésére, élettartamára, használhatóságára.

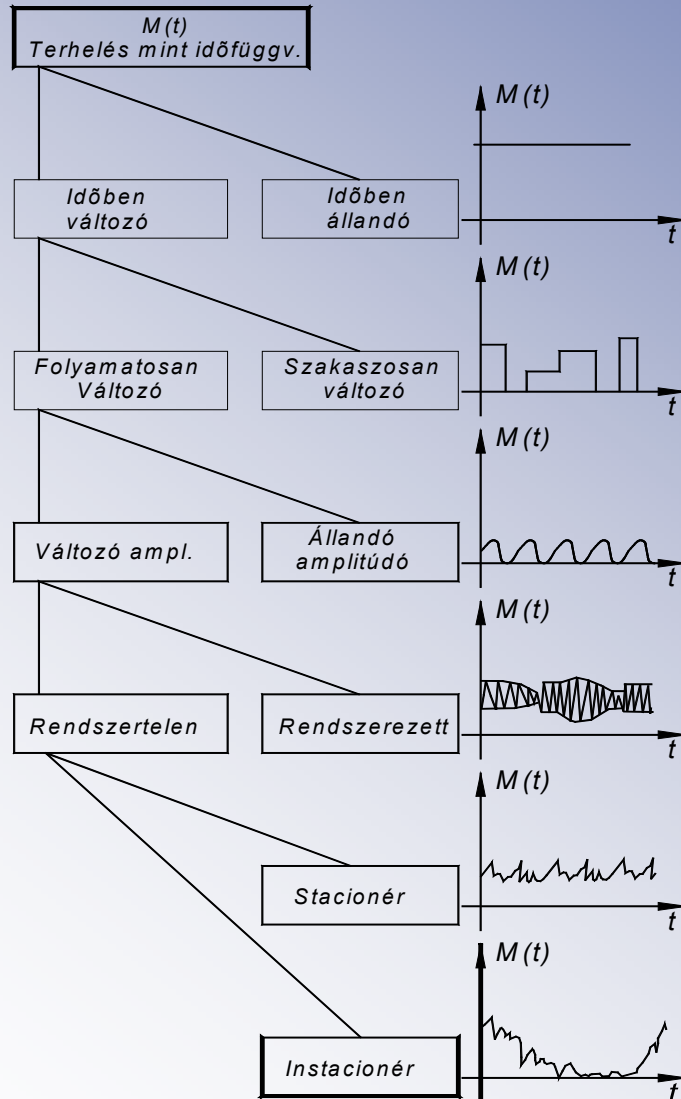
Feladat: a terhelés-modell megalkotása.

Alapok: terhelésanalízis elmélete és gyakorlata.

A mérnök általában egy adott élettartamra tervez berendezéseit, ezért számára a **terhelés, mint időfüggvény** a legfontosabb.

# Különböző időfüggő terhelésmodellek

Polimer termékek tervezése 1.előadás



## Alkalmazási példa

- tengelyre húzott gyűrű,
- olvasólámpa,
- csavarkötések,
  
- szakaszosan üzemelő axiális járókerék,
  
- görgők,
- fogaskerekek.
  
- programozott, kísérleti alkatrészfárasztás
  
- valóságos terhelés,

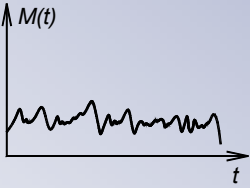
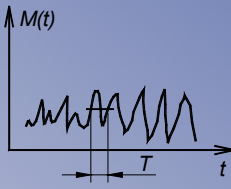
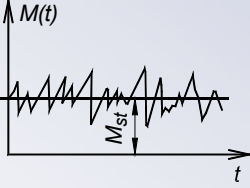
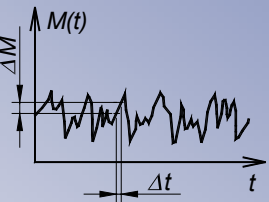
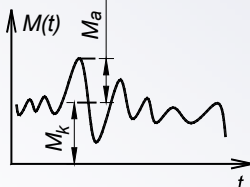
[Matolcsy Mátyás nyomán]

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

Fém elemek esetén általában nem, míg polimer elemek esetén **vizsgálni kell a szakaszosan változó terhelés hatását is**, mert a relaxációs viselkedés miatt a terhelés nélküli idő jelentékenyen hat az alakváltozásra!

# Különféle terhelésjellemzők

## Polimer termékek tervezése 1.előadás

	Elnevezése, definíciója, jelölése	Felhasználása, alkalmazási területe	Értelmezése ábra alapján	Elnevezése, definíciója, jelölése	Felhasználása, alkalmazási területe
	<u>Terheléskép</u> : a terhelés időbeni lefutása, a terhelés mint időfüggvény. A terhelés minden jellemzőjét tartalmazó információ halmaz.	A terhelésanalízis alapja. Megjelenési formája mindig valamilyen regisztrátum- mágneses szalag, oszcillogram, film stb.		<u>A terhelésváltozás frekvenciája</u> : $\omega = \frac{2\pi}{T}$ Értelmezhető egy pillanatnyi terheléslengésre, vagy lengéscsoportokra.	A terhelés dinamikai tárgyalásának alapja. Lengéstanai rezgéstani kérdések alapvető jellemzője. <b>Polimerek belső hőfejlődésére ható lényeges tényező.</b>
	<u>Statikus</u> vagy kvázi-statisz közép-terhelés. Ekörül, mint nulla körül változik rendszertelenül a terhelés. $M_{st}$ statisztikus közép-terhelés.	A statikus szilárdsági ellenőrzés, méretezés alapja.		<u>A terhelésváltozás sebessége</u> : $\frac{dM}{dt} = M'(t)$ <u>ΔM intervallumban tartózkodás ideje</u> $\Delta t = \frac{\Delta M}{M'(t)}$	Terhelésanalizáló műszerek alapvető jellemzői. Ütésszerű terhelések vizsgálatánál is lényeges paraméterek. <b>Polimerek mechanikai, elsősorban alakváltozási viselkedésére ható lényeges tényező.</b>
	<u>Pillanatnyi terhelés amplitúdó</u> $M_a$ és <u>pillanatnyi középérték</u> $M_k$ . A terheléskép szinuszos fél hullámokkal való közelítésekor értelmezhető.	A fárasztóvizsgálatok és a kifáradásmélelet alapjai.			

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 14 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



A terhelést polimerek esetén tágabban kell értelmezni, mivel már a szokásaink folytán átlagosnak tekintett külső körülmények is jelentékenyen hatnak viselkedésükre .

Pl.: az európai klíma körülmények: a hőmérséklet változása, a relatív légnedvesség változása, a napsugárzás változásai, stb. lényeges tulajdonság változásokat okoznak.

Polimereket, a fémeknél szokásos „egyponos” adatok helyett tulajdonság-függvényekkel kell jellemezni!

Pl.:  $R_{eH} = f$  (a saját és a környezet nedvességtartalma; stb.)

$\epsilon_{eH} = f$  (a saját és a környezet nedvességtartalma; stb.)

# A tervező feladatai

Polimer termékek tervezése 1.előadás

A tervező második feladata: a szerkezet helyes működése szempontjából még megengedhető hatások és igénybevételi állapotok határainak feltárása.

Röviden: az igénybevételi és a határállapotok feltárása

Előre fel kell ismerni a meghibásodási, a tönkremeneteli lehetőségeket!

Módszere pl.: DFMEA

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 16 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





## Okok lehetnek:

- kúszás miatti alakváltozás (pl. belapulás)
- feszültség relaxáció miatt pl.: kötés lazulás,
- a terhelés alatt elmozduló felületeken fellépő **súrlódás** hatása (pl.: melegedés, kopás, berágódás),
- **hőmérsékletmező hatása** (pl.: anyagtulajdonság változás, hőtágulás, hőfeszültségek),
- meg nem engedhető **mozgás** ( pl.: rezgés, lengés),
- különféle **közegek, sugárzások hatásai** (pl.:korrózió,duzzadás, öregedés, anyagtulajdonság- változás),
- **villamos, optikai, egyéb tulajdonságok változása,**
- **biológiai károsodás,**
- stb.



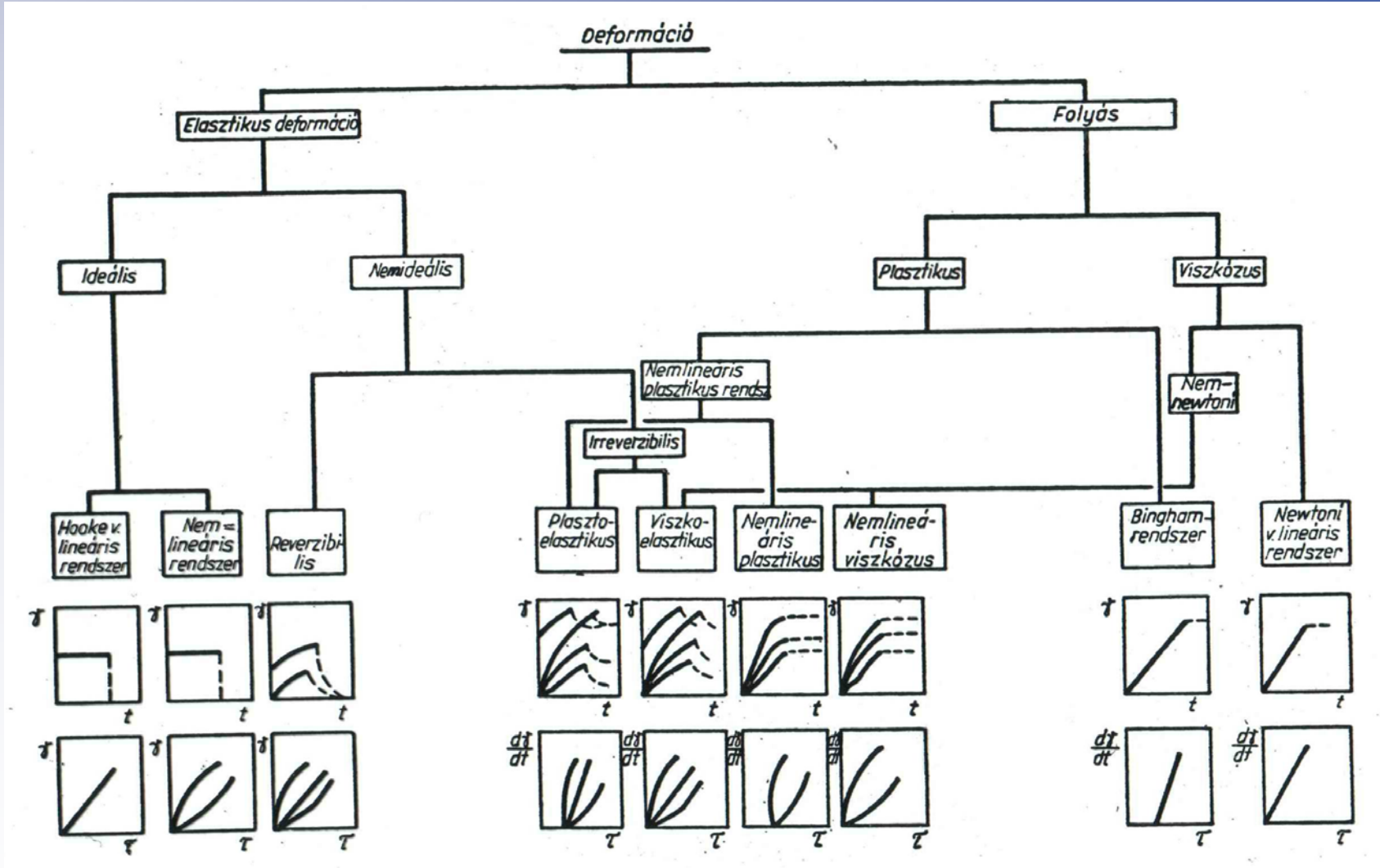
Teherviselő szerkezeti elemek esetén figyelmünket az **alakváltzási állapot** meghatározására kell fordítani.

Első számú feladat: feltárni azokat a fizikai állapotegyenleteket, amelyek a különféle hatótényezők függvényében a feszültség-, alakváltozás kapcsolatát adják.

$$f(R, R(t), \varepsilon, \varepsilon(t), T, P) = 0$$

# Az anyagok reológiai rendszere

Polimer termékek tervezése 1.előadás



[Mózes-Vámos nyomán]

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Magyarország célba ér

Operatív Programja keretében



A nagyüzemileg gyártott, műszaki polimerek legnagyobb hányada **viszkoelasztikus**, hőre lágyuló **polimer**, ezért a következőkben elsősorban ezek tulajdonságaival foglalkozunk.

Polimer alkatrészek tulajdonságai:

- f [anyagszerkezet (mikromorfológia)],
- a saját és a környezet nedvességtartalma,
- a saját és a környezet hőmérséklete,
- a geometriai kialakítás,
- az idő („élettörténet”),
- egyéb hatótényezők.

*Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba*

A tervezőmérnök harmadik feladata: a méretezés.

Ennek során megtervezi a szerkezeti elem geometriai kialakítását, méretét oly módon, hogy az általa már meghatározott terhelésből kiindulva számítja az igénybevételi állapotot, és ezt összevetve az általa előírt határállapottal megállapítja, hogy az elem biztonsága (megbízhatósága) megfelelő-e.

$$\text{Biztonság (tényező)} = \frac{\text{A határállapotot jellemző érték}}{\text{Az igénybevételi állapotot jellemző érték}}$$

A határállapot jelenthet használatra való alkalmatlanságot is.

- Pl. egy polimer szemüveglencse zavaróan karcos;
- egy polimer szigetelőelem átüt, stb.

## 2. előadás

# Polimerek kémiai-, fizikai-, mechanikai tulajdonságai

## 1.rész

## Polimer alkatrészek **tulajdonságai**:

- f [anyagszerkezet (mikromorfológia)],
- a saját és a környezet nedvességtartalma,
- a saját és a környezet hőmérséklete,
- a geometriai kialakítás,
- az idő („élettörténet”),
- egyéb hatótényezők.

**Módszer:** a célmennyiségeket – pl. szilárdsági / alakváltozási jellemzők – egy-egy változó hatótényező függvényében vizsgáljuk, feltéve a többi állandóságát.

A megismeréshez:

- polimerkémiai –
- polimerfizikai ismeretekre van szükség.

A sokféle műszaki követelmény (mechanikai, feldolgozhatósági, stb.) kielégítése több komponensű rendszerekkel lehetséges (pl. lágyítók, csúsztatók, színezékek, stb.), de legjellemzőbb:

**a polimer komponens, a monomer egység.**



# Polimerek általános jellemzése

Polimer termékek tervezése 2. előadás

[poli=sok]

[meros=rész]

Néhány polimer monomeregysége:

- PE  $\sim\text{CH}_2\text{-CH}_2\sim$
- PP  $\sim\text{CH}_2\text{-CH}\sim$   
|  
CH<sub>3</sub>
- PVC  $\sim\text{CH}_2\text{-CHCl}\sim$
- PA  $\sim\text{NH}-(\text{CH}_2)_n\text{-CO}\sim$

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gsz i.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 4 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

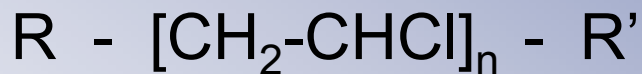
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





Nagyüzemileg polimerizált **n** monomeregységből áll



R,R' – végcsoportok  
jellegét az előállítási mód szabja meg

- A polimert felépítő monomer-egységek száma (n) megadja a termék polimerizációs fokát („polfok”): P
- Móltömeg:  $M = M_m \cdot P$
- Statisztikus jelleg  $\longrightarrow$  polimerhomológok elegye keletkezik
- Poli-molekulárisak: **móltömegeloszlási görbe jellemez**

A szerkezet rendkívül gazdag és változatos lehet



Fonalmolekula



Elágazott fonalmolekula oldalláncokkal



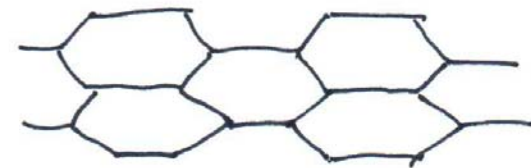
Térhálós (egyetlen molekula)

ritka, hosszú



hágcsó szerkezetű

gyakori, rövid



parketta (síkhálós)

Műszaki szempontból: a lineáris és a térhálósított a jelentősek

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

A láncot felépítő atomok jellege szerint:

1. **Szénláncú polimerek:** főláncát szénatomok alkotják  
Pl. PP, PE, PVC, PMMA
2. **Heterolánc polimerek:** a főláncalkotásában a szénen kívül egyéb (O, N, S, stb.) atomok is rész vesznek  
Pl. PA
3. **Szervetlen alapláncúak:** fő láncban szénatomok nincsenek  
Pl. szilikonok (poliszilokxánok)

# A polimerláncok finomszerkezete

Polimer termékek tervezése 2. előadás

Finomszerkezet=a polimer láncban az atomok elrendeződése, ami az előállítás során alakul ki, és technológiai paraméterek befolyásolják.

Konfiguráció: kémiai kötéssel fixált elrendeződés.

Sztereoregularitás: térbeli rendezettség.

PI. PP különféle konfigurációi:

-Izotaktikus (fej-láb), (le-le),

-Szündiotaktikus (fej-láb), (le-fel-le-fel),

-Ataktikus (kevert), (le-fel-fel-le-fel...)

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépészerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

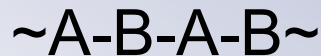


Kopolimer: két vagy többféle monomeregységből felépülő polimer, ami még gazdagabb lehet a változatokban.

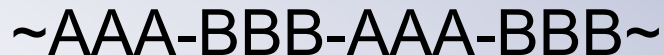
- szabálytalan (statisztikus) (ipar)



- szabályosan váltakozó

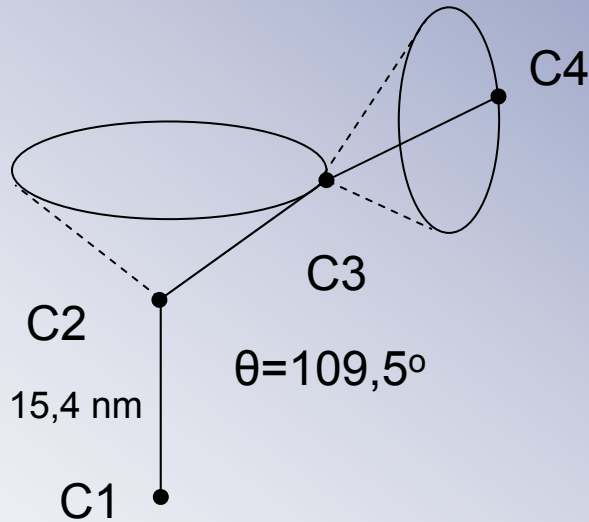


- Szakaszos (blokk)



- Ág (propf, ojtott)  $\text{B-B-B-B}$





## Szabad rotáció elve

**Konformáció:** a rotáció következtében kialakuló különféle molekula alak

Egy adott molekulának számos konformációja lehet

Az elméleti szilárdságot első közelítésben a C-C kötések (primer kötés) szabja meg.

De: a rotáció sohasem szabad!

A fonalmolekula természetes állapota: a **gombolyodottság**.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

A polimer molekulák hajlékonysága és nagy móltömege az a két tényező, amely a makromolekuláris anyagok sajátos, egyéb szerkezeti anyagokon (pl.: fémek) nem észlelt tulajdonságok együttesét adják.



- Halmazállapot: alak és térfogat-változtató erőkkel szembeni viselkedés: szilárd, cseppfolyós, légnemű
- Fázisállapot:
- Fizikai állapot: polimerekhez kapcsolódó fogalom;

a polimerek szerkezete és a molekulák hőmozgása szerint: kristályos (rendezett), és amorf (rendezetlen);  
üvegszerű, nagyrugalmas, viszkózusan folyós

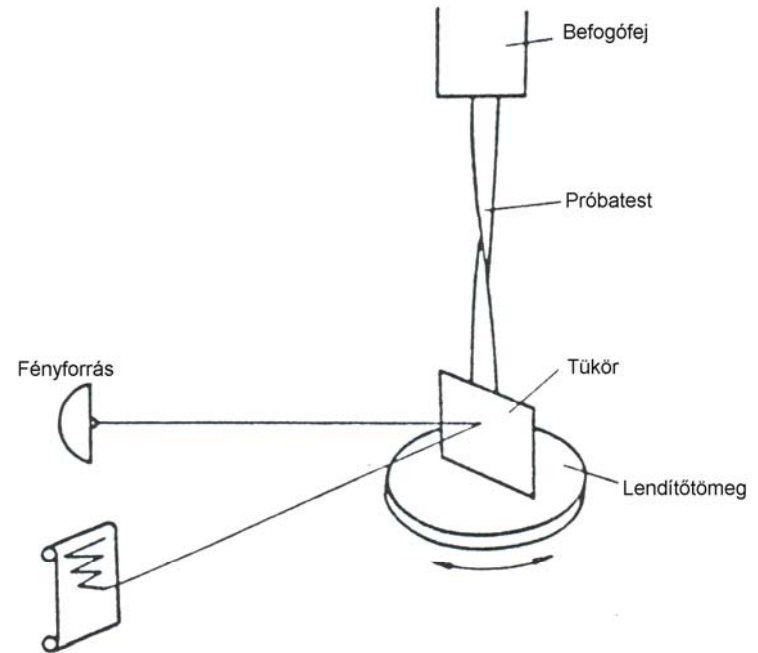
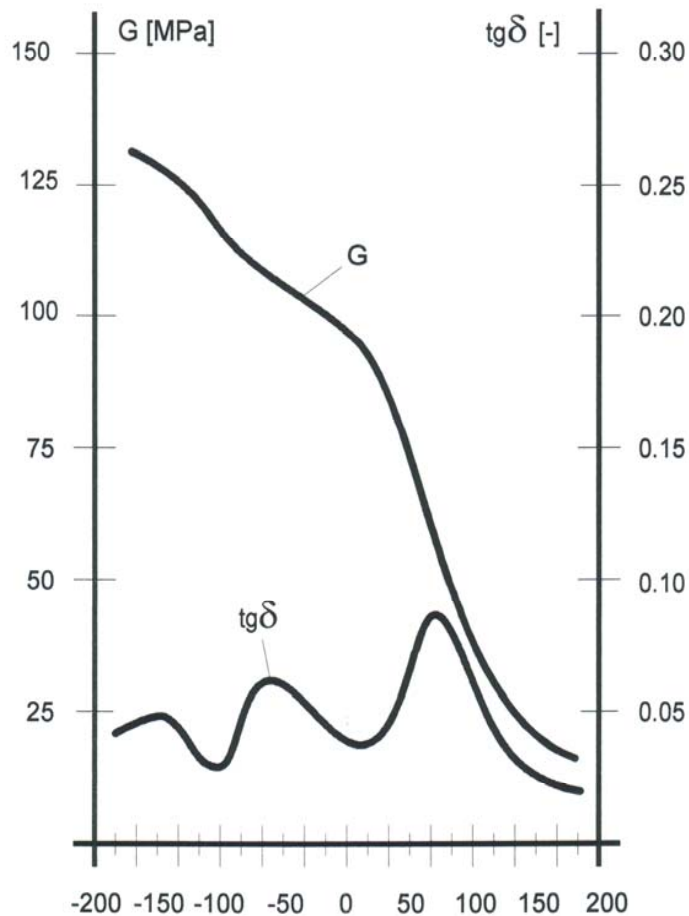
A fizikai állapotokat az un. **termomechanikai görbén** figyelhetjük meg.



# Termomechanikai görbe

Polimer termékek tervezése 2. előadás

## Termomechanikai Görbék



Torziós mérőberendezés elve

(DIN53445)

Egyéb módszerek: DMA, DTA.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépserkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 13 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Részben kristályos polimerek szerkezeti modellejei

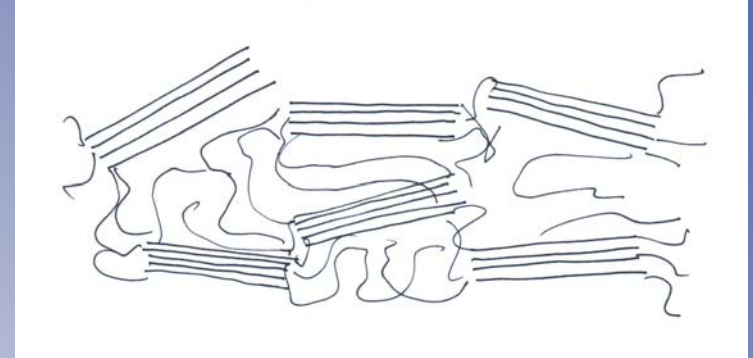
Polimer termékek tervezése 2. előadás

Kétfázisú rendszer: **kristályos**, térben rendezett és **amorf**, térben rendezetlen részek együttese.



Rojtos micella modell

Terheletlen állapot



Terhelt állapot

Terhelés hatására a kristályos részek orientálódnak.

## Jellemzése:

KR%= kristályosság mértéke [%]

KRN= átlagos részecskenagyság [nm]

KRNE= részecskék nagyság szerinti eloszlása [nm]

AM= amorf részek átlagos mérete [nm]

AME= amorf részek méreteloszlása [nm]

OR= az orientáció mértéke [%]

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 14 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

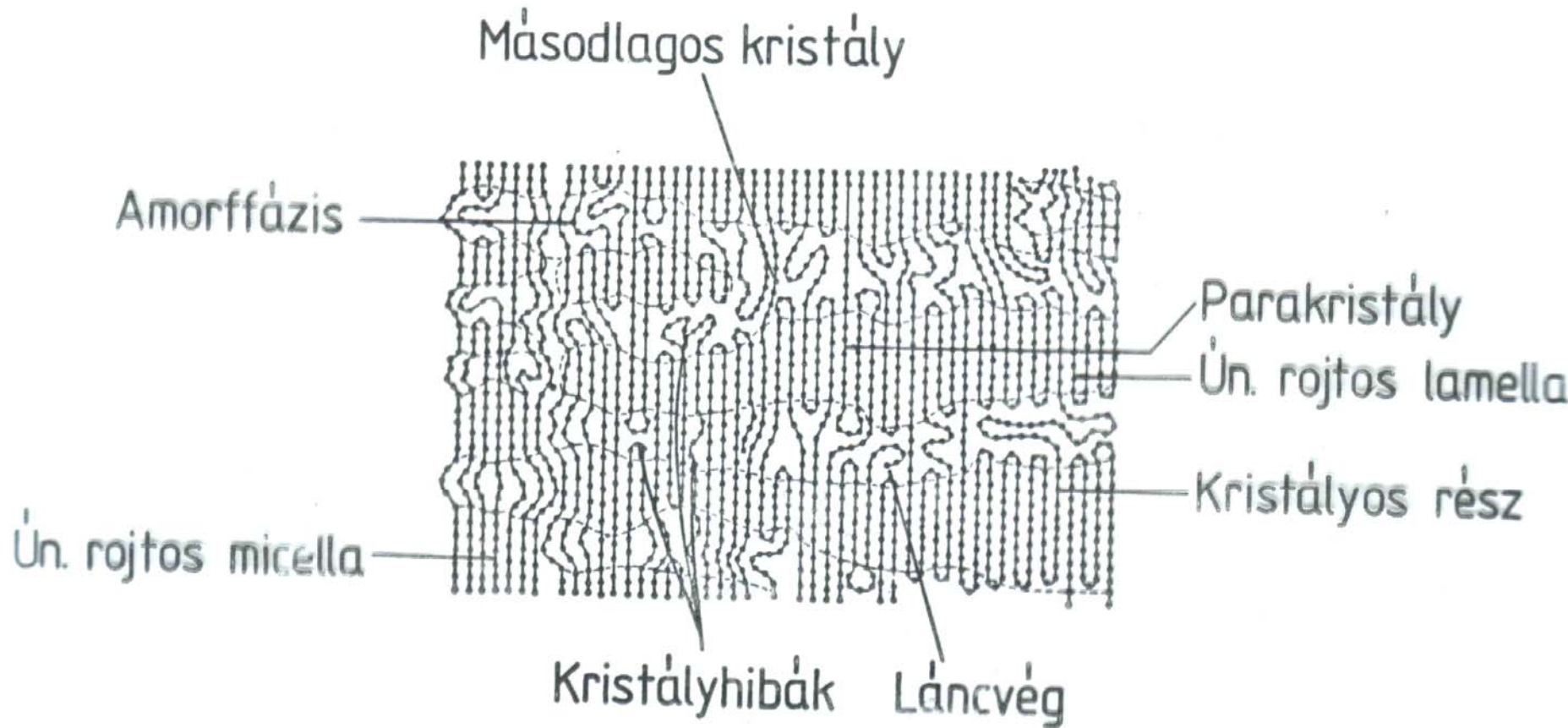
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Részben kristályos polimerek szerkezeti modellejei

Polimer termékek tervezése 2. előadás



## Parakristályos, lánchajtogatódásos, rétegszerkezetű modell

[Hosemann-Bonart nyomán]

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 15 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

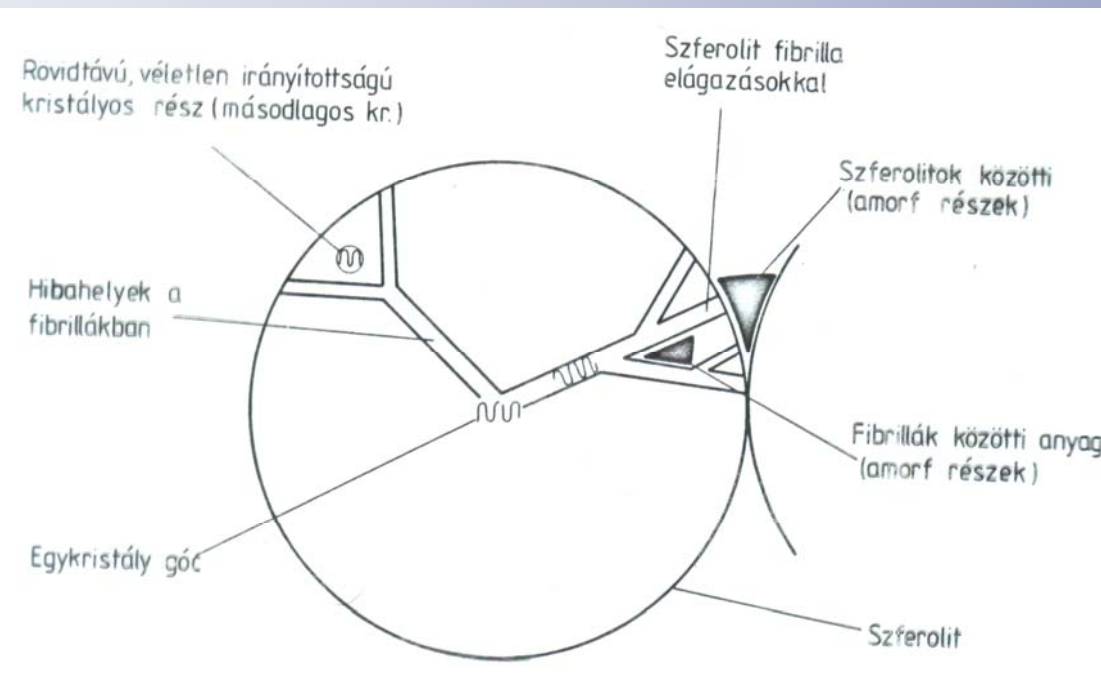
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Szupermolekuláris szerkezetek:

- egykristályok: híg oldatokból való kristályosításkor képződnek,
- fibrilláris krisztallitok: a polimerláncok a kristály hossztengeleében



–szferolitok: polarizációs fénymikroszkóppal megfigyelhető, kettőstörő, gömb alakú, 10...500  $\mu\text{m}$  méretű képződmények

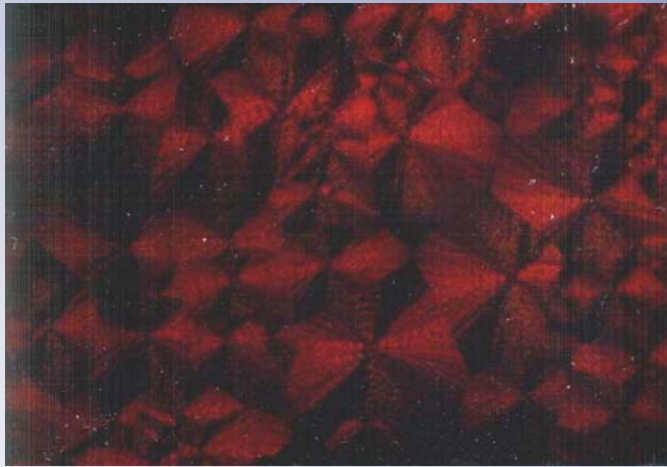
## Szferolitok szerkezeti modellje

[Sharples-nyomán]

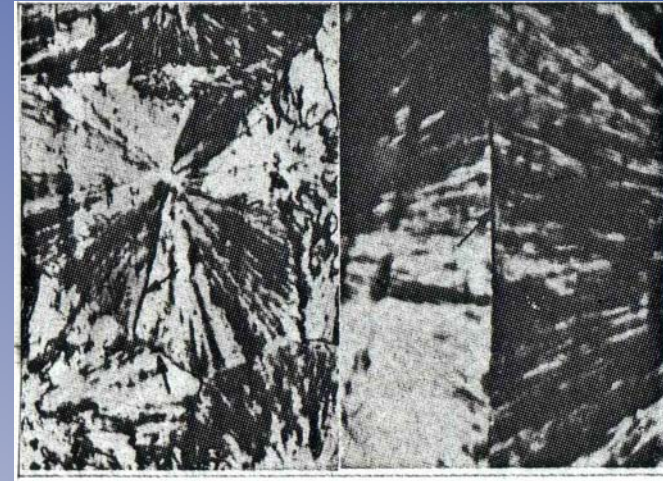


# Részben kristályos polimerek szerkezeti modellejei

Polimer termékek tervezése 2. előadás



PE szferolitos szerkezete



Izotaktikus PP

A tönkremenetel – a mikrorepedezés – a szferolithatórok mentén kezdődik, ezért a szferolitok mérete és eloszlása döntően meghatározza a polimerek szilárdsági és alakváltozási viselkedését.

Jellemzése:  $SZF\emptyset$  = átlagos szferolitátmérő [ $\mu\text{m}$ ]

( $SZF\emptyset$  nagyság szerinti eloszlása)

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 17 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Polimerek jellemzéséhez ismerni kell

*Polimer termékek tervezése 2. előadás*

- a kémiai összetételt és felépítést;
- a molekulalánccal ill. mérettel kapcsolatos adatokat:
  - a polimerlánc hosszúságát (molekulatömegét);
  - a molekulalánccok nagyság szerinti eloszlását (molekulatömegeloszlás);
  - a monomerek összekapcsolódási módját (takticitás, elágazottság);
- a rendezettségi állapottal kapcsolatosakat:
  - a kristályosság mértékét;
  - a kristályos részecskenagyságot; eloszlását;
  - az orientáció mértékét;
  - a szferolit átmérőket és eloszlásukat;
  - a nagyperiódus értékét;
  - az amorf részek méretét ill. eloszlását.

Ezek az adatok adják azokat a megbízható műszaki-tudományos alapokat, amelyekre építve a tulajdonságok megérthetők, tervezhetők, alakíthatók.

*Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba*

# Polimer szerkezetek nagyságrendje és vizsgálati módszerei

Polimer termékek tervezése 2. előadás

Szerkezeti szint szerint	Atomos szerkezet	Molekuláris szerkezet	Makromolekuláris szerkezet	Szupermolekuláris szerkezet
Nagyságrendje	$10^{-8} \dots 10^{-7}$ cm	$10^{-7} \dots 10^{-5}$ cm	$10^{-5} \dots 10^{-4}$ cm	$10^{-4} \dots 10^{-1}$ cm
Szerkezeti jellemzők	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rácsszerkezet;</li> <li>- kristálytani módosulat,</li> <li>- takticitás,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kristályosság mértéke,</li> <li>- kristályos részecske-nagyság,</li> <li>- láncrendezetség,</li> <li>- orientáció</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- molekulatömeg,</li> <li>- móltömeg-eloszlás,</li> <li>- elágazottság,</li> <li>- keresztkötések száma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- egykristályok,</li> <li>- szferolitok mérete, eloszlása,</li> <li>- nagypariódus.</li> </ul>
Alkalmas vizsgálati módszerek	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>normál röntgen-diffrakció,</b></li> <li>- infravörös spektroszkópia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- normál röntgen-diffrakció,</li> <li>- elektron-mikroszkópia,</li> <li>- <b>infravörös spektroszkópia,</b></li> <li>- <b>DSC.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>GPC,</b></li> <li>- frakcionálási módszerek.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>kisszögű röntgen-diffrakció,</b></li> <li>- <b>polarizációs mikroszkóp.</b></li> </ul>

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 19 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



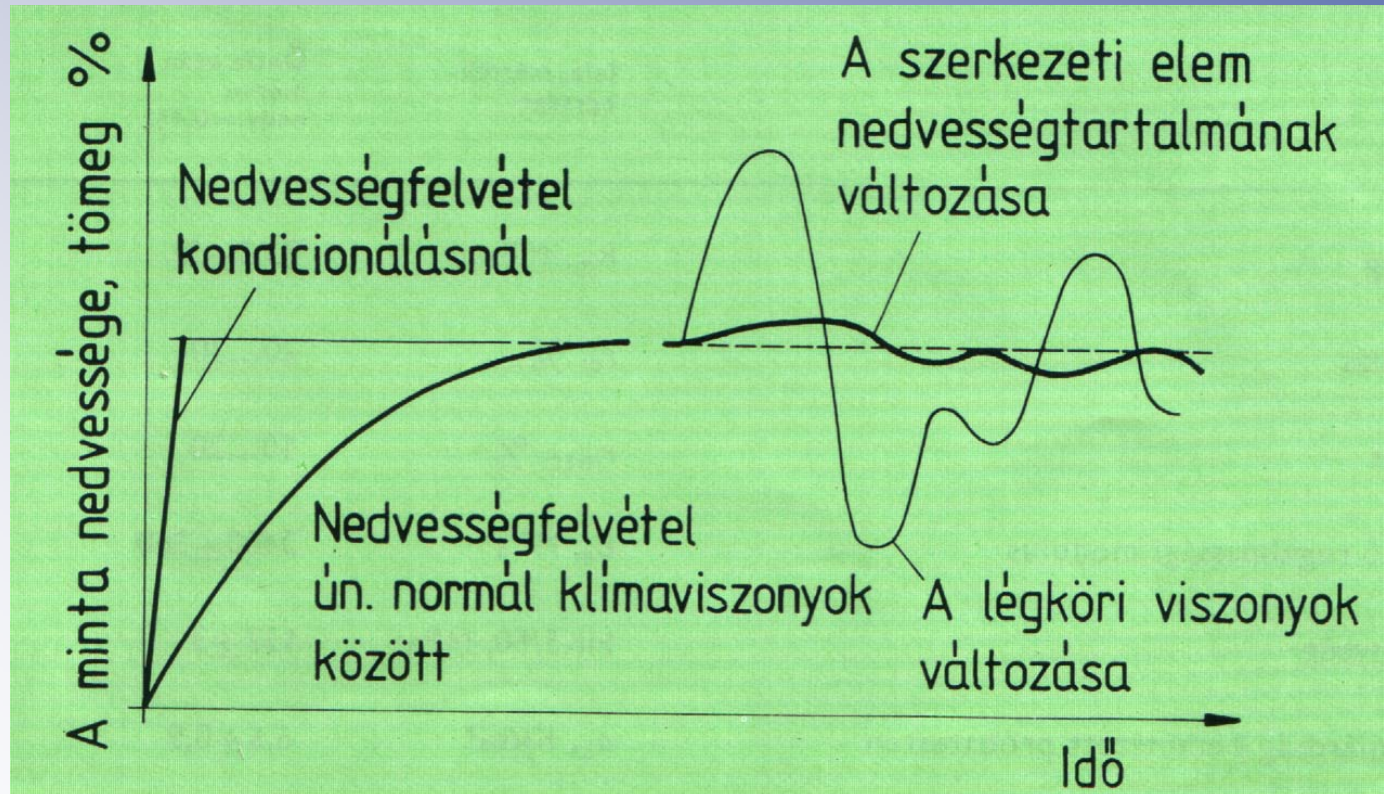


# 3. előadás

## Polimerek kémiai-, fizikai-, mechanikai tulajdonságai 2. rész

Polimer tulajdonságok =  $f(\text{anyag; nedvesség [RLN\%]})$

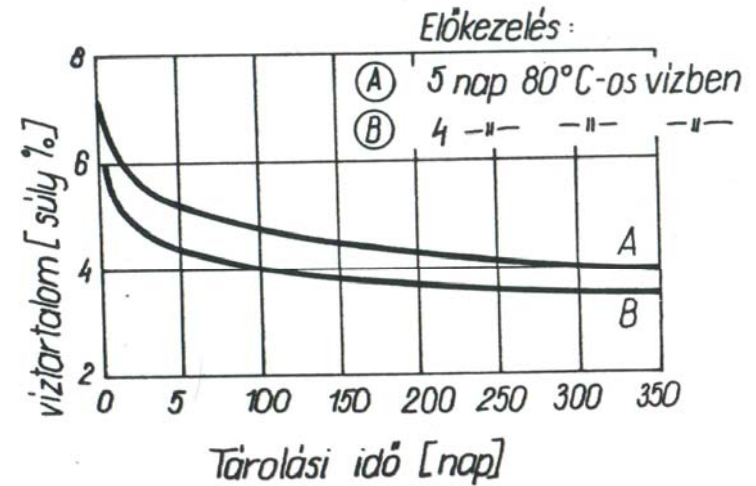
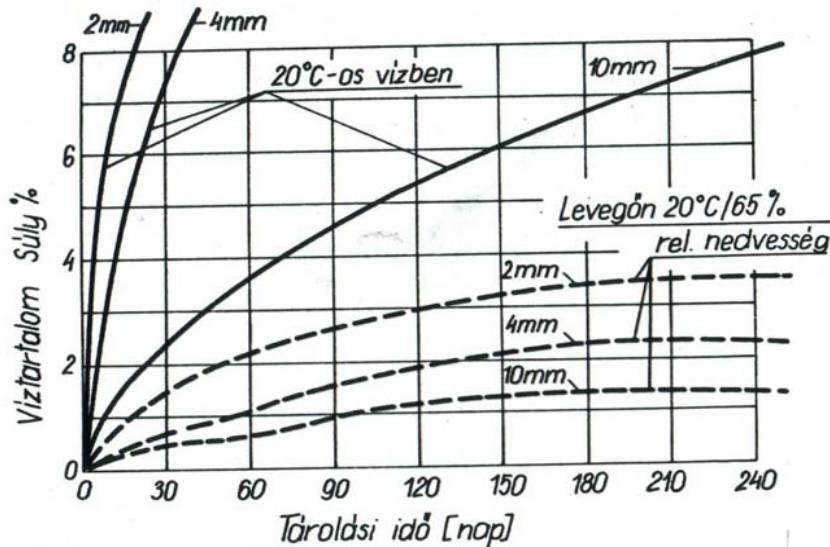
(A környezeti és a saját nedvességtartalom hatása PA6 példáján)



Nedvességfelvétel különféle körülmények között

# Polimer tulajdonságok

Polimer termékek tervezése 3.előadás



Vízfelvétel

Kísérleti tapasztalat

Vízleadás (deszorpció)  
„szárítás”

Európai klímaviszonyok között az öntött PA6 2-3 tömeg% nedvességet vesz fel. Ez az un. statisztikus, egyensúlyi nedvességtartalom egy adott klímában.

Polimer típusonként és az adott környezetben kell feltárni.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

Polimerek vízfelvételét két fő szempont szerint vizsgálhatjuk:

- egy **kinetikai** feltétel, ami a vízfelvétel sebességét adja,
- egy **termodinamikai**, ami az egyensúlyi állapotot definiálja.

A diffúziós folyamatokat Fick I. és II. törvényével írjuk le:

$$\text{Fick I. egyenlete: } I = -D \frac{\partial c}{\partial x} \quad \text{Fick II. egyenlete: } \frac{\partial c}{\partial t} = D \nabla^2 c, \quad \text{ill. } \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

Ahol: **I**: a diffúziós áram sűrűsége, azaz az anyagnak azon mennyisége, amely időegység alatt egységnyi felületen átáramlik,

**D**: diffúziós együttható,

**c**: a diffundáló anyag koncentrációja,

**x**: térbeli koordináta, amely merőleges a felületre,

**t**: az idő,

$\nabla^2$  Laplace operátor.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



A Fick II. egyenletet – a kezdeti és peremfeltételekkel – egy tetszőleges testre megadva írható, hogy

$$\frac{q}{Q} = 1,128 \cdot \frac{A}{V} \sqrt{D \cdot t}$$

Ahol:  $q$ : a  $t$  idő alatt felvett vízmennyiség,  
 $Q$ : a telítődéskor felvett vízmennyiség,  
 $A$ : a diffundáláshoz rendelkezésre álló szabad felület,  
 $V$ : a test térfogata.

A  $Q$  és  $D$  értékét kísérletileg kell meghatározni.

Pl. egy lemezre írható

$$c_t = c_{\max} \frac{2,256}{s} \sqrt{D \cdot t}$$

Ahol:  $c_t$ : a vízkoncentráció  $t$  idő alatt %-ban,  
 $c_{\max}$ : a telítettségi koncentráció %-ban,  
 $s$ : a lemez vastagsága cm-ben,  
 $D$ : a diffúziós állandó [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ].

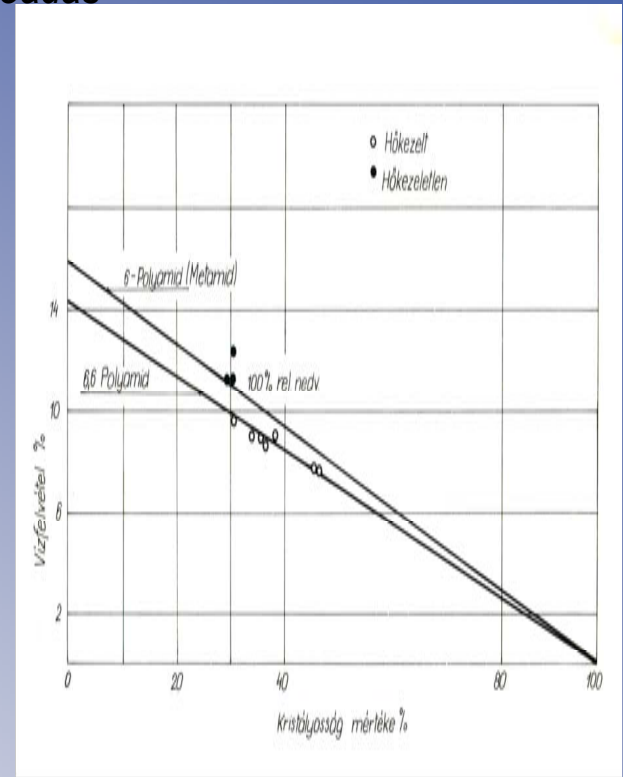
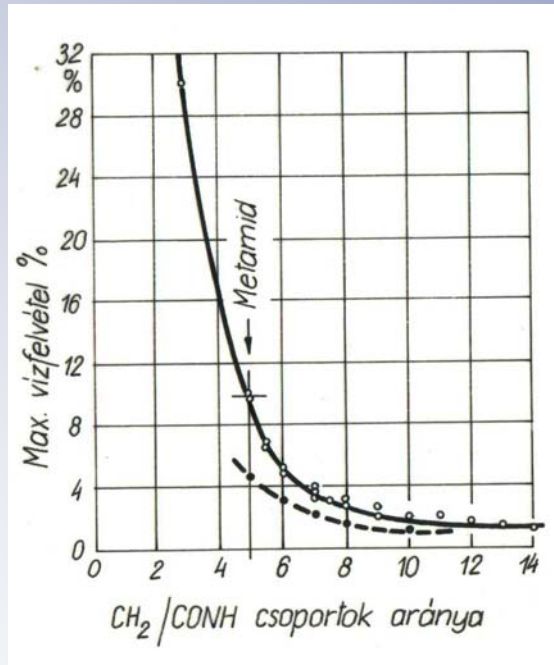
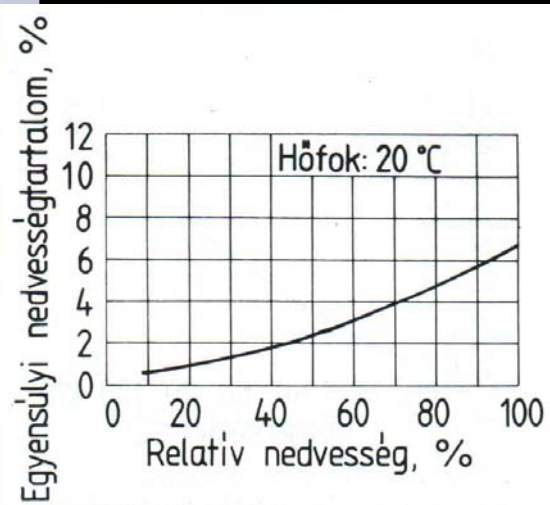
Ható tényezők

$Q$  ill.  $c_{\max} = f(\text{RLN } \%; T \text{ } ^\circ\text{C}; \text{KR } \%; \text{CH}_2/\text{CONH} \text{ arány})$

$D = f(T \text{ } ^\circ\text{C}; t; c_t)$

# Polimerek nedvességfelvétele

Polimer termékek tervezése 3.előadás



## Hatótényezők

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépészertechnológiai Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 7 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

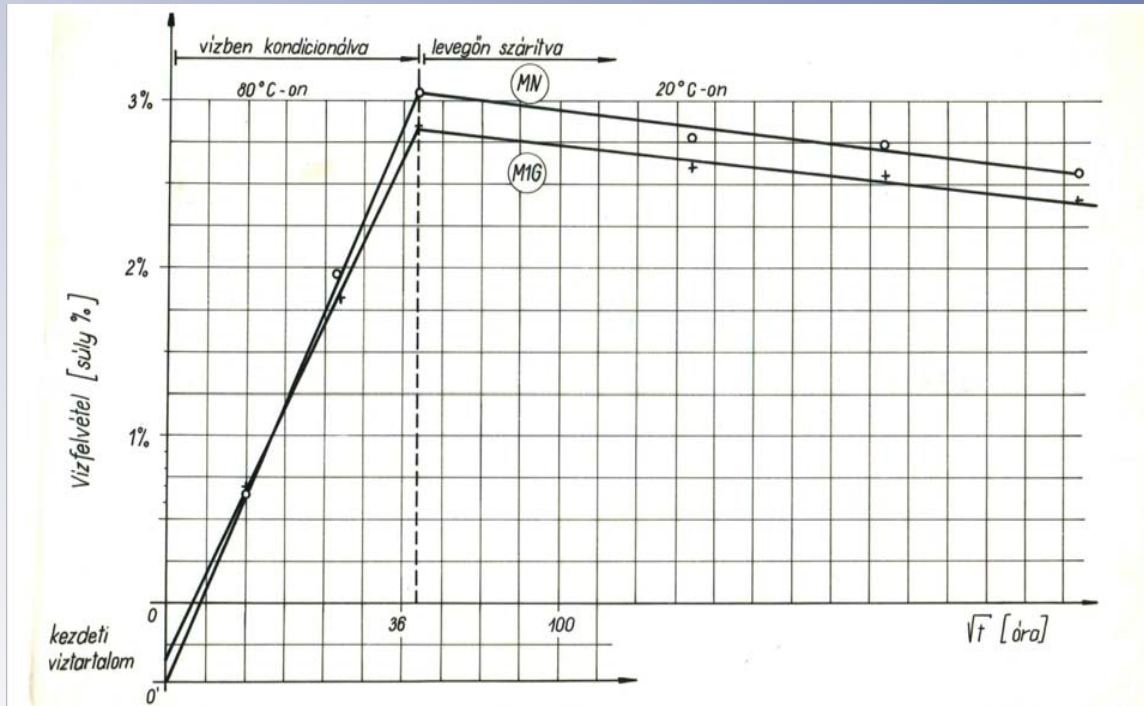
Magyarország célba ér





# Kondicionálási kísérlet

Polimer termékek tervezése 3.előadás



Egy PA6-os próbatest kondicionálási ill. szárítási kísérletének eredményei

Próbatest: 120x10x40

- $\sqrt{t}$  függvényében egyeneseket kapunk; ezek hajlásszöge arányos a D diffúziós állandóval;
- a D értékét jelentősen befolyásolja a T °C hőmérséklet;
- célszerű a kívánt – a működési környezethez illesztett – nedvességtartalmat vízben, magasabb hőmérsékleten, un. kondicionálással beállítani.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

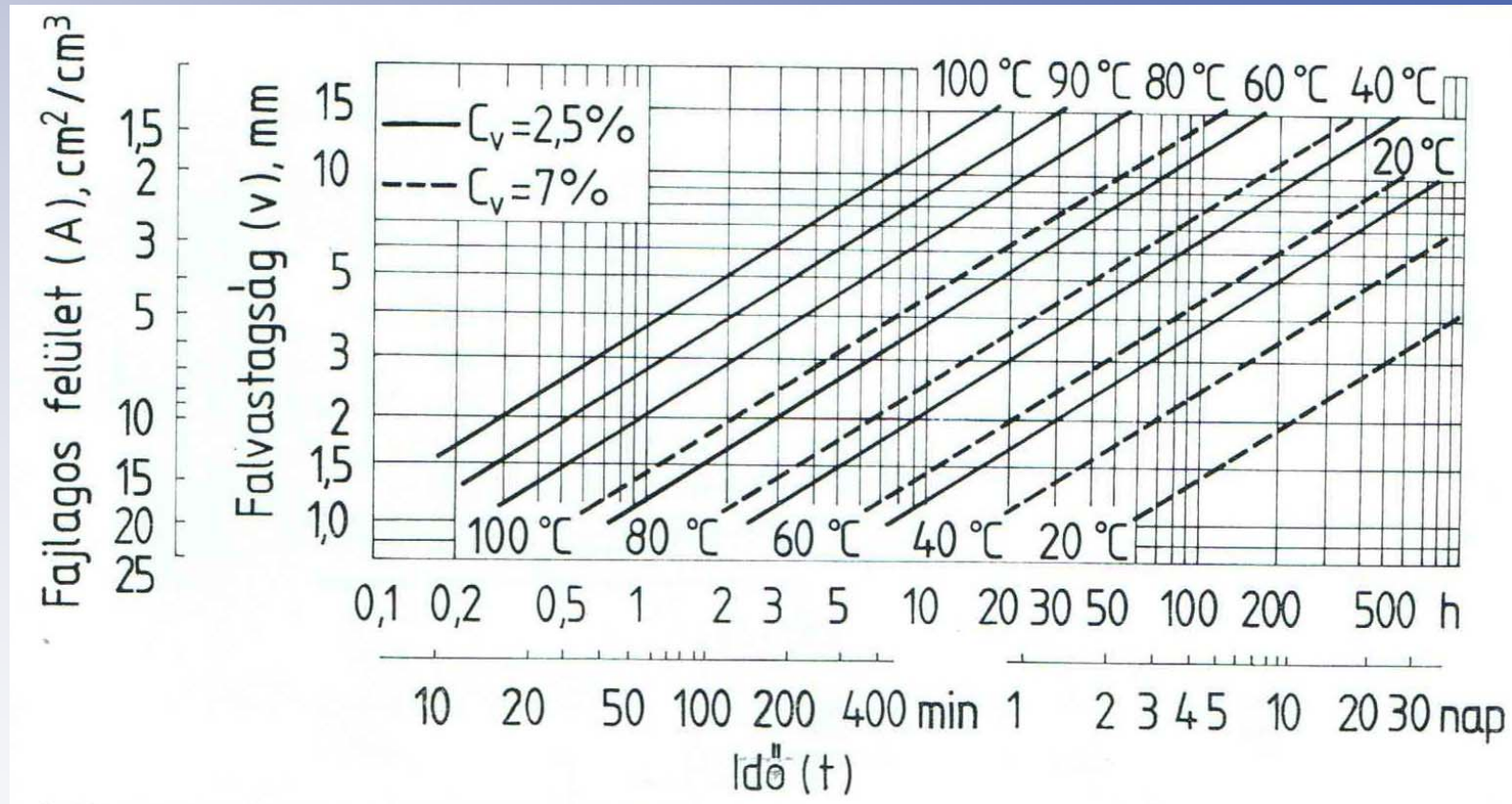
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Kondicionálási nomogram

Polimer termékek tervezése 3.előadás



Nomogram a PA6 kondicionálási idejének meghatározásához

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 9 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

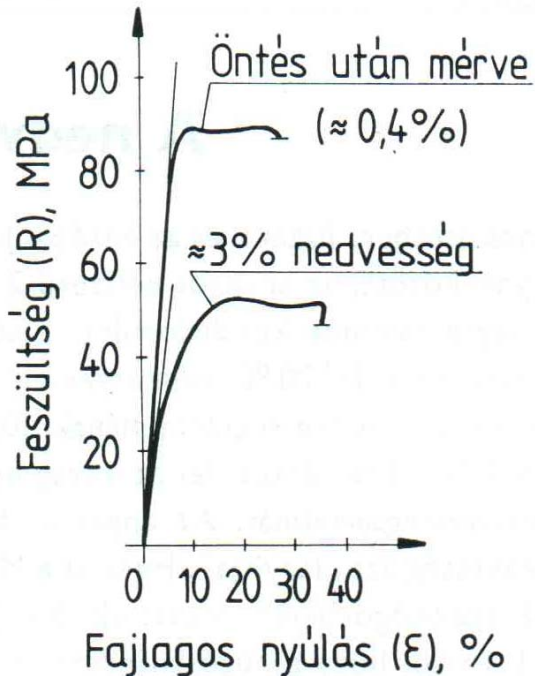


# Polimer tulajdonságok

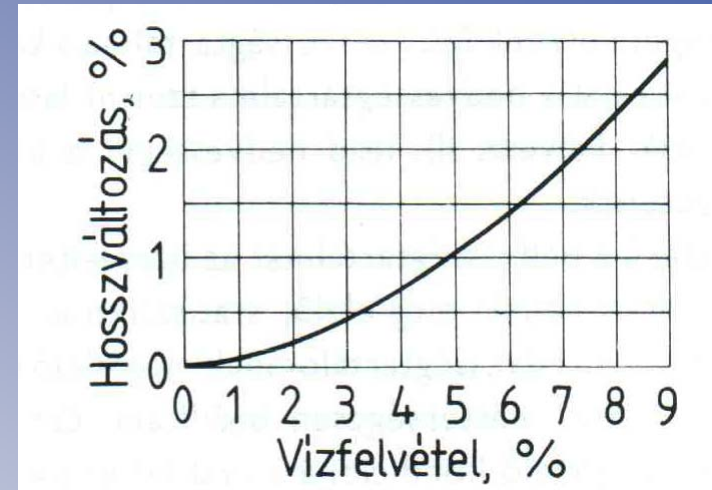
Polimer termékek tervezése 3.előadás

Mechanikai/fizikai tulajdonságok =  $f$  (anyag, nedvesség).

Öntött PA6 példája



Diffúzióval felvett nedvesség hatása a szakítógörbére



Az anyag lineáris hosszváltozása a vízfelvétel függvényében

Növekvő nedvességtartalom „lágyítja” az anyagot.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 10 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





# Polimerek tulajdonságai

Polimer termékek tervezése 3.előadás

## METAMID-N mechanikai tulajdonságai

T=20 °C

1-4. táblázat

Tulajdonság	Jele, mértékegysége	Öntés után mérve nedv.=0,4%	2,5...3% nedvesség-tartalomra kondicionált
Húzószilárdság	$R_m$ , MPa	73,5±2	52,2±2
Szakadási nyúlás	$\varepsilon_c$ , %	20...30	30...40
Maradó nyúlás	$\varepsilon_{mar}$ , %	10...20	20...30
Kezdeti érintő rugalmassági modulus	$E_o$ , MPa	3400±360	950±70
Brinell-keménység	HK5/50, MPa	137±3	74±6
Ütő-hajlító szilárdság bemetszett próbatesten	$a_k$ , KJ/m <sup>2</sup>	6,6±0,9	45±8
Lineáris hosszváltozás	$\Delta L$ , %	—	0,6...0,75

Növekvő nedvességtartalom „lágyítja” az anyagot.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 11 Fólia

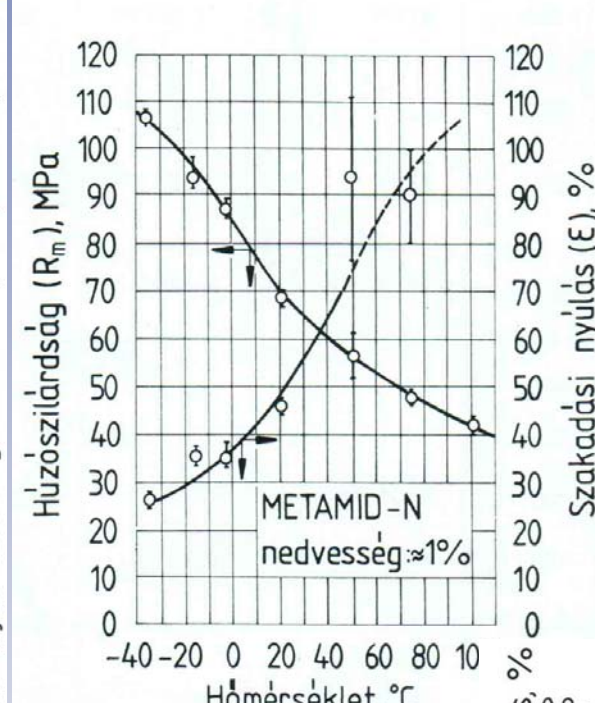
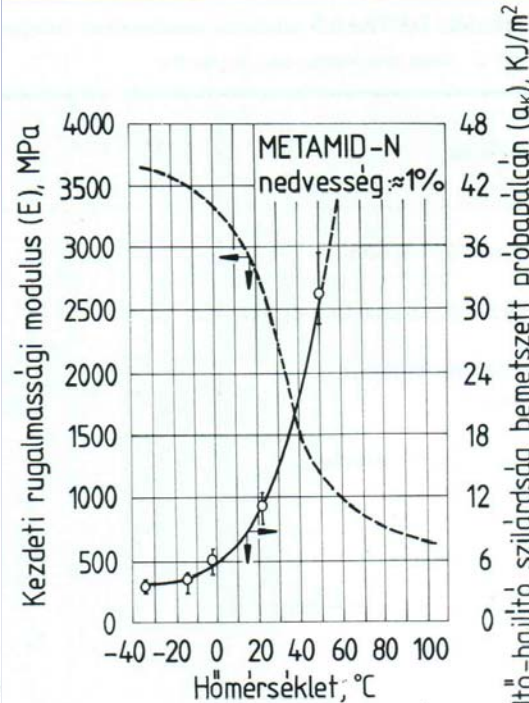
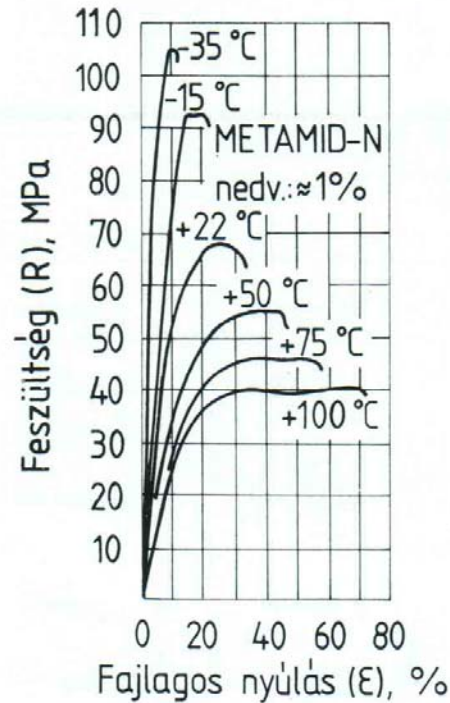
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

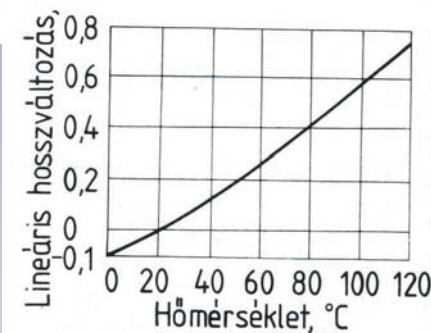


## Mechanikai/fizikai tulajdonságok = f (anyag, hőmérséklet).



Növekvő hőmérséklet:

- „lágyítja” az anyagot,
- lineáris hossz ill. térfogatváltozást okoz.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

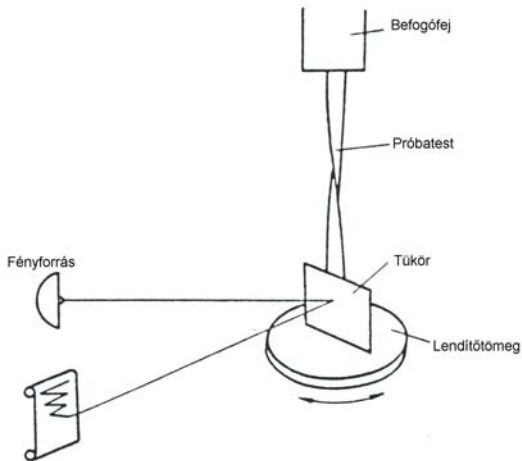
Valamely rugalmas tulajdonságok – általában a rugalmassági modulusok és a csillapítás – mérőszámainak széles hőmérséklet-tartományban való gyors és megbízható meghatározására szolgáló eljárások eredményeit termomechanikai görbének nevezzük.

Meghatározásuk történhet:

- szabadon csillapodó lengések (MSZ EN ISO 53445),
- gerjesztett lengések (DMA, DTA, egyéb eljárások), mért adatainak kiértékelésével.



## Az (MSZ EN ISO) DIN 53445 szabvány szerinti módszer



Elvi elrendezés

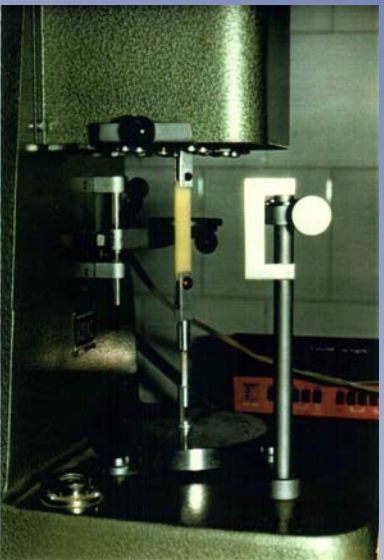


Zwick torsiométer



regisztrátuma és jellemzői

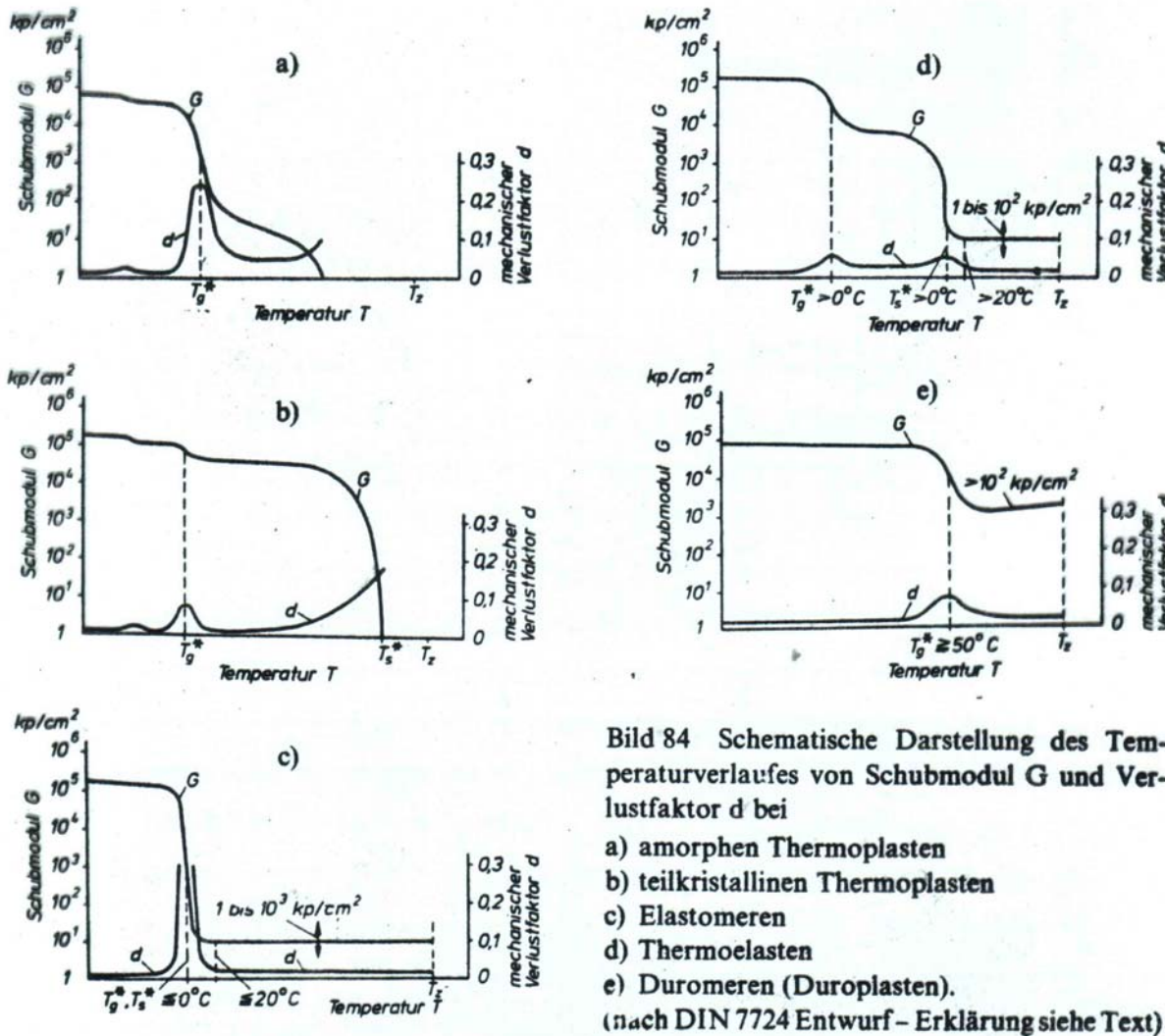
Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba





# Polimerek termomechanikai görbéi

Polimer termékek tervezése 3.előadás



Polimerek csoportba sorolása – tervezői szempontból – legmegbízhatóbban a termomechanikai görbék alapján történhet.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 15 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Termomechanikai görbék jellegzetes pontjai

$T_g$  üvegesedési-

$T_m$  olvadási- hőmérséklet

$T_v$  lágyulási-

$T_f$  folyási-

# Polimerek tulajdonságai = f (geometriai alak).

Polimer termékek tervezése 3.előadás

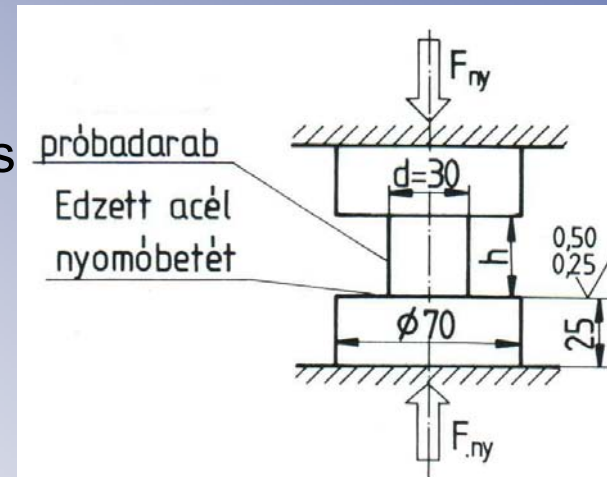
Viszkoelasztikus polimerek húzásra, nyomásra nem egyformán viselkednek.

Nyomóigénybevételkor az alakváltozások, a szilárdsági és a rugalmassági jellemzők függenek:

- a szerkezeti elem alakjától,
- az erőátadó felületek minőségétől és kenési állapotától.

Nyomóigénybevételre mutatott tulajdonságokat a szabványostól eltérő méretű és alakú testekkel, ún. formatestekkel végzett vizsgálatokkal tárhatjuk fel és egy  $f_t$  formatényezővel vehetjük figyelembe.

$$f_t = \frac{A_{\text{terhelt}}}{A_{\text{szabad}}} = \frac{d}{2h}$$



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 17 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Polimerek tulajdonságai = f (geometriai alak).

Polimer termékek tervezése 3.előadás

## Próbatest

- Szabványokban rögzített alakú,
- elsősorban minősítő, különféle anyagokat összehasonlító anyagjellemzőket ad.

[MSZ; EN; ISO; DIN...stb.]

## Formatest („ez a híd”)

- Nem szabványos alakú,
- az alakja (formatényezője) megválasztásakor törekedni kell arra, hogy a lehető legjobban modellezze a tervezendő szerkezeti elemet.

[Williams:]

## Szerkezeti elem

- Tényleges alakú és méretű elemek szimulációs, laboratóriumi vizsgálatai (un. utánzó kísérletek)

[pl. „Műanyag perselyek terhelés alatti alakváltozása”  
Műa. és gumi, 1977,  
2. sz. p.33-38 ]

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 18 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

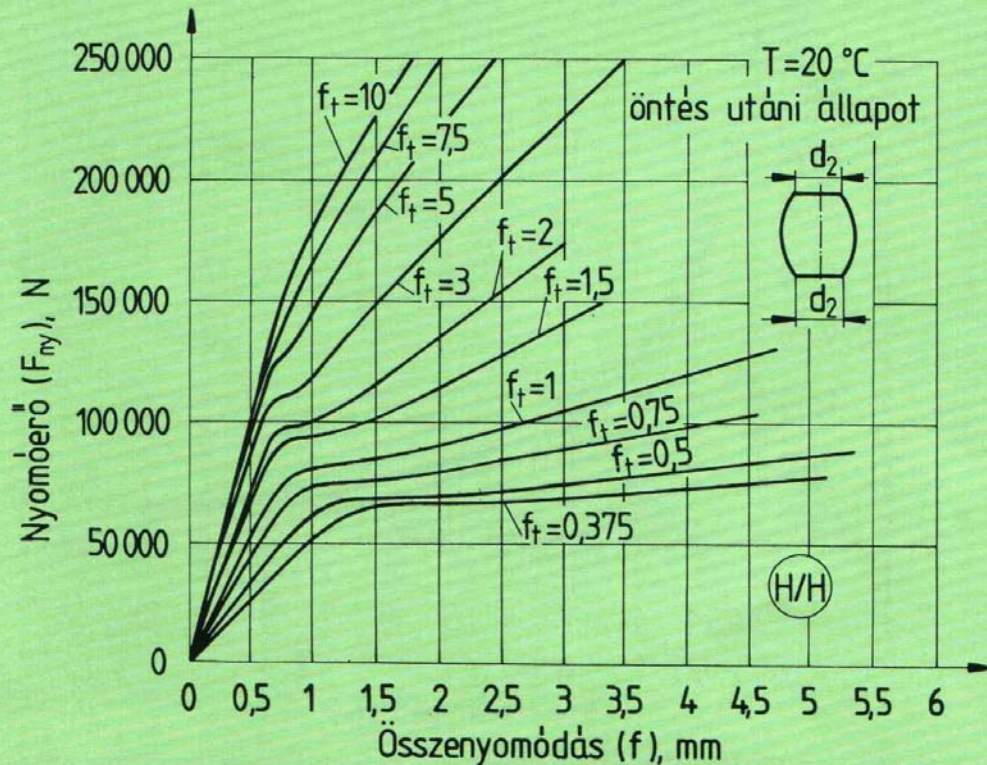
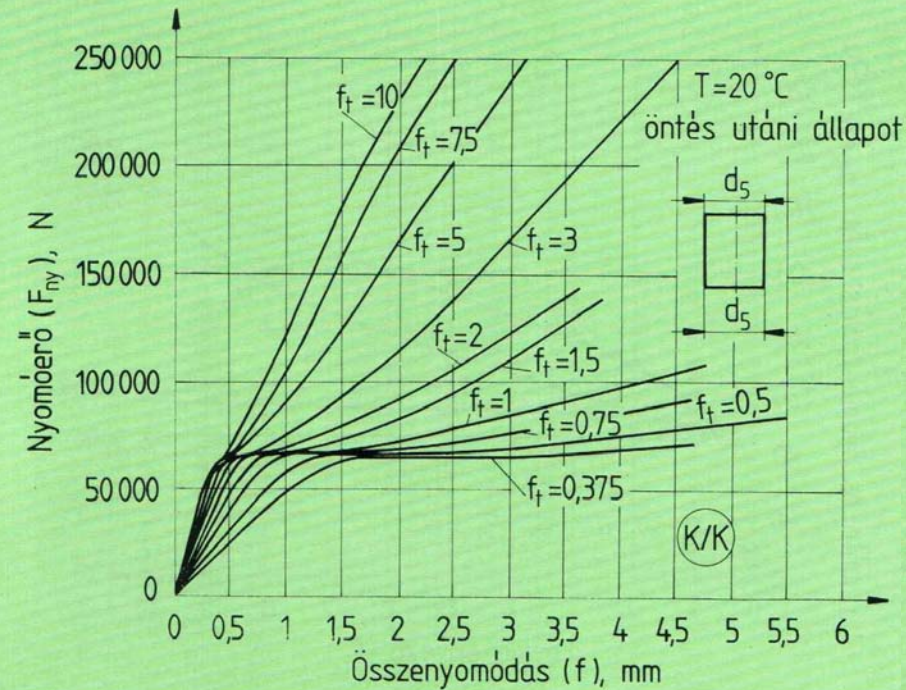
Magyarország célba ér





# Polimerek tulajdonságai = f (geometriai alak).

Polimer termékek tervezése 3.előadás



## Öntött PA6 nyomódiagramjai

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 19 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

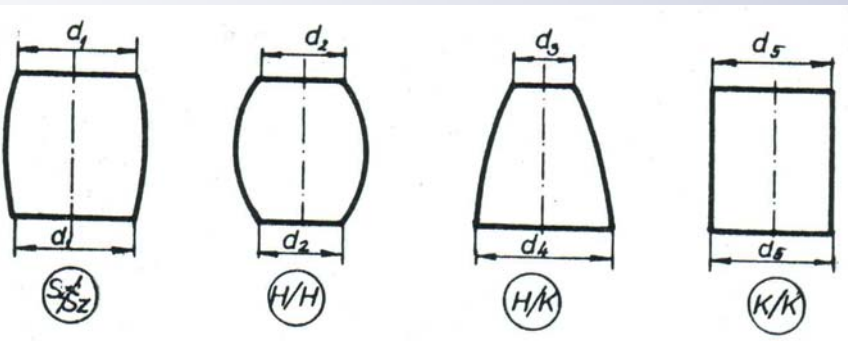
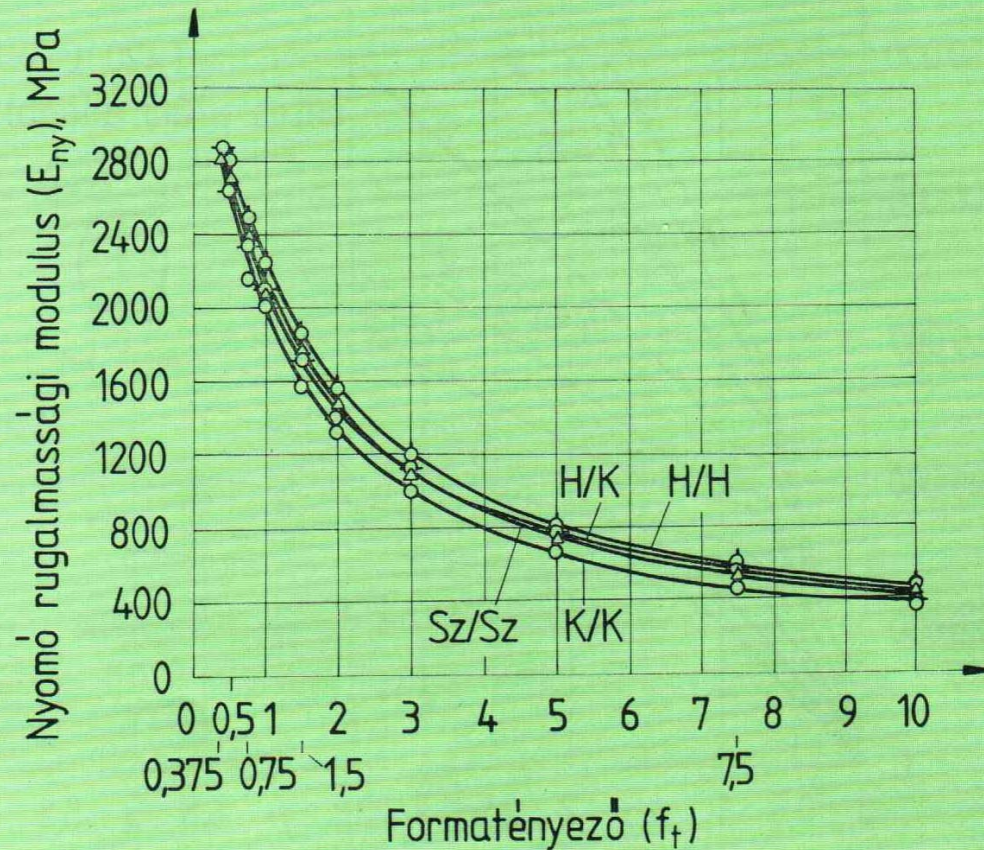
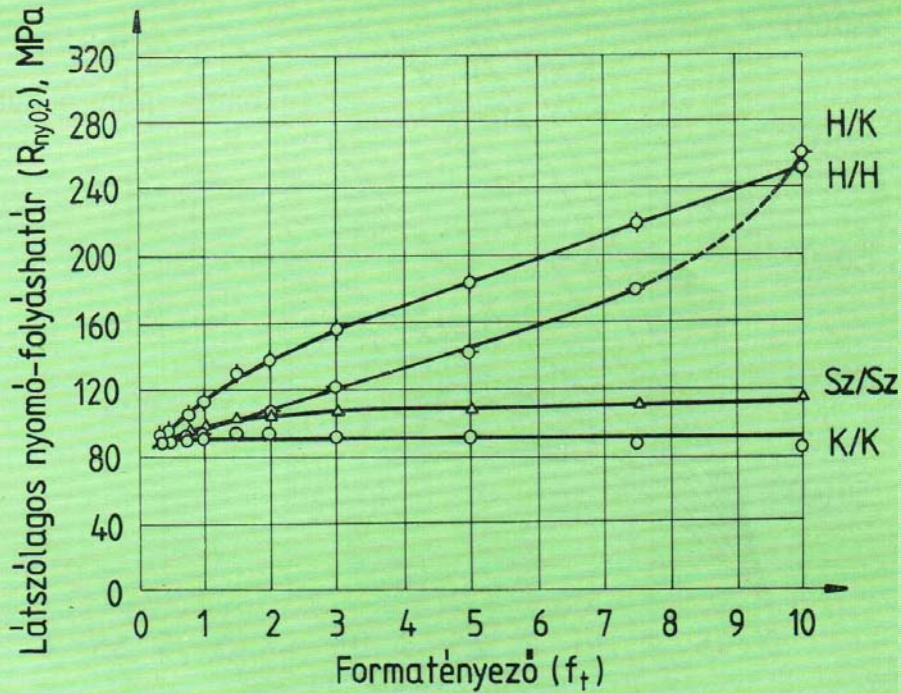




# Polimerek tulajdonságai = f (geometriai alak).

Polimer termékek tervezése 3.előadás

Mechanikai tulajdonságok a formatényező- és a terhelésátadó felület minősége függvényében



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 20 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

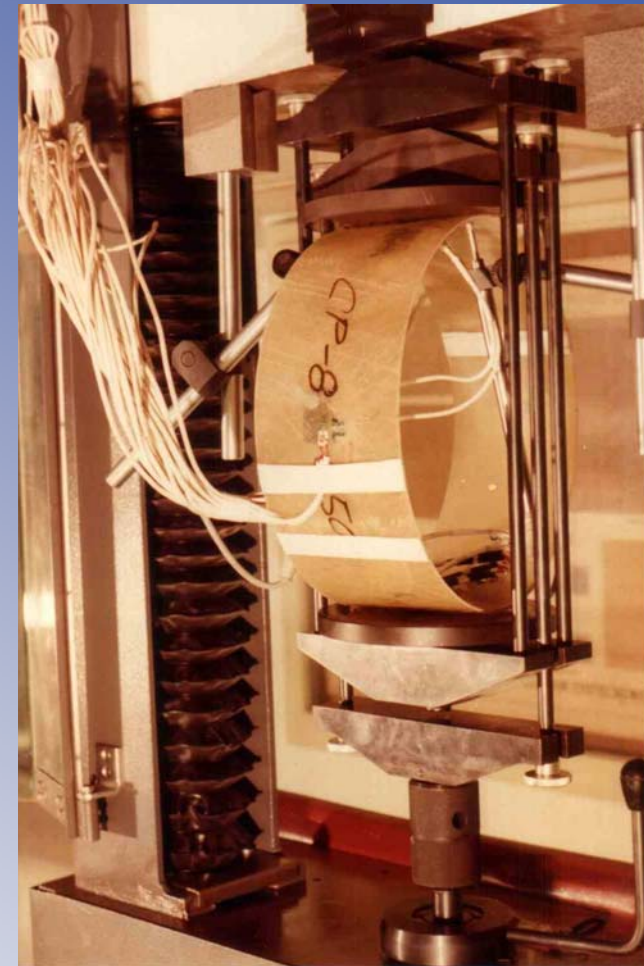
Magyarország célba ér





# Polimerek tulajdonságai = f (geometriai alak).

Polimer termékek tervezése 3.előadás



Üvegszál erősítésű, epoxi nyomástartó edényt modellező formatestek vizsgálati elrendezései a határalakváltozás és a szerkezeti rugalmassági modulus meghatározására.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 21 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





## 4. előadás

# Polimerek kémiai-, fizikai-, mechanikai tulajdonságai

## 3.rész

# A lineáris viszkoelasztikus elmélet

Viszkoeleasztikus polimerek tulajdonságai időben változnak.

Beszélhetünk:

- a mechanikai terheléstől (pl. : kúszás; fesz. relaxáció), ill.
- egyéb terheléstől (pl.: sugárzások) függő változásokról (pl.: öregedés; kémiai degradáció).

Ezek a hatások – a fémekétől eltérően – **már a szokásaink folytán átlagos körülmények között is kedvezőtlenül hatnak a polimerek fizikai/mechanikai tulajdonságaira.**

# Polimer tulajdonságok = $f(\text{idő})$

Polimer termékek tervezése 4. előadás

Polimerek jellegzetes viselkedési formái az idő függvényében  
mechanikai terhelés (pl. erő vagy alakváltozási kényszer) esetén:

1. Kúszás  $R = \text{konst.}$
2. Relaxáció  $\varepsilon = \text{konst.}$
3. Visszaalakulás  $R = 0$
4. Feszültségnövekedés  $dR = \text{konst}$
5. Alakváltozás növekedése  $d\varepsilon = \text{konst.}$

Feladat: az idő függvényében mérésekkel feltárni a különféle terhelésekre adott válaszokat, a tulajdonság függvényeket.

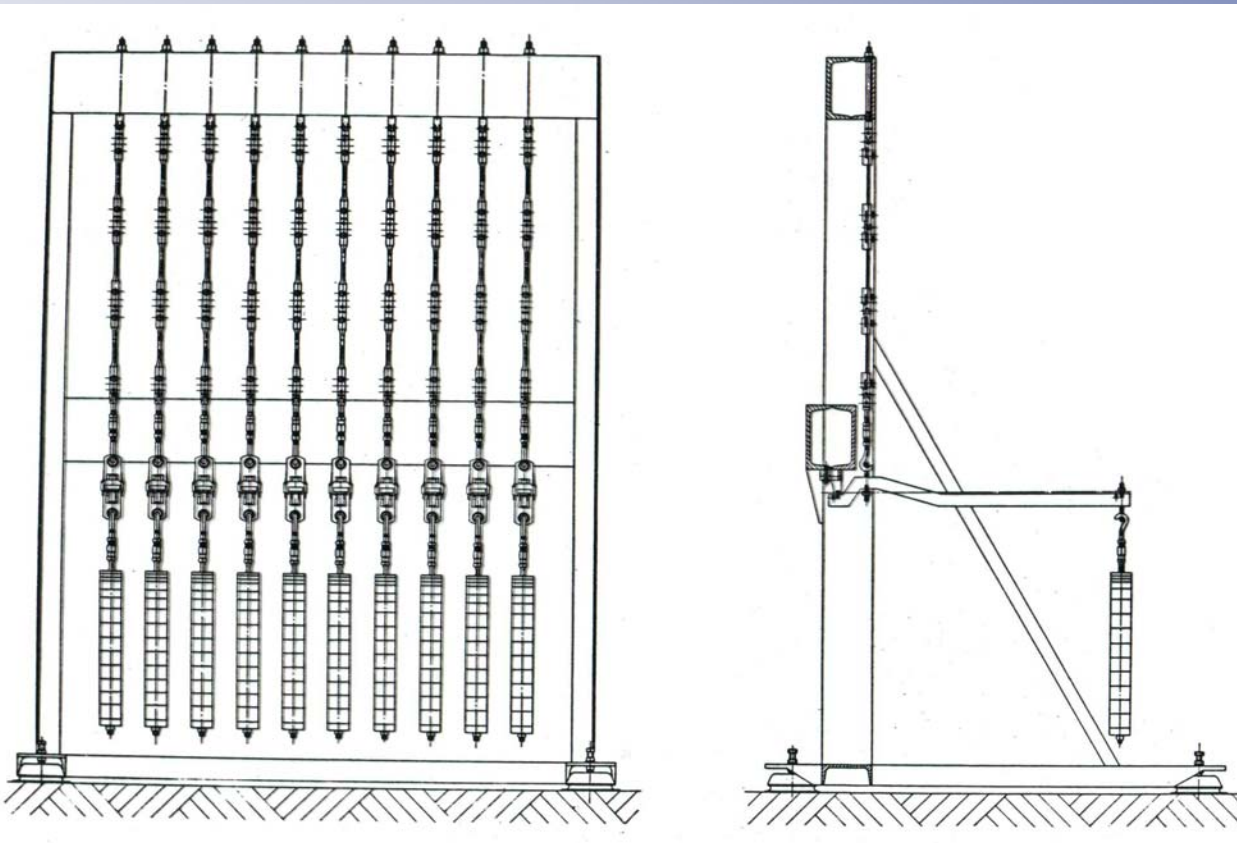
Cél: Meghatározni azokat az állapotegyenleteket, amelyek a feszültség-alakváltozás-hőmérséklet kapcsolatát adják. (A fizikai egyenletek felírása ill. az anyag-törvény keresése)

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Polimer tulajdonságok= f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Tartósídejű vizsgálati módszerek, eszközök és elsődleges mérési eredmények



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gsz i.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 4 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

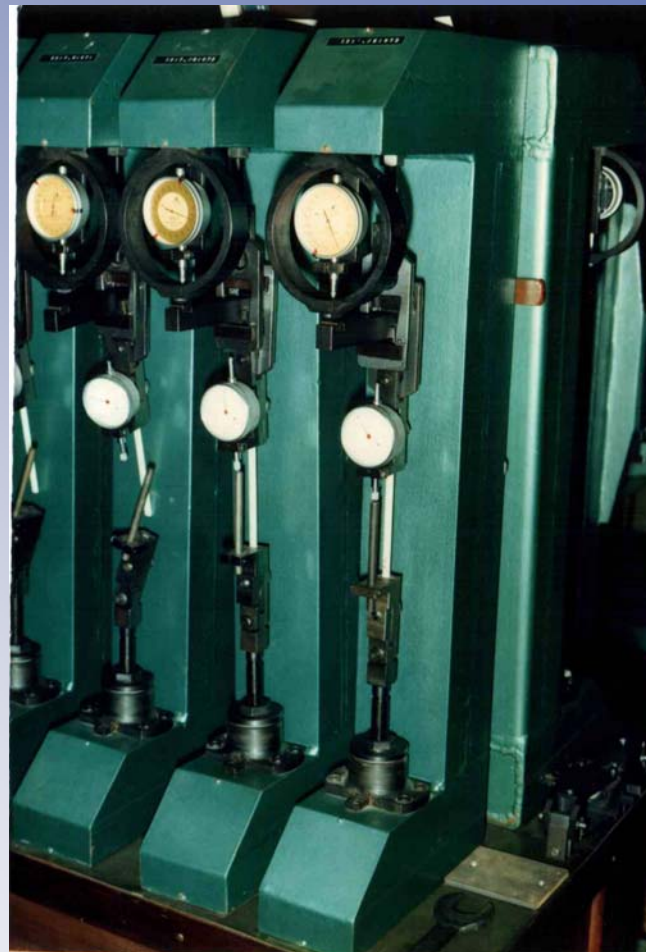
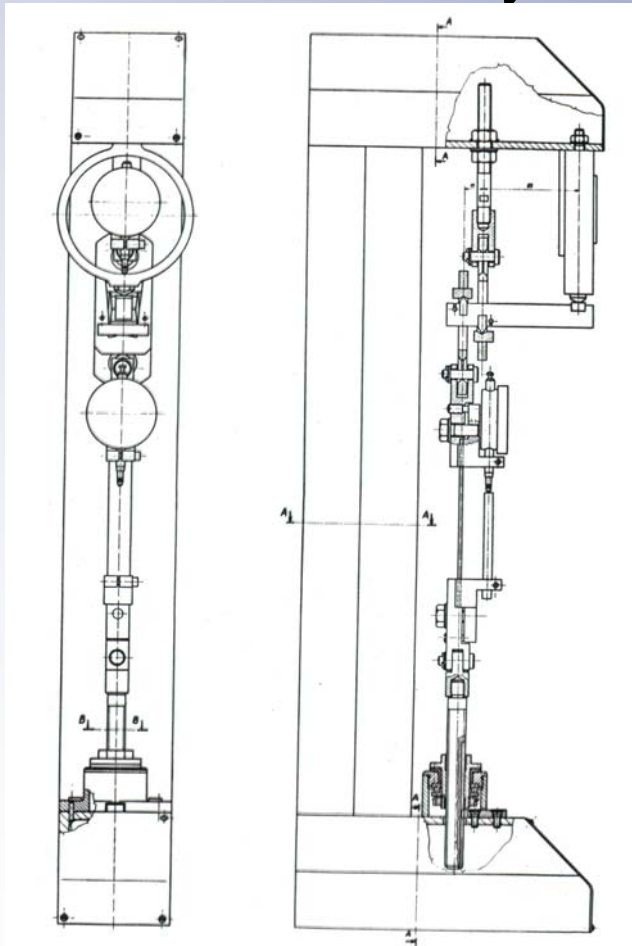




# Polimer tulajdonságok= f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Tartósídejű vizsgálati módszerek, eszközök és elsődleges mérési eredmények



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 5 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

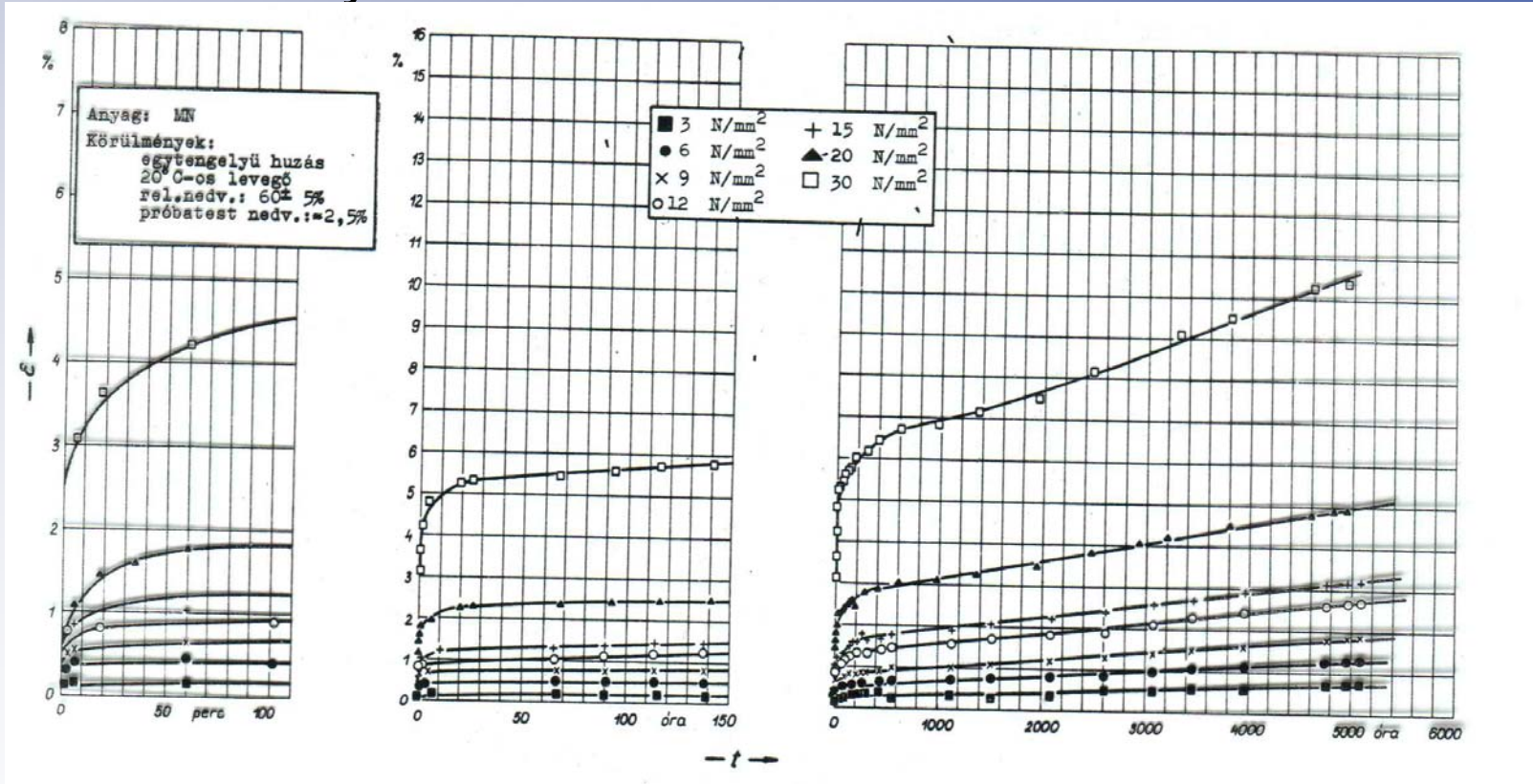




# Polimer tulajdonságok= f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Tartósídejű vizsgálati módszerek, eszközök és elsődleges mérési eredmények



Kísérleti, tapasztalati görbék; mérési eredmények szokásos ábrázolásai

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 6 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

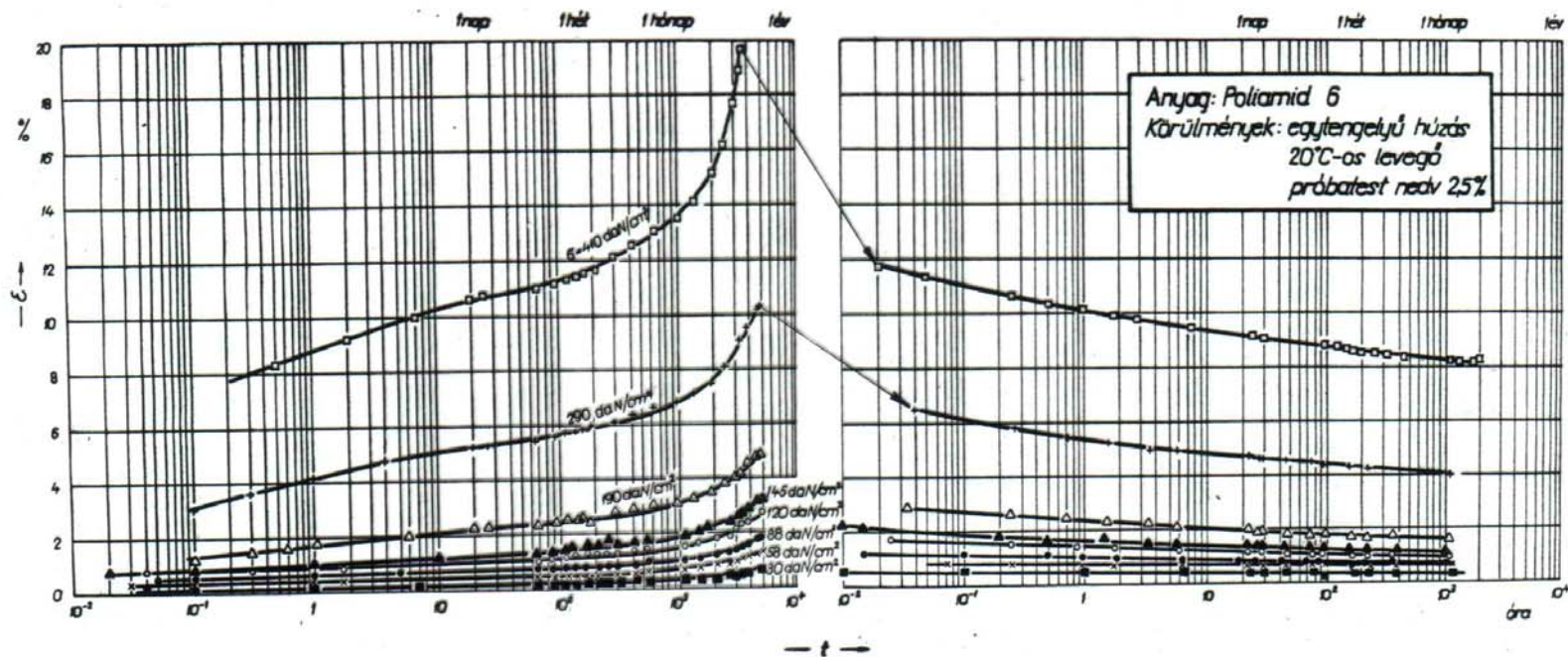
Magyarország célba ér



# Polimer tulajdonságok= f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Tartósídejű vizsgálati módszerek, eszközök és elsődleges mérési eredmények



## Kísérleti, tapasztalati görbék; mérési eredmények szokásos ábrázolásai

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 7 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

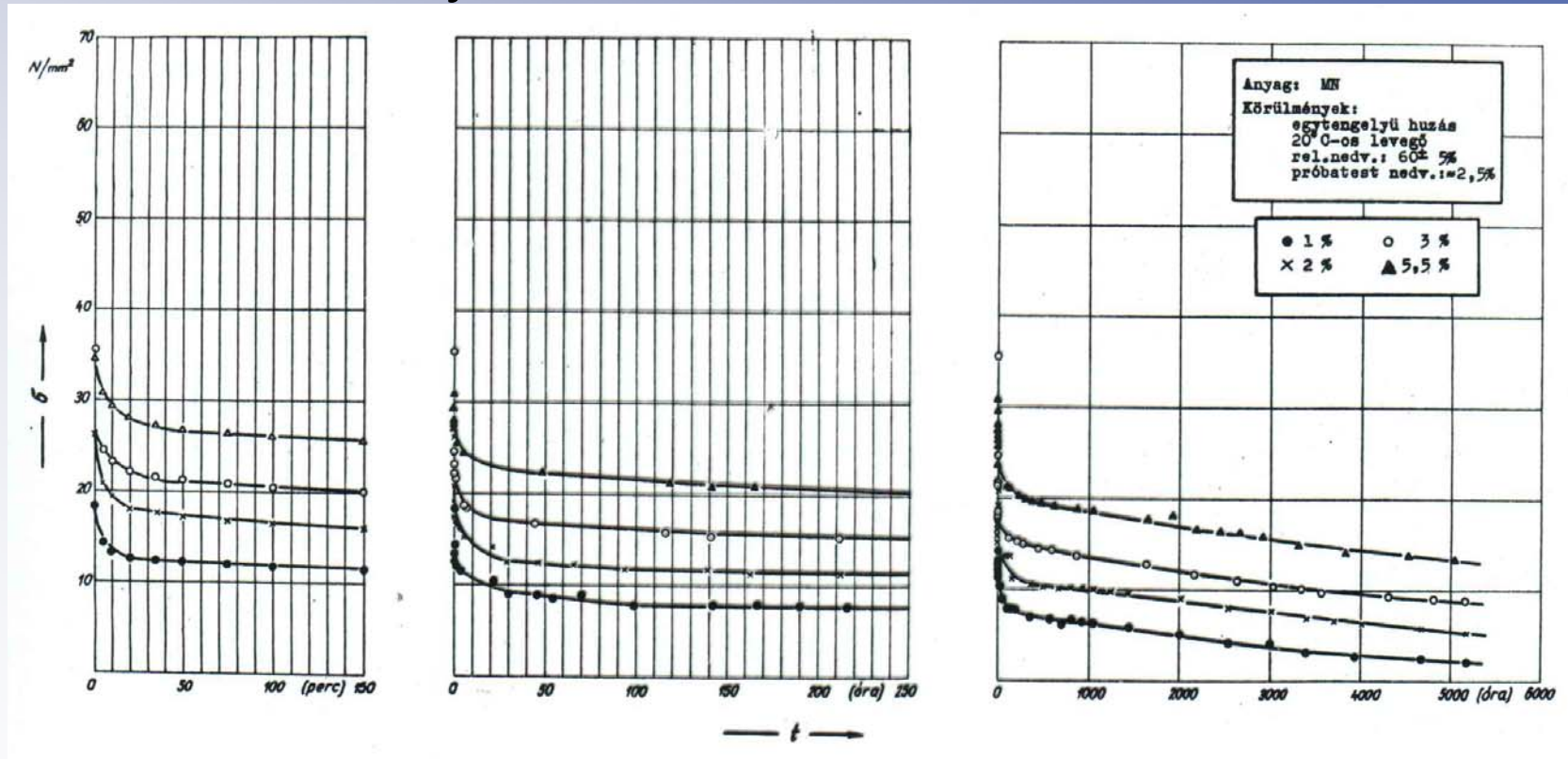




# Polimer tulajdonságok= f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Tartósídejű vizsgálati módszerek, eszközök és elsődleges mérési eredmények



## Kísérleti, tapasztalati görbék; mérési eredmények szokásos ábrázolásai

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszl.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

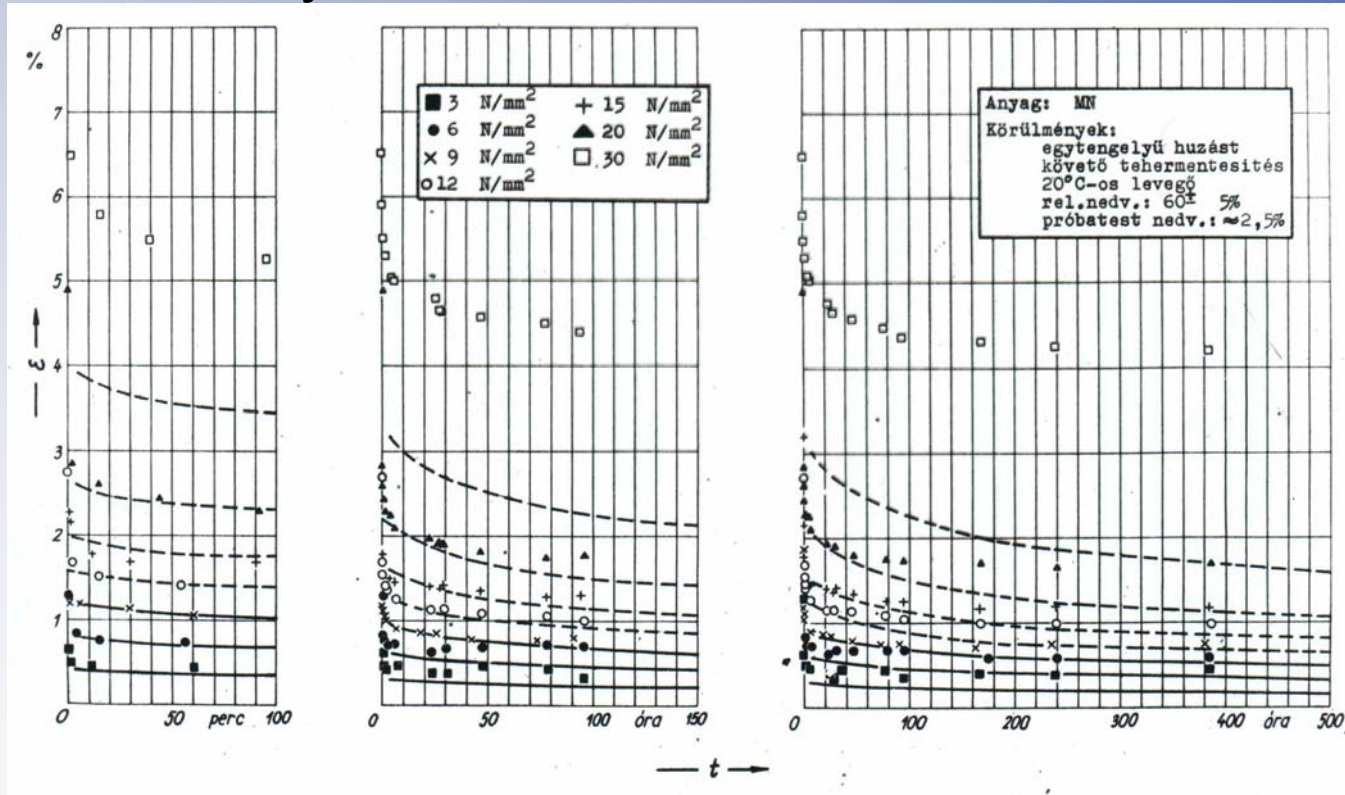
Magyarország célba ér



# Polimer tulajdonságok = f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Tartósídejű vizsgálati módszerek, eszközök és elsődleges mérési eredmények



## Kísérleti, tapasztalati görbék; mérési eredmények szokásos ábrázolásai

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 9 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Belátható:

- Polimerek esetén a tulajdonságokat („terhelésre adott válaszok”) a fémekétől eltérően már a szokásaink folytán átlagos körülmények között is tulajdonság-függvényekkel lehet és kell leírni, amiket mérésekkel kell feltárni.
- Egyidejűen vizsgálni kell ill. fel kell tárni a fizikai tönkremeneteli folyamatot, a mikrorepedezettségek keletkezési és terjedési körülményeit, a kritikus- vagy határalakváltozásokat. ( $\epsilon_{\text{krit}} = \epsilon_{\text{határ}}$ ).
- Szerkezeti elemek méretezési/ellenőrzési eljárásainak megalkotásához matematikailag le kell írni a fizikai egyenleteket, az „anyagtvény”-t.



## Az „anyagtvörvény” megalkotásának lehetőségei

- Rugókból (Hooke-elem) és csillapító tagokból (Newtoni-elem) felépített, soros és párhuzamos kapcsolások rendszerével alkotott modellviselkedését leíró differenciál-egyenletek felírása és az anyagállandóknak a mérési adatokból paraméter-identifikációval való meghatározása.

Számos ismert végeselemes eljárás alkalmaz ilyen modellezést.

- Lineáris differenciál egyenlettel, vagy
- Fenomenológiai egyenletekkel, amelyeknek az anyagállandóit a mérésekből szintén paraméter-identifikációval határozzuk meg.
- Egyéb, a mérnöki gyakorlatban kevésbé alkalmazott eljárások: pl. Laplace-transzformációs módszer; villamos analóg modellek; stb.

# Polimer tulajdonságok = f(idő)

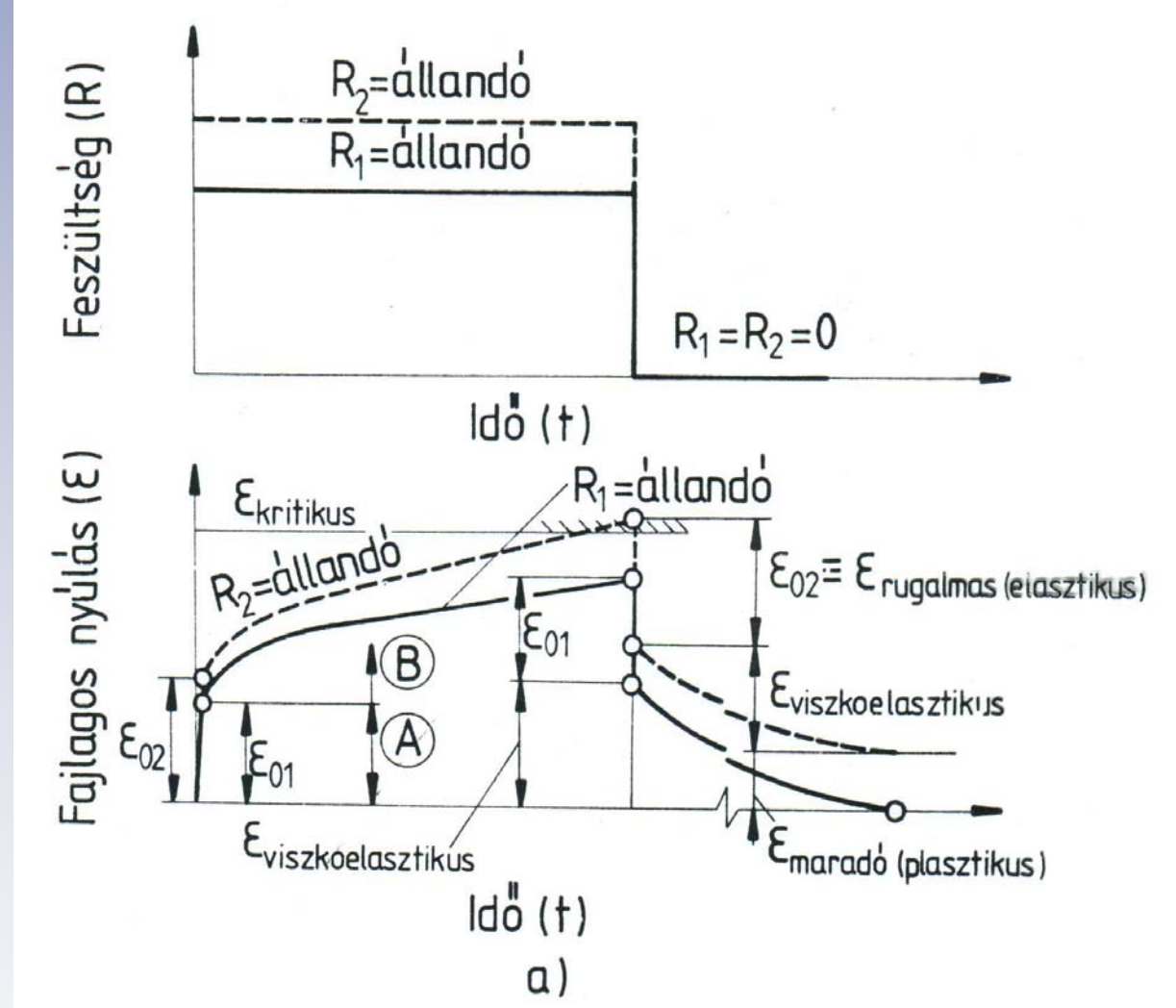
Anyagmodellek				
Modell	Maxwell	Kelvin-Voigt	Burgers	Standard solid
Viselkedését leíró differenciálegyenlet	$\dot{\sigma} - \frac{\sigma}{\eta} = E\dot{\epsilon}$	$\sigma = E\epsilon + \eta\dot{\epsilon}$	$\dot{\epsilon} + \frac{\eta_1}{E_2}\dot{\sigma} = \frac{\eta_2}{E_1 E_2}\sigma + \frac{\eta_1 + \eta_2}{\eta_1 E_1 + \eta_2} \dot{\epsilon} + \frac{\sigma}{\eta_1}$	$\frac{\dot{\sigma}}{E_2} + \frac{\sigma}{\eta} = \frac{E_1}{\eta}\epsilon + \dot{\epsilon}(1 + \frac{E_1}{E_2})$
a feszültség időben állandó $\sigma = \sigma_0 = \text{áll.}$	$\epsilon = \sigma_0 \left[ \frac{t}{\eta} + \frac{1}{E} \right]$	$\epsilon = \frac{\sigma_0}{E} \left[ 1 - e^{-\frac{E}{\eta}t} \right]$	$\epsilon = \sigma_0 \left[ \frac{1}{E_1 + \frac{E_2}{\eta}} + \frac{1}{E_2} \left( 1 - e^{-\frac{E_2}{\eta}t} \right) \right]$	$\epsilon = \frac{\sigma_0}{E_1} \left[ 1 - \frac{E_2}{E_1 + E_2} e^{-\frac{E_1 E_2}{\eta(E_1 + E_2)}t} \right]$
Viselkedése terheléskor, ha... az alakváltozás időben állandó $\epsilon = \epsilon_0 = \text{áll.}$	$\sigma = E\epsilon_0 e^{-\frac{E}{\eta}t}$	$\sigma = E\epsilon_0$	$\sigma = A e^{-\lambda_1 t} + B e^{-\lambda_2 t}$ $\lambda_{1,2} = \frac{-[E_1(\eta_1 + \eta_2) + E_2 \eta] \pm \sqrt{[E_1(\eta_1 + \eta_2) + E_2 \eta]^2 - 4E_1 E_2 \eta_1 \eta_2}}{2\eta_1 \eta_2}$	$\sigma = E_0 \epsilon_0 \left[ E_1 + E_2 e^{-\frac{E_2}{\eta}t} \right]$

# Polimer tulajdonságok = f(idő)

A modell		áttalánosított Maxwell	áttalánosított Kelvin-Voigt
Neve			
Jelképi jelölése			
Viselkedését leíró összefüggés		<p>Állandó alakváltozás esetén.</p> $\varepsilon = \varepsilon_0 = \text{áll}$ $\sigma = \varepsilon_0 \left[ E_0 + \sum_{i=1}^n E_i e^{-\frac{E_i}{\eta_i} t} \right]$	<p>Állandó terhelés esetén</p> $\sigma = \sigma_0 = \text{áll}$ $\varepsilon = \sigma_0 \left[ \frac{1}{E_0} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_i} \left( 1 - e^{-\frac{E_i}{\eta_i} t} \right) \right]$

# Polimer tulajdonságok = f(idő)

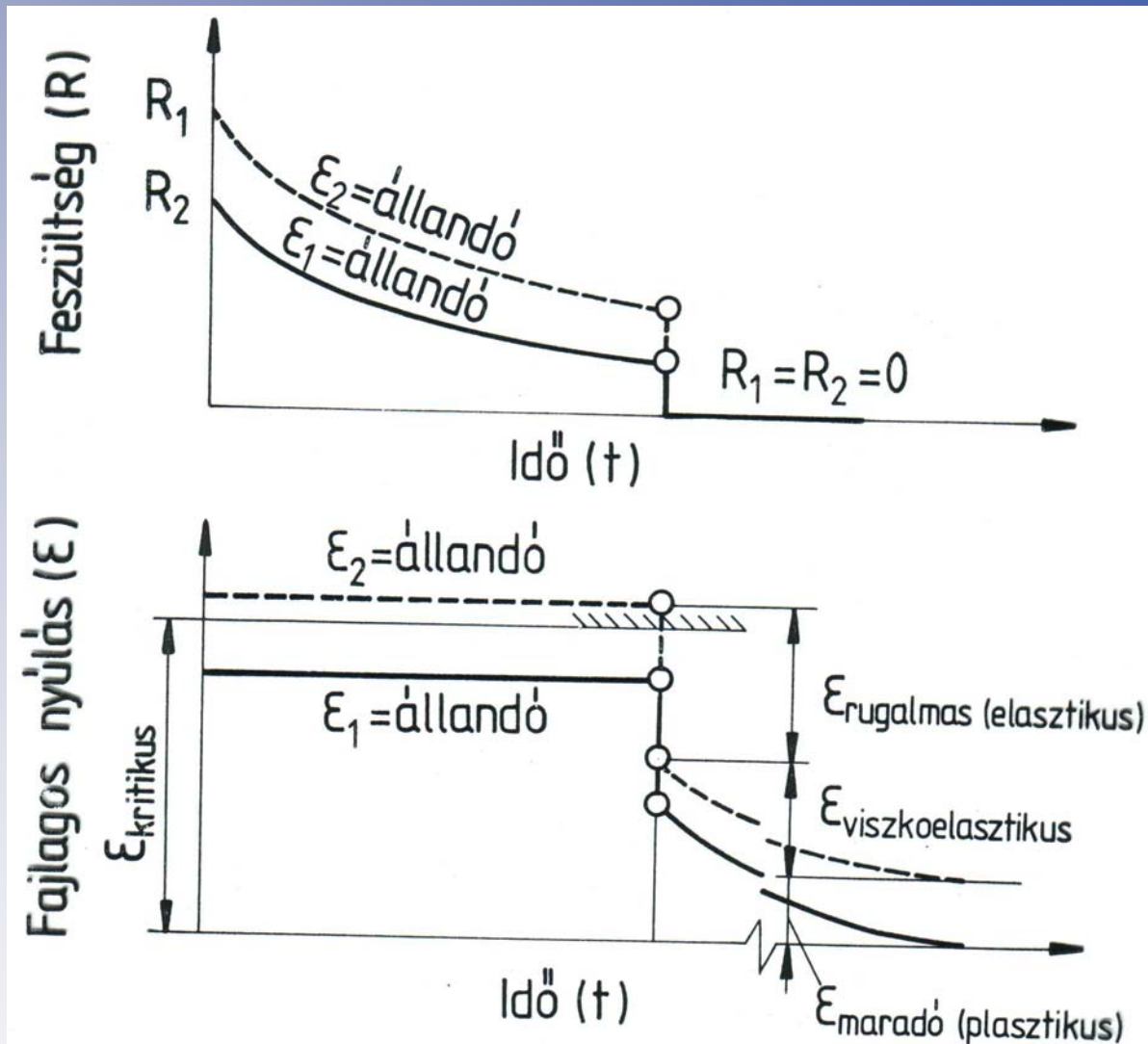
## Kúszásgörbe





# Polimer tulajdonságok = f(idő)

## Relaxációs-görbe



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



# Polimer tulajdonságok = f(idő)

## Fenomenológiai modellek

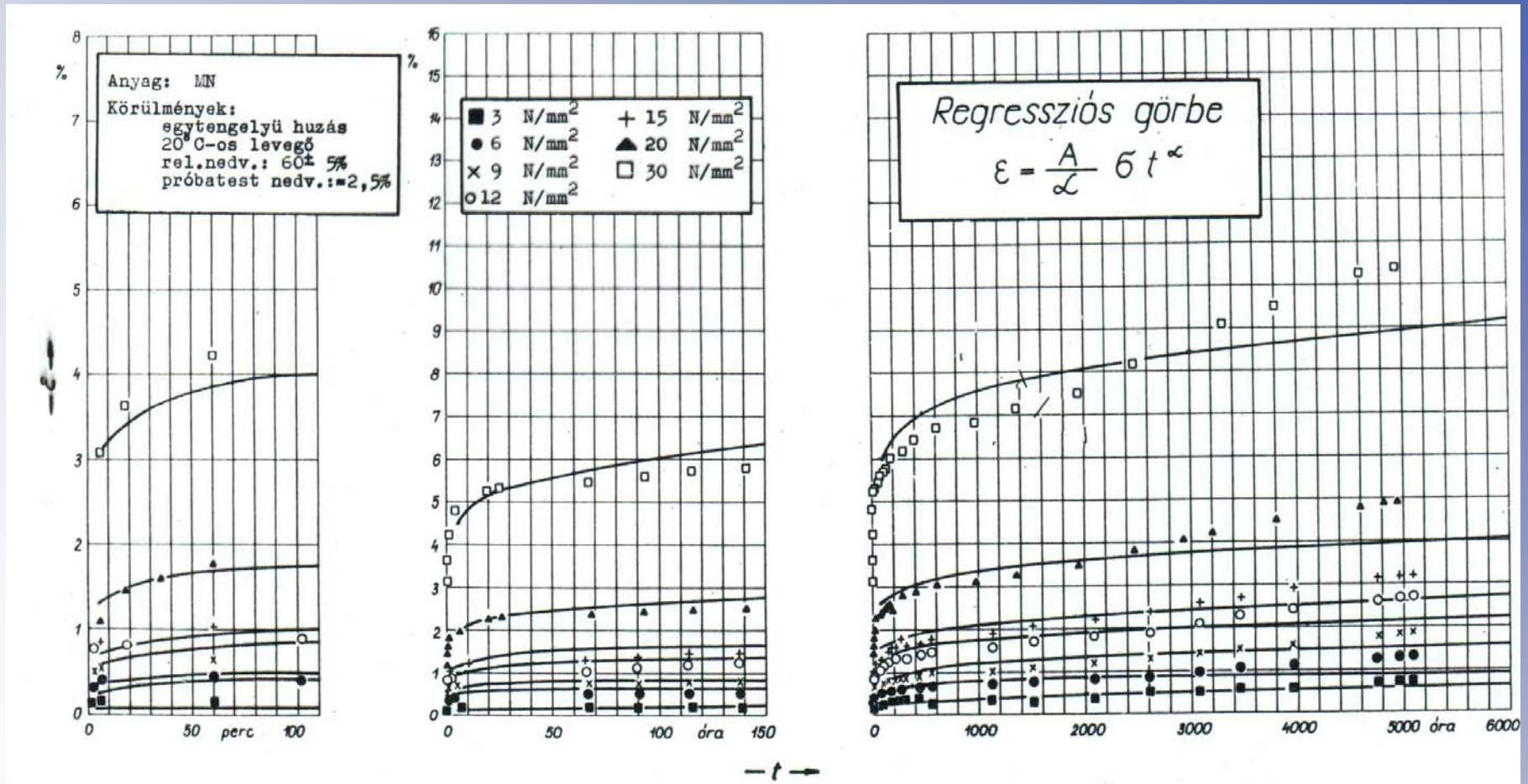
Fenomenológiai összefüggések	Eredet	Függvény paraméterek	Függvény jele
$\varepsilon = \frac{A}{\mathcal{L}} \sigma t^{\mathcal{L}}$	Bobrov [7]	$A, \mathcal{L}$	1
$\varepsilon = \varepsilon_0' \operatorname{sh} \frac{\sigma}{\sigma_\varepsilon} + m \left( \frac{t}{t_0} \right)^n \operatorname{sh} \frac{\sigma}{\sigma_m}$	Findley [21]	$\varepsilon_0, \sigma_\varepsilon, m$ $n, \sigma_m$	2
$\varepsilon = \varepsilon_0 \left( \frac{t}{t_0} \right)^n$	Hugo, J. [31]	$\varepsilon_0, n$	3
$\varepsilon = B \cdot t \cdot \sigma^n$	[31]	$B, n$	4
$\varepsilon = kt \cdot e^{\lambda \sigma}$	Dunbar [31]	$k, \lambda$	5
$\varepsilon = c \cdot t \cdot \operatorname{sh} \frac{\sigma}{\sigma_1}$	Nádai [31]	$c, \sigma_1$	6
$\varepsilon = a \log(1 + bt)$	Tapsell [31]	$a, b$	7
$\varepsilon = \varepsilon_0 + D \sigma^m (1 - e^{-qt}) + B \sigma^n t$	Marin-Pao [88]	$\varepsilon_0, D, m,$ $q, B, n$	8
$\varepsilon = A \sigma^m t^n$	Selenev [82]	$A, m, n$	9

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Polimer tulajdonságok = f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Bobrov-Király-féle identifikáció eredménye



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 17 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

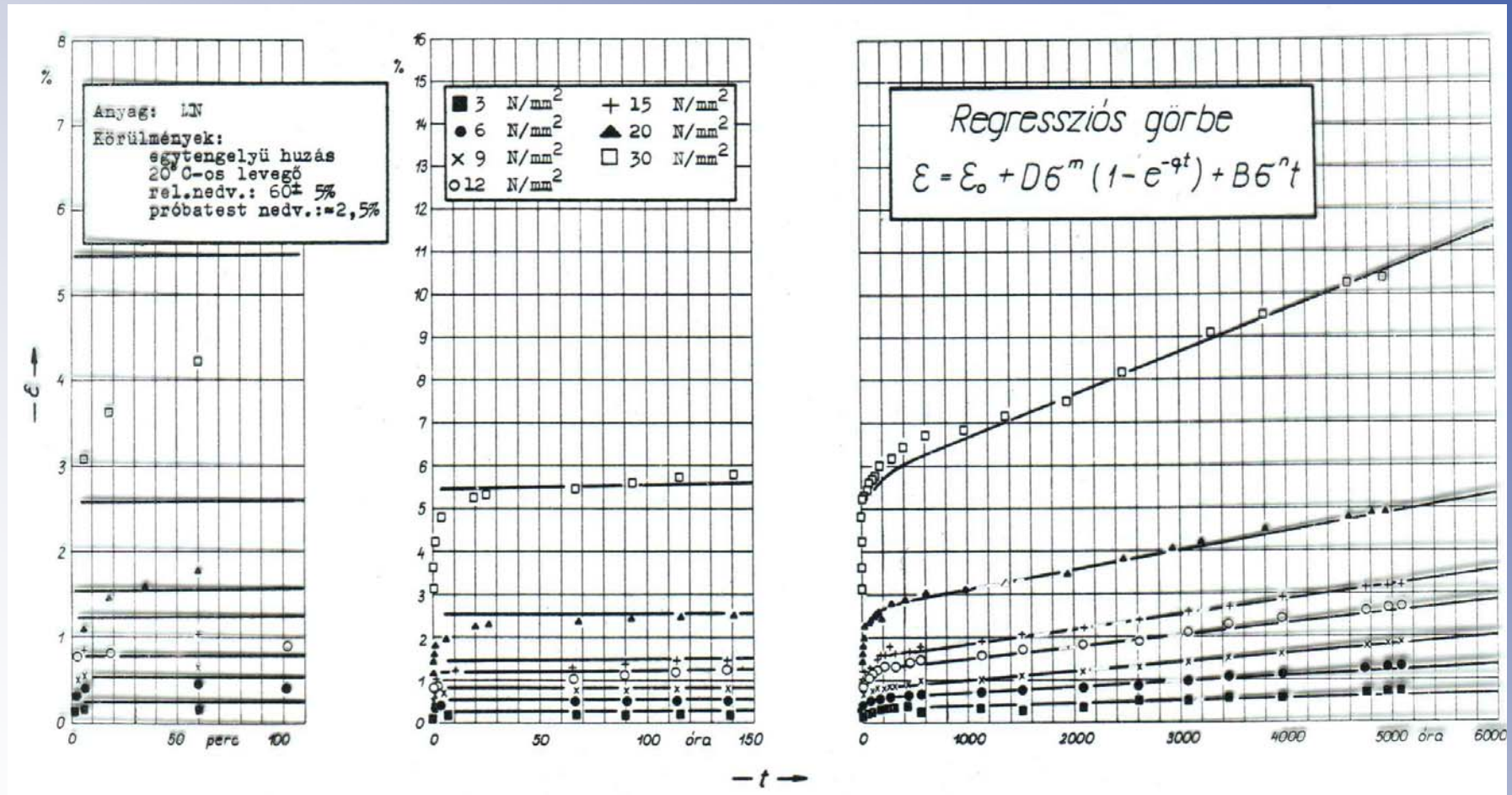
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Polimer tulajdonságok= f(idő)

## Marin-Pao féle identifikáció eredménye



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



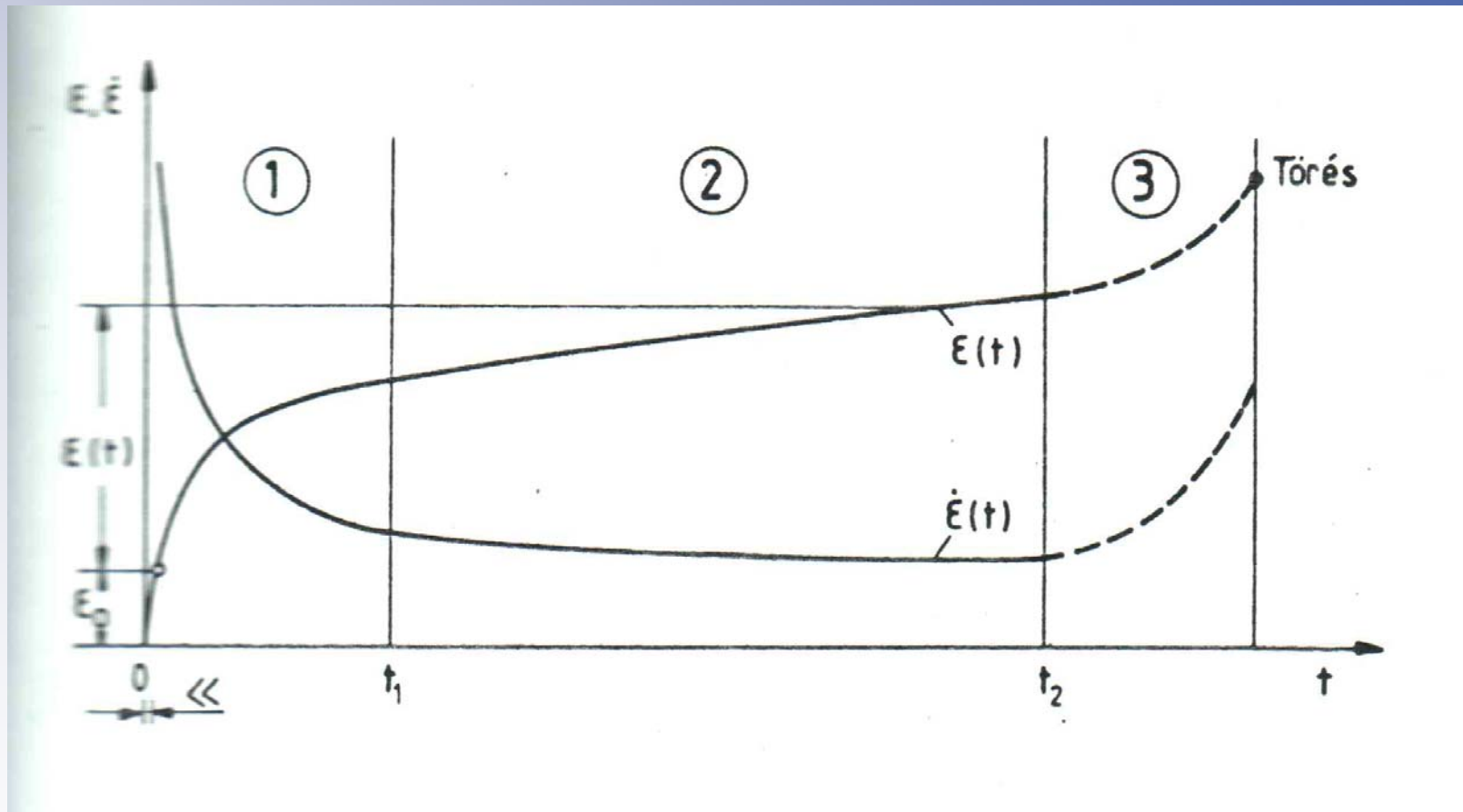
## Belátható:

- a rugókból és csillapító tagokból felépített modellek, mind minőségileg, mind mennyiségileg csak sok elem esetén közelítik az anyag valós viselkedését, az egyenletek bonyolultak, így a mérnöki gyakorlat számára kevésbé alkalmasak, továbbá
- egyáltalán nem tükrözik a valós tönkremeneteli folyamatot, sem alakváltozásként (feszültségként), sem időben nem tartalmazzák a határállapot adatokat.

Megoldást a kúszás fenomenológiai leírására alapozott, lineáris viszkoelasztikus elmélet és a határállapotok (mikrorepedezés) fizikai mérések útján való feltárása adhat.

# Polimer tulajdonságok = f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás



Általános kúszásgörbe és jellegzetes szakaszai fenomenológiai ábrázolásban

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 20 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





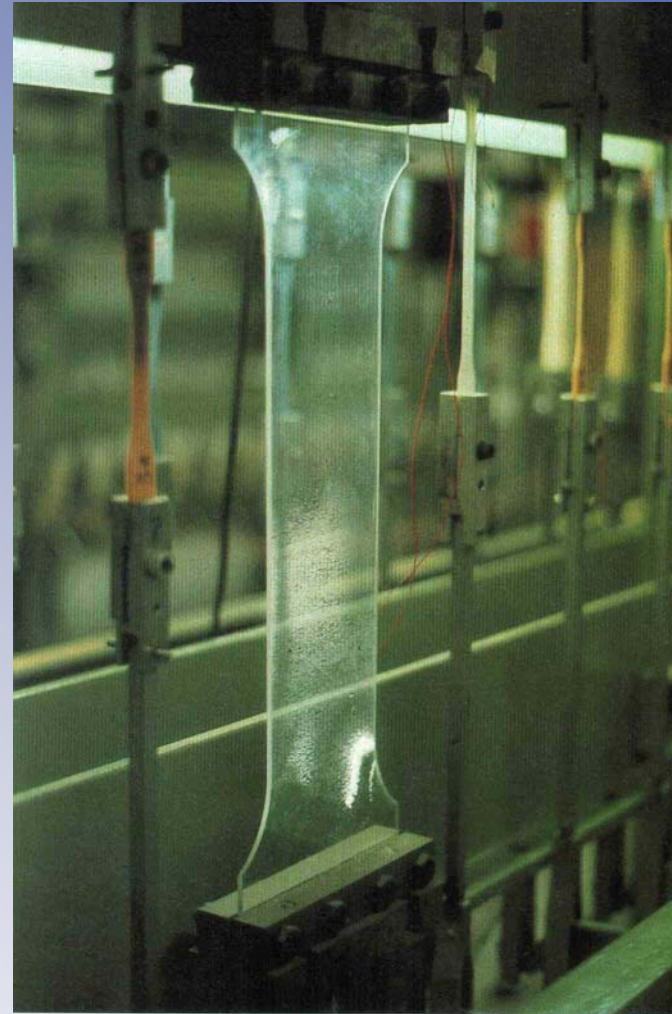
## A mikrorepedések feltárásának módszerei:

- Fényabszorpciós eljárással  
Optikailag átlátszó vagy áttetsző anyagok esetén.  
[Menges-Rostkothen]
- Ultrahang hanggyengülésének mérésével  
Optikailag nem átlátszó anyagokra is alkalmas.  
[Marosfalvi-Horváth]
- Hangemisszió analízissel  
Elsősorban erősített és társított rendszerek esetén  
[Marosfalvi-Gresiczki-Czigány]

# Polimer tulajdonságok= f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

## Mikrorepedezett demonstrációs próbatest



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 22 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

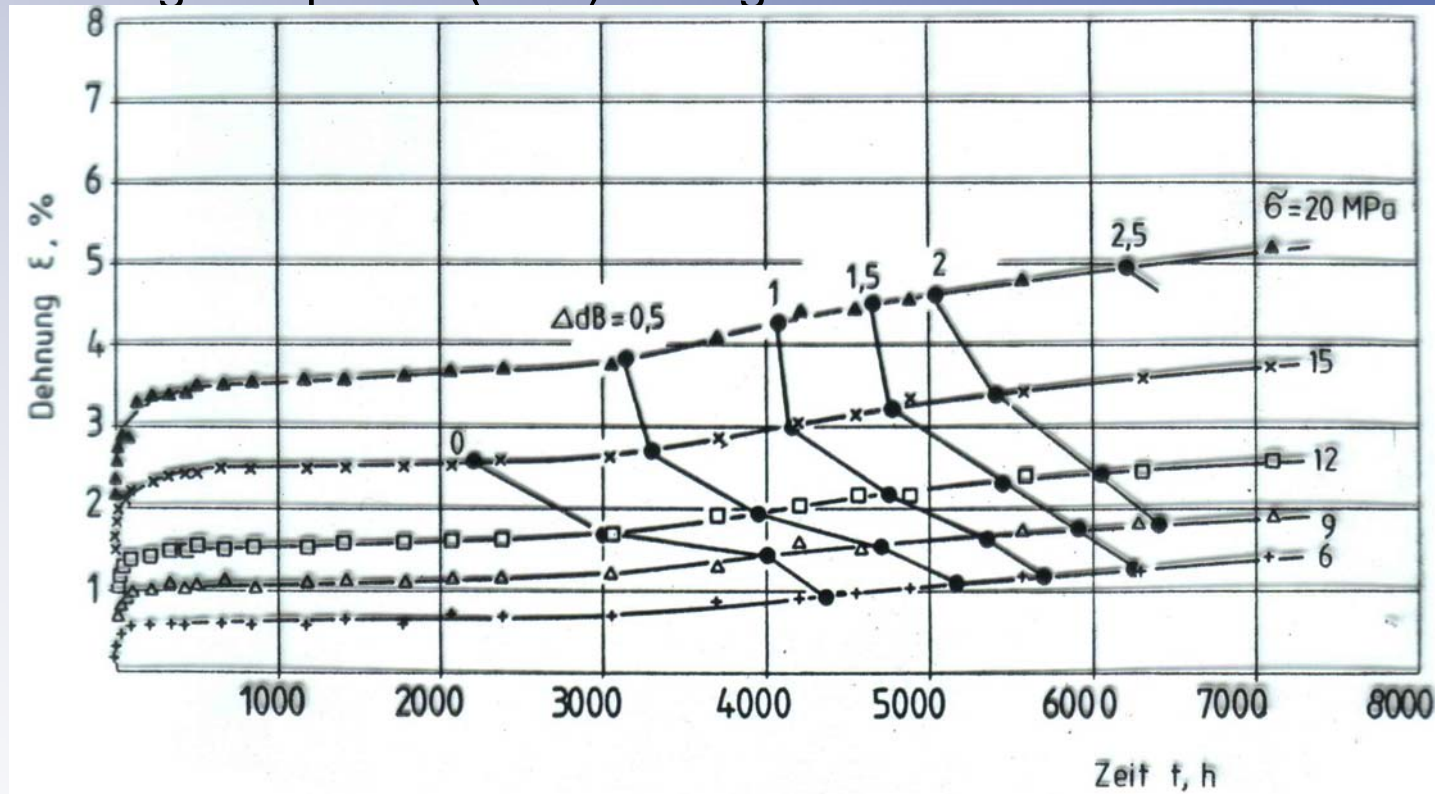
Magyarország célba ér



# Polimer tulajdonságok= f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

Egy öntött PA6 kúszásgörbéi és a mikrorepedések mennyiségével arányos hangcsillapodás ( $\Delta dB$ ) határgörbéi



A mikrorepedések megjelenésekor a kúszási sebesség gyorsulva nő (III. kúszási szakasz), kijelöli az időbeni határalakváltozást. ( $\epsilon_h^t$ )

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 23 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

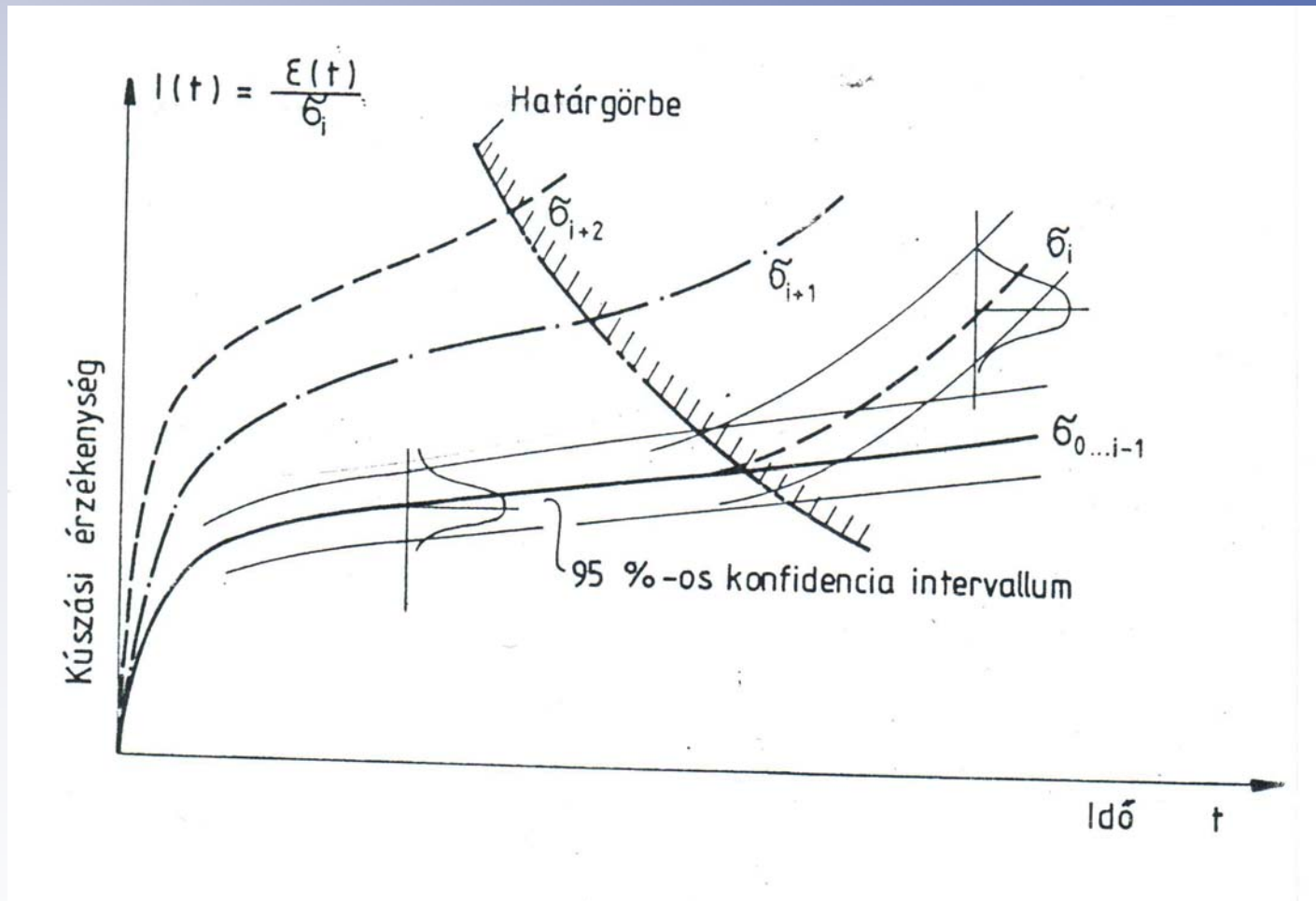
Magyarország célba ér



# Polimer tulajdonságok = f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

A kúszási görbék átszámíthatók un. kúszási érzékenységi görbéké.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 24 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





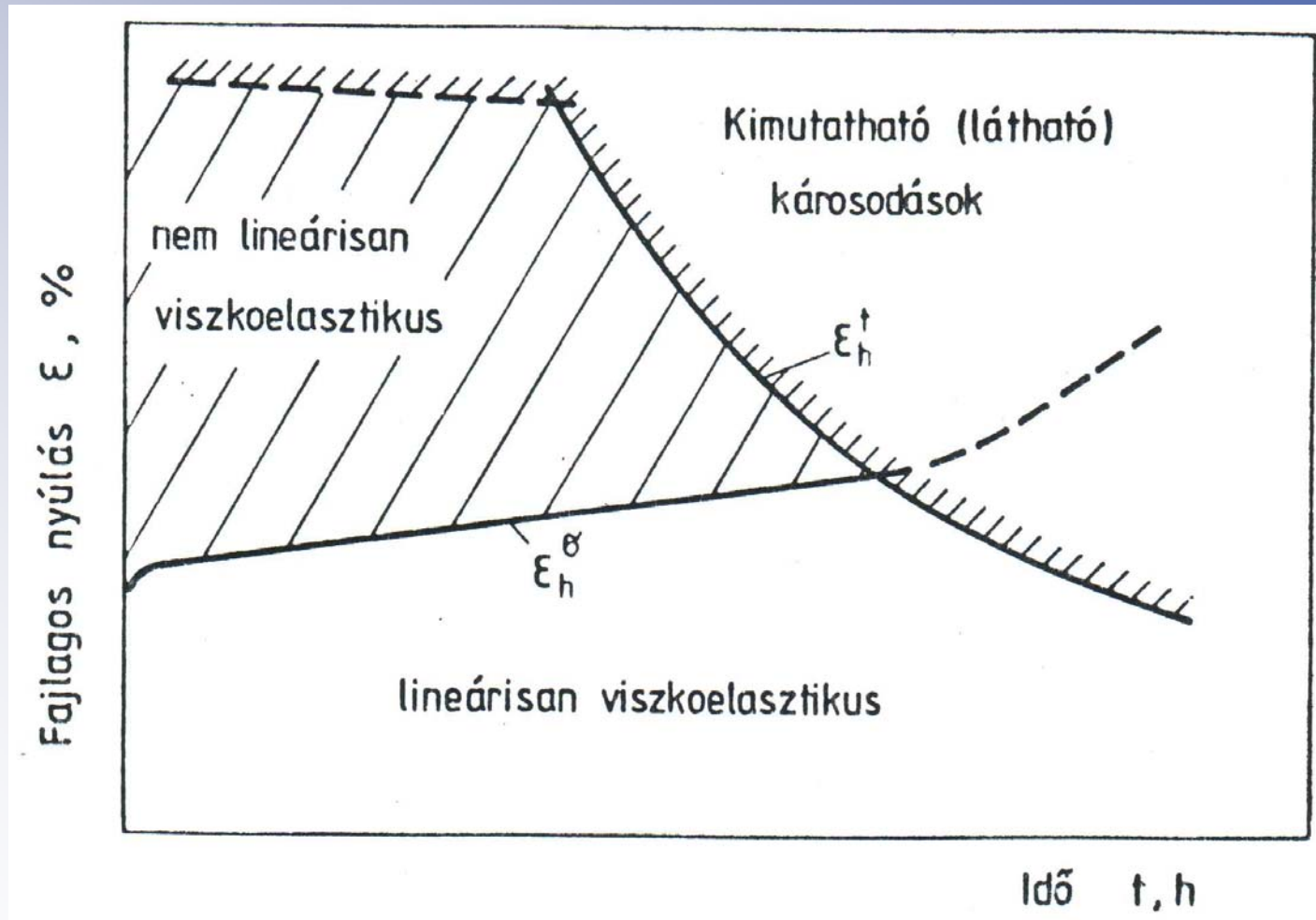
## A kúszási érzékenységi görbék tulajdonságai:

- Egy  $\sigma_{i-1}$  terhelési szintig – a mérési hibákból adódó szórásmezőn belül – egyetlen görbére vezetnek;
- a  $\sigma_i$  terhelési szinten a görbe a mikrorepedezés megjelenését jelző határgörbénél „kilép” a mezőből;
- a  $\sigma_{i+1}$  és nagyobb terhelések esetén az érzékenységi görbe már kezdetben is a közös szórásmezőn kívül „fut”;
- a  $\sigma_{i-1}$ -hez tartozó  $\varepsilon(t)$  kúszásgörbe jelenti a terhelés szerinti határalakváltozást. ( $\varepsilon_h^\sigma$ )

# Polimer tulajdonságok = f(idő)

Polimer termékek tervezése 4. előadás

Viszkoelasztikus polimerek állapot-mezői.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 26 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



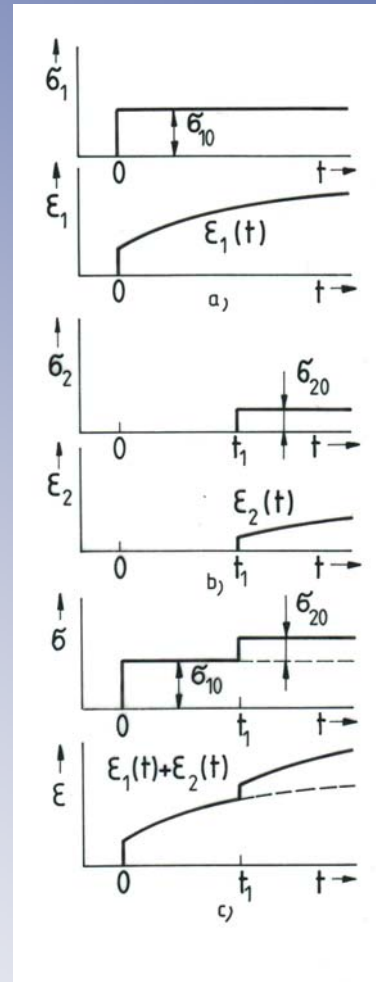
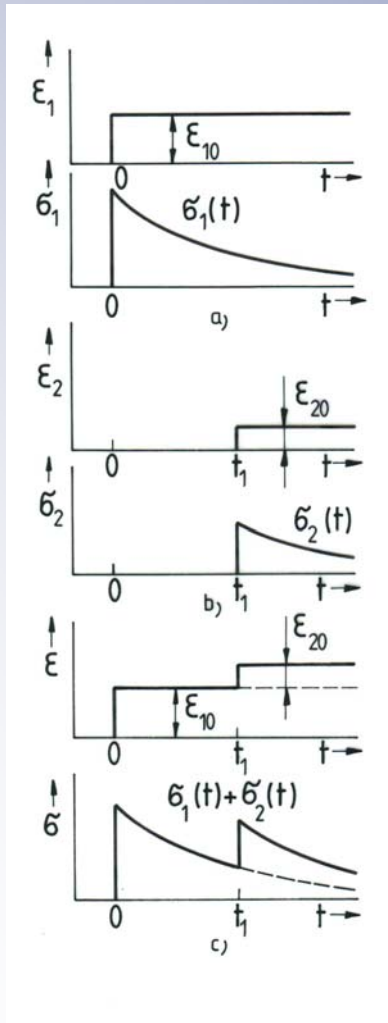
A lineáris viszkoelasztikus elmélet (LVE) feltevései:

- Kúszási feltevés (öregedés-mentes)
- Boltzmann-féle szuperpozíció
- Hasonló hatások elvei
- Korrespondancia-elv (Megfeleltetési-elv)

## Boltzmann-féle szuperpozíció

### Relaxációra

### Kúszásra



$$\sigma(t) = \sum_{-\infty}^t \varepsilon_i \cdot R(t-t_i)$$

$$\varepsilon(t) = \sum_{-\infty}^t \sigma_i \cdot I(t-t_i)$$

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



## Hasonló hatások elvei:

- Hőmérséklet-idő hatásának hasonlósága (Williams-Landel-Ferry (WLF) egyenlet)
- Feszültség-idő hatásának hasonlósága
- Rezgés-idő hatásának hasonlósága
- Nedvesség-idő hatásának hasonlósága

[Ursumcev-Makszimov]

[Király-Marosfalvi-Molnár]

## A korrespondancia (megfeleltetési) – elv

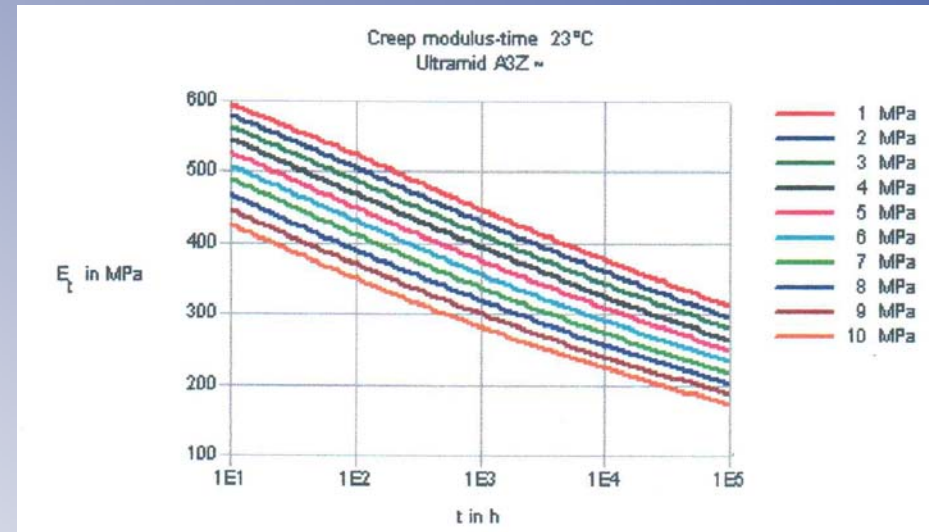
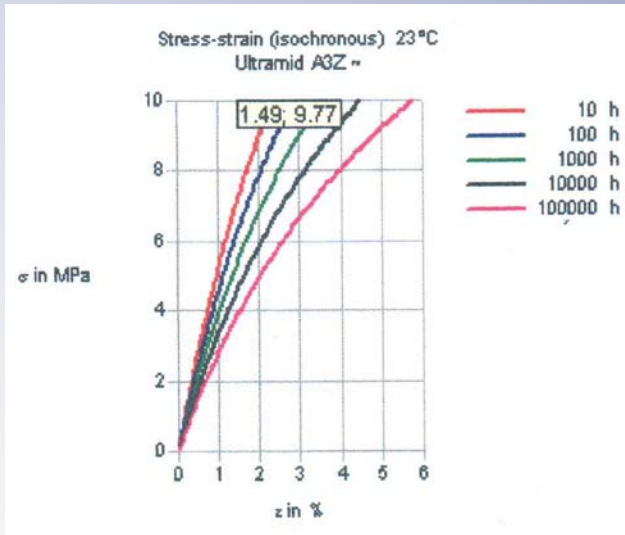
Lineáris viszkoelasztikus viselkedésű polimerek esetén alkalmazhatóak a rugalmasságtanban megismert eljárások azzal a különbséggel, hogy az anyagjellemzők helyére az időfüggőeket kell helyettesíteni.

Nevezetesen, pl.:

E helyett  $E_c(t)$  kúszási rugalmassági modulust, amely a kúszásgörbékéből megszerkeszthető.

# Polimer tulajdonságok = f(idő)

## Kúszási görbékől származtatott tulajdonság-függvények



Egyidejű (izochron)  
feszültség-nyúlás görbék

Kúszási modulus görbék

[CAMPUS anyagadatbázis alapján]

# Polimer tulajdonságok= f(idő)

## Csökkentő tényezők módszere

(a határállapot becslése rövididejű szilárdsági adatok alapján)

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{határ}}{K_0 \sum K_i}$$

$$\sum K_i = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Jele	Körülmények	$K_i$ értéke
$K_0$ Általános	Anyagtól független tényező teherviselő szerkezeti elemre	1,5... 1,8 (2,7)
$K_1$ A terhelés jellege	Statikus terhelés $t=10$ h $t=10^5$ h Ismétlődő terhelés $N=10^3$ $N=10^8$	1,2...1,3 2 1,3...1,4 3
$K_2$ Hőmérséklet	A környezeti hőmérséklet 20 °C 40 °C 60 °C 80 °C	1 1,1...1,2 1,3...1,4 1,5...1,6
$K_3$ Nedvesség	Változó nedvességű környezet	1,3...1,4
$K_4$	Csak kondicionálatlan esetekben	1,4...1,5

# 5. előadás

## Méretezés elvei és módszerei időben állandó terhelésre

### 1. rész: A tervező hármass feladata



# Terhelések és igénybevételi állapotok vizsgálata

Polimer termékek tervezése 5. előadás



Szennyvíztisztítómű  
hídszerkezetének  
görgői METAMID-L-  
ből

Mérete: Ø400x70

A metró mozgólépcsők  
szállító- (Ø180x50) és  
segédgörgői (Ø105x20)



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszl.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 2 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

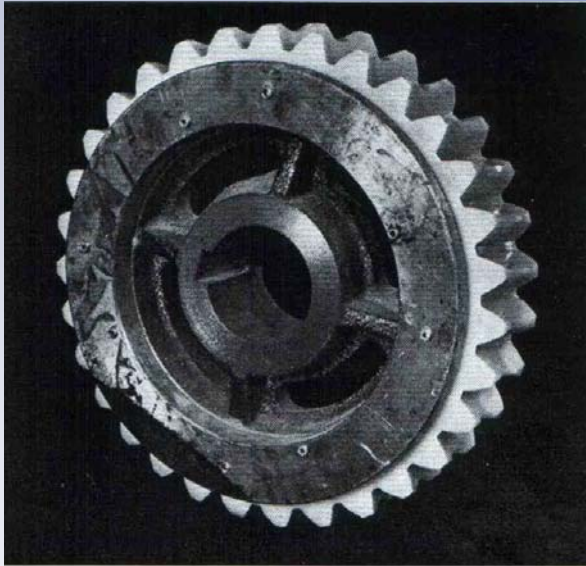
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Terhelések és igénybevételi állapotok vizsgálata

Polimer termékek tervezése 5. előadás



Globoid csigakerék koszorú  
METAMID-N-ből

$P=7$  kW;  $n=25$  1/s;  $m=6$  mm;  
tengelytáv=120 mm



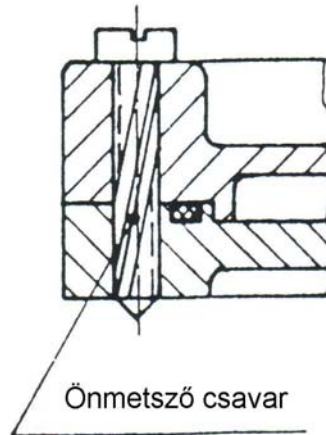
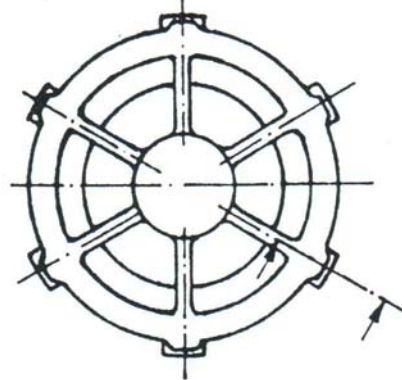
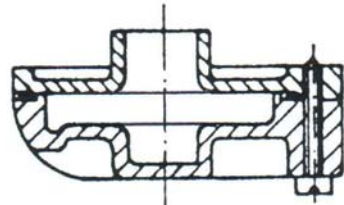
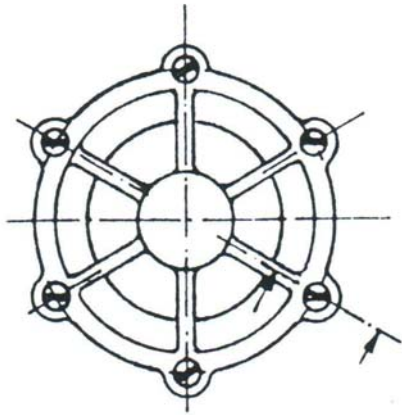
Különféle METAMID  
siklócsapágyperselyek

Méretei:  $\varnothing 187 \times 188$   
 $\varnothing 161 \times 155$

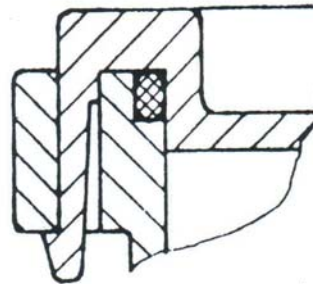
Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Terhelések és igénybevételi állapotok vizsgálata

Polimer termékek tervezése 5. előadás



Fedél rögzítése önmetsző csavarokkal



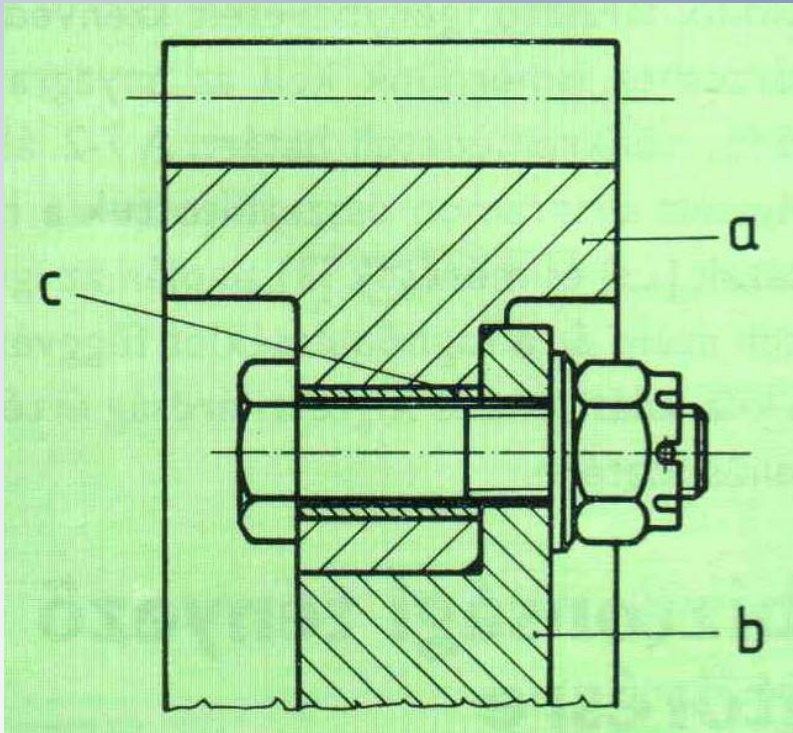
Fedél rögzítése pattanó kötéssel

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

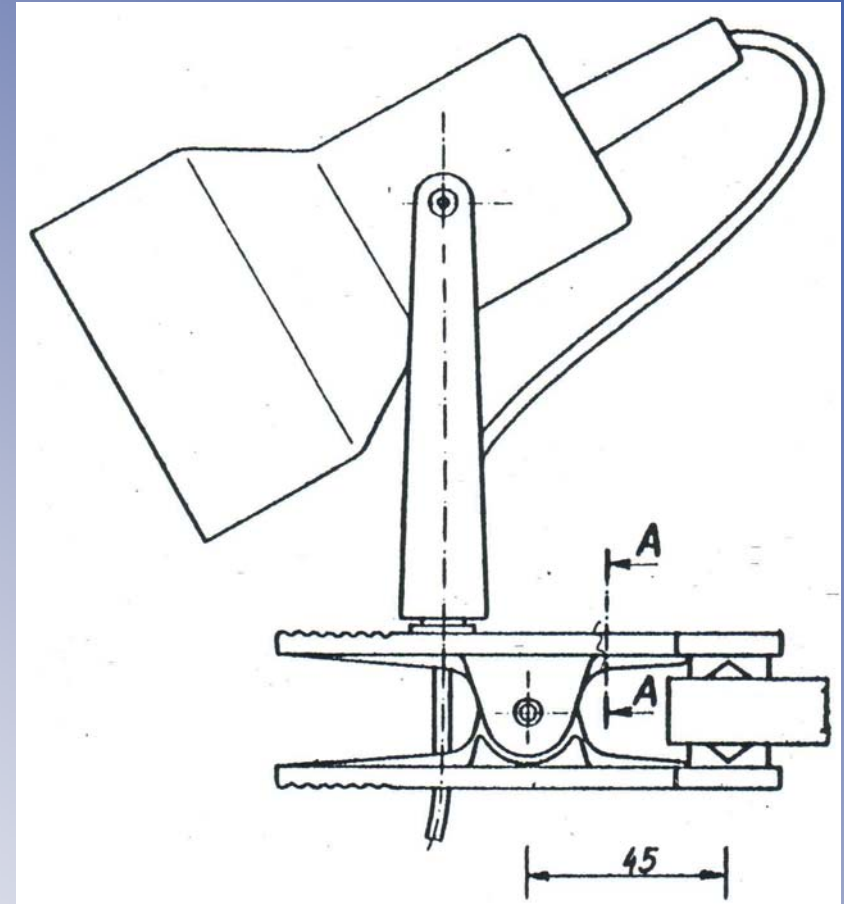


# Terhelések és igénybevételi állapotok vizsgálata

Polimer termékek tervezése 5. előadás



METAMID fogaskoszorú  
felerősítése fém agyhoz  
csavarozással



Polcra csíptethető olvasólámpa

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 5 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Méretezés szempontjából mértékadó terhelés:

- terhelés előállítás alkalmával;
- terhelés szállításkor/mozgatáskor;
- terhelés szereléskor;
- terhelés működési próba esetén;
- terhelés üzemi körülmények között;
- terhelés túlterhelés esetén;
- terhelés rendkívüli üzemi körülmények között (pl. földrengés);



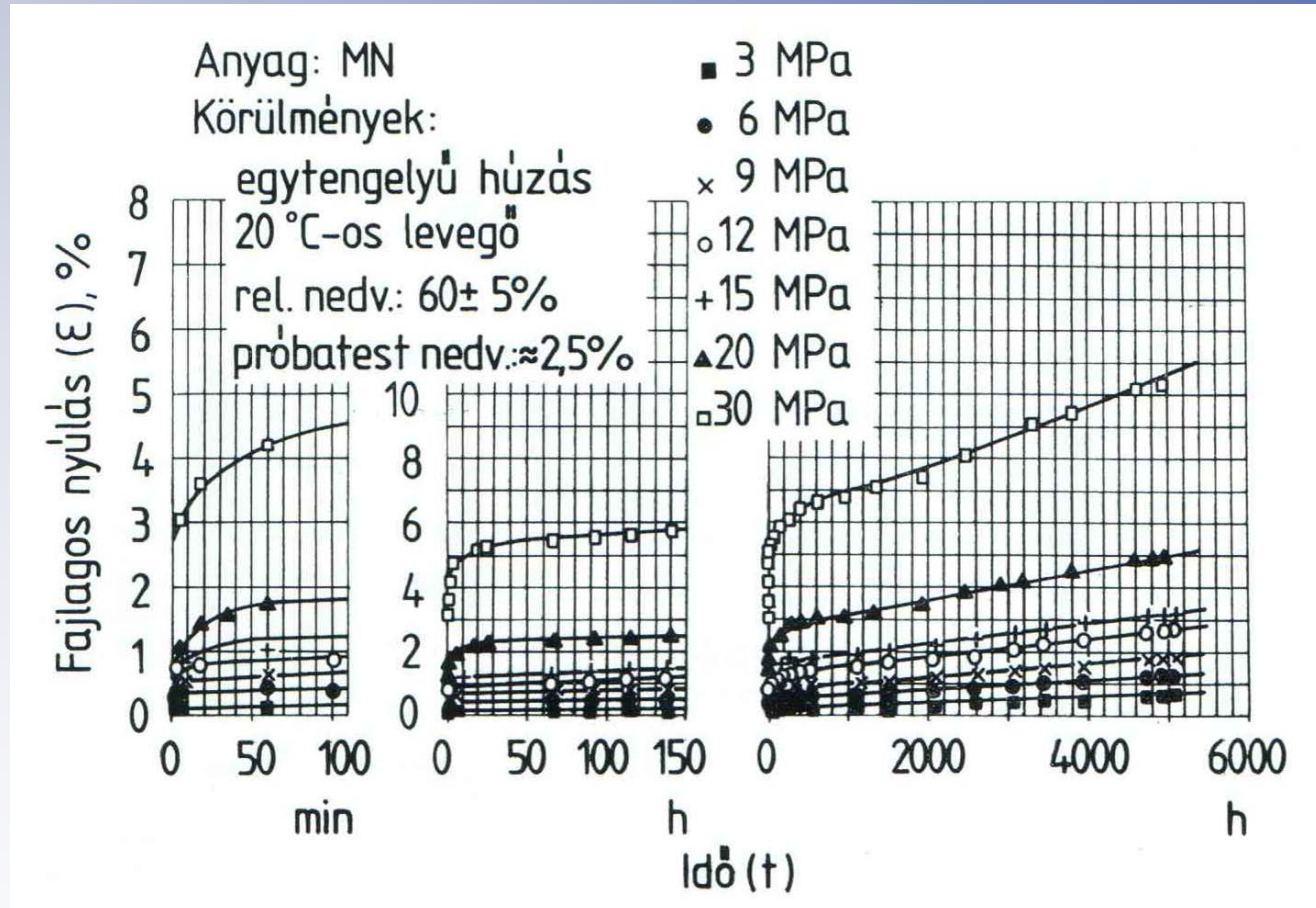
A polimer és fém szerkezeti anyagok viselkedésének összehasonlítása (polimerek jellegzetes viselkedési formái):

- Kúszás  $\sigma = \text{konstans}$ ,
- Relaxáció  $\varepsilon = \text{konstans}$ ,
- Visszaalakulás  $\sigma = 0$  vagy  $\varepsilon = 0$ .

# Polimerek terheléskori időfüggő viselkedése

Polimer termékek tervezése 5. előadás

## Állandó erő jellegű terhelés esetén kúszás jelensége normál METAMID-ra.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

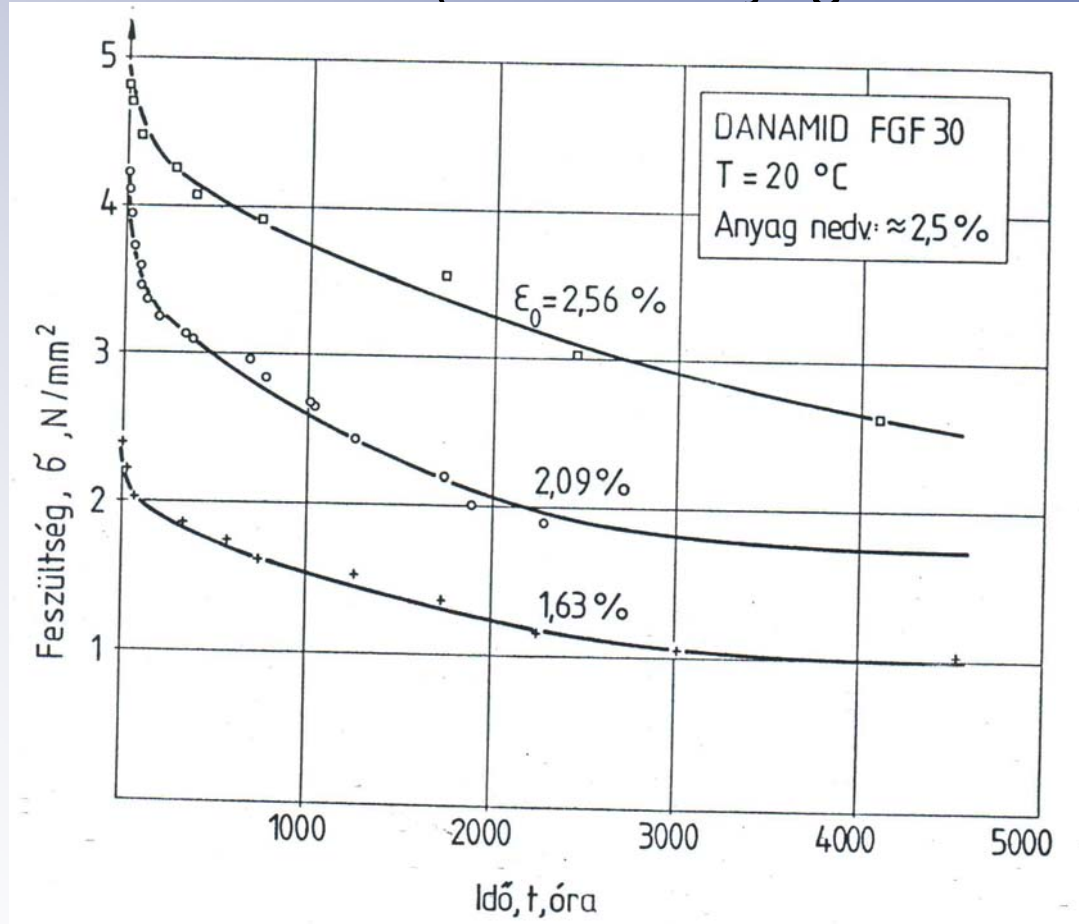
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



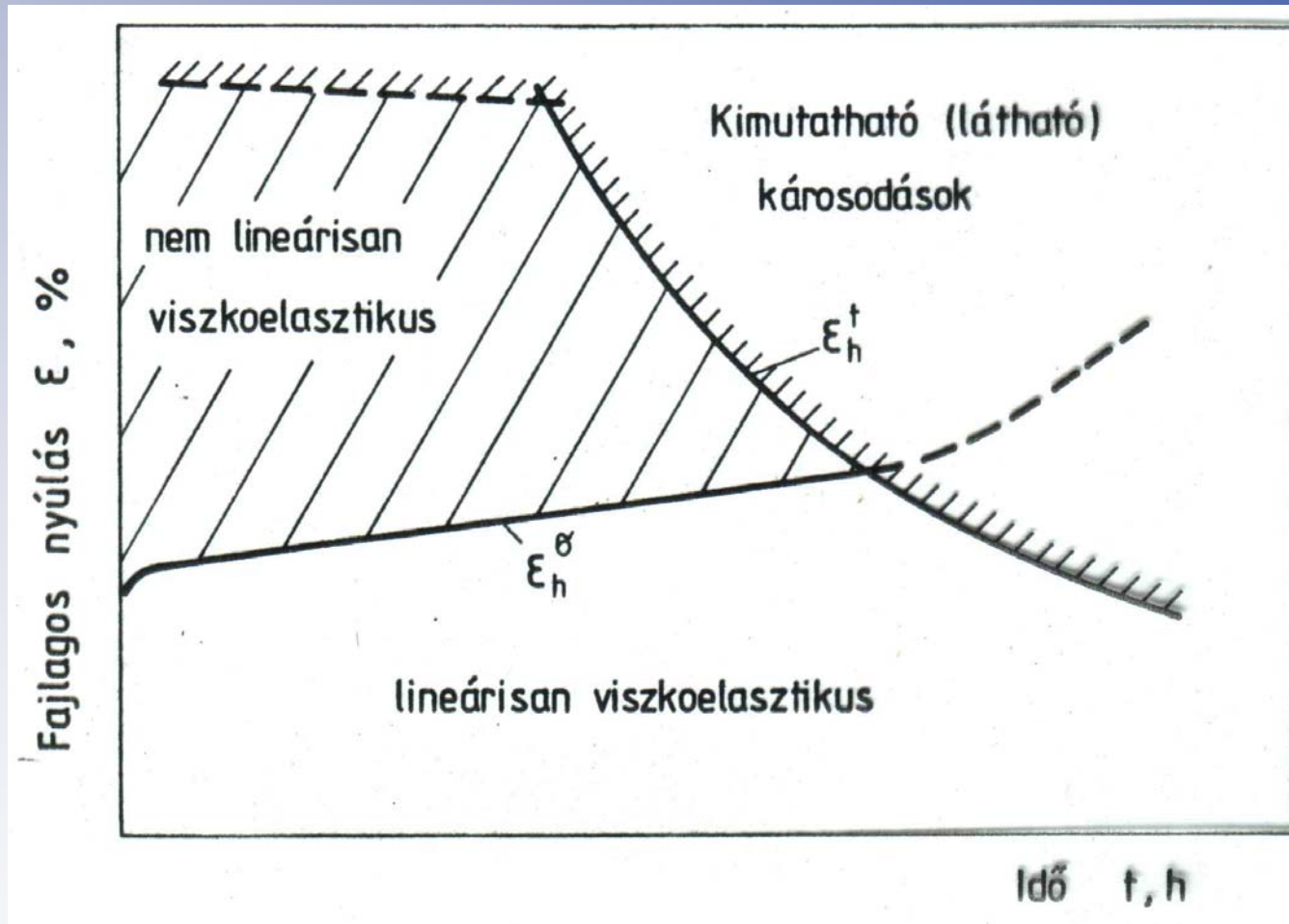
Állandó kitérés jellegű terhelés esetén relaxáció jelensége csavarkötésre. (Csavar anyaga: Danamid FGF30)



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Polimerek viselkedésénél a határállapot kérdése

Polimer termékek tervezése 5. előadás



A feszültségi és alakváltozási határállapotok kijelölése, a lineáris viszkoelasztikus elmélet alkalmazásának határai

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



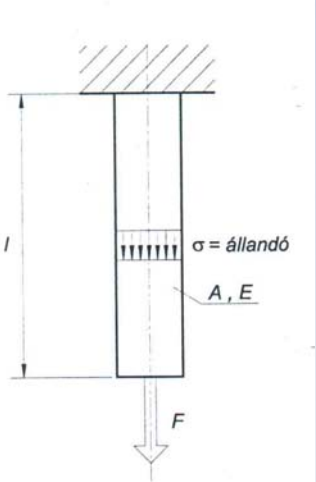
# A korrespondencia elv alkalmazása

Polimer termékek tervezése 5. előadás

Különböző igénybevételekre a méretezés alapjául szolgáló összefüggések erő jellegű terhelés esetén

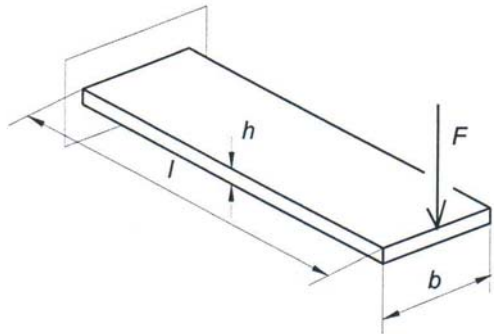
A húzott rúd megnyúlása: 
$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E_c(t)}$$

Ahol  $E_c(t)$  az anyag kúszási rugalmassági modulus függvénye.



A hajlított tartó lehajlása: 
$$f = \frac{F \cdot l^3}{3IE_c(t)}$$

Ahol  $E_c(t)$  a tartó szélső szálában keletkező feszültséghez tartozó kúszási rugalmassági modulus függvénye az anyagnak.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 11 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

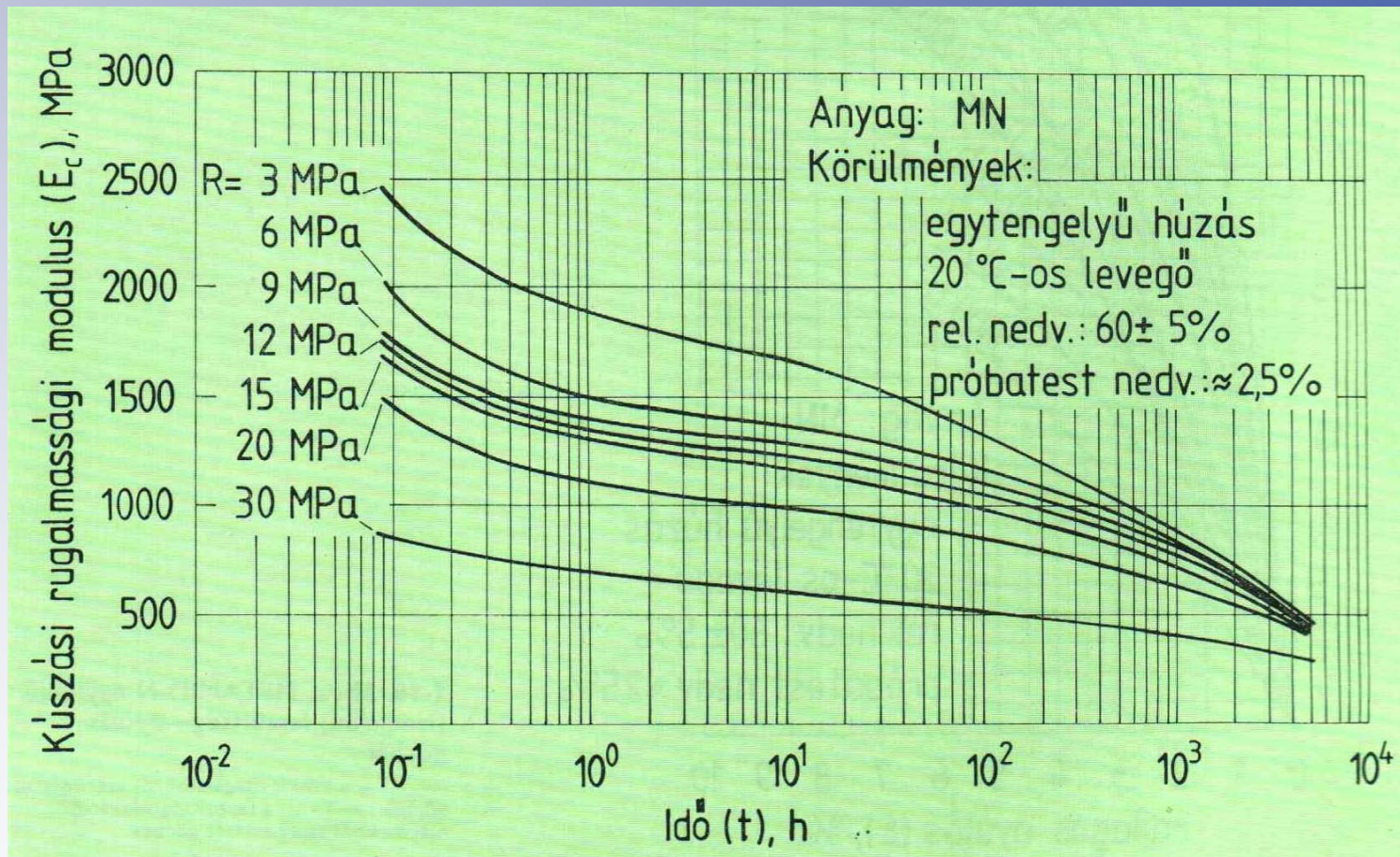
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Polimerek tulajdonságfüggvényei

Polimer termékek tervezése 5. előadás



METAMID-N kúszási rugalmassági modulus görbái a terhelés és az idő függvényében

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 12 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

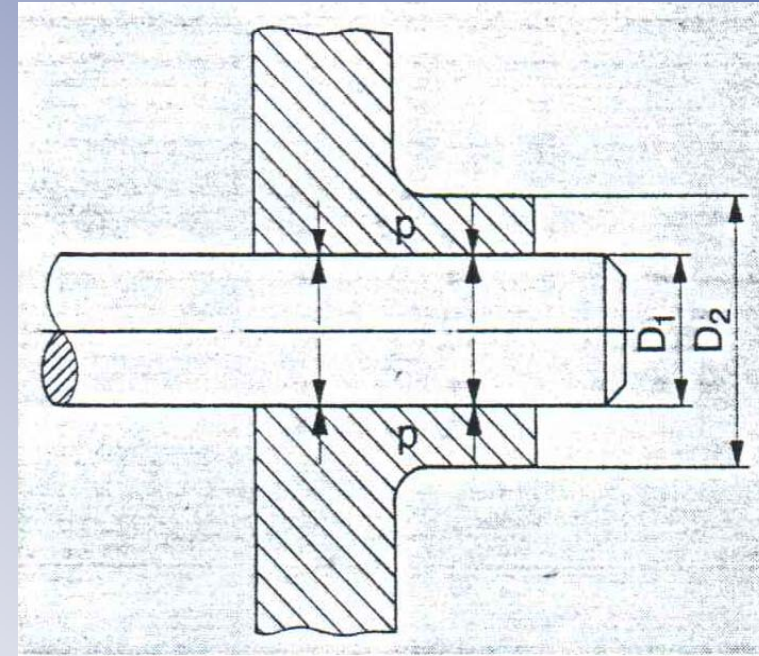
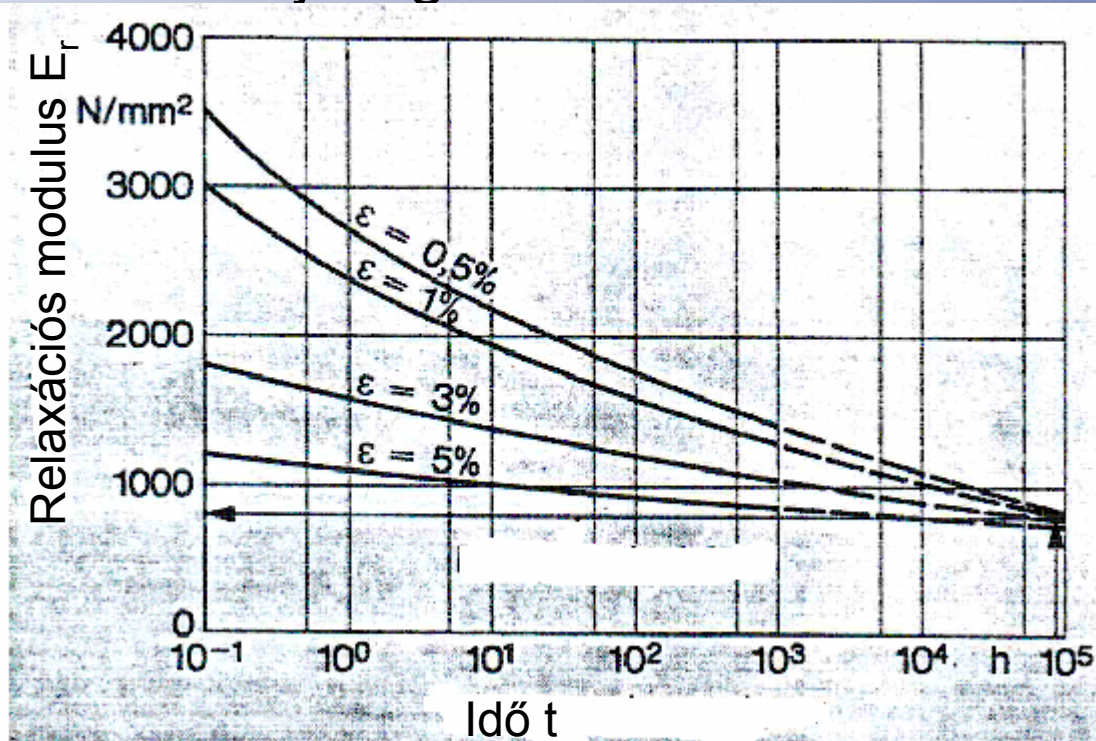
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





## Kitérés jellegű terhelés esetén



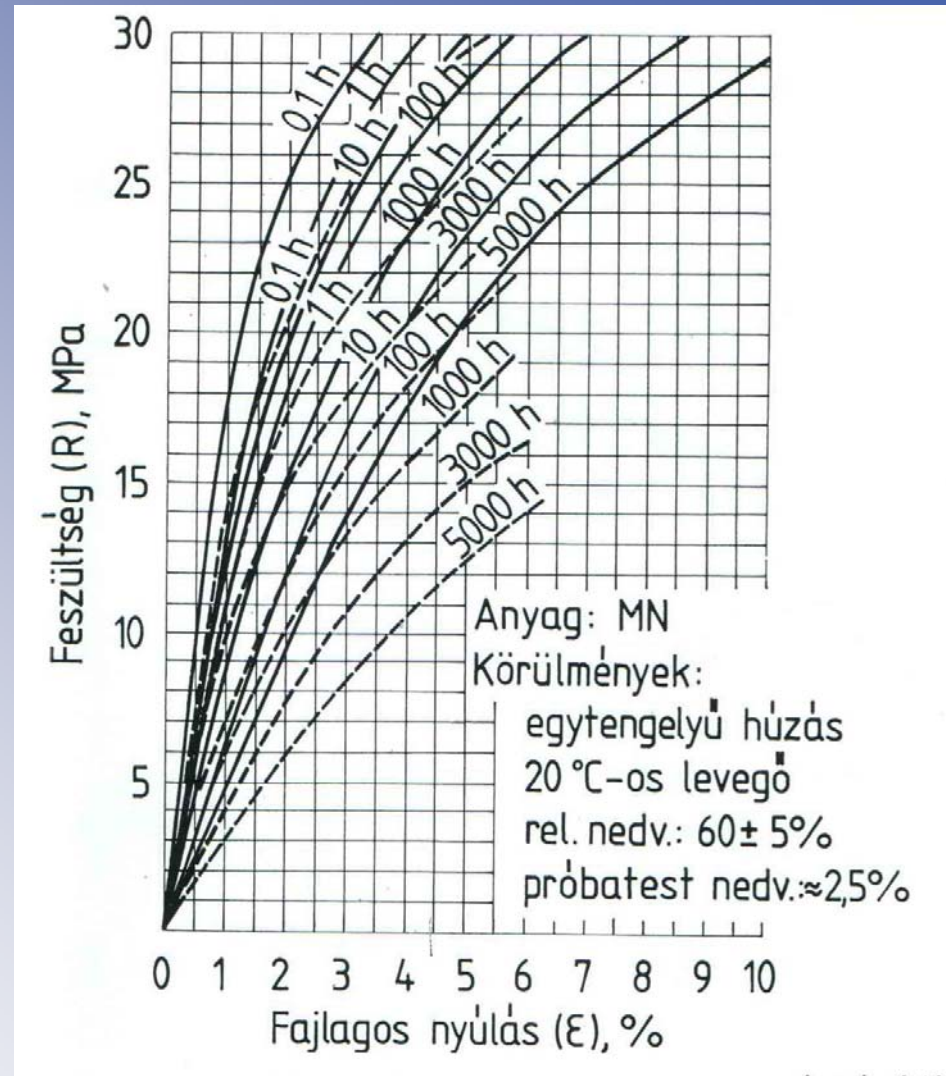
Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Polimerek tulajdonságfüggvényei

Polimer termékek tervezése 5. előadás

Erő- és kitérés jellegű terhelés esetén az isochron feszültség-nyúlás görbék.

Folyamos vonal: kúszás esetén;  
Szaggatott vonal: fesz. relaxáció esetén.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszl.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 14 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

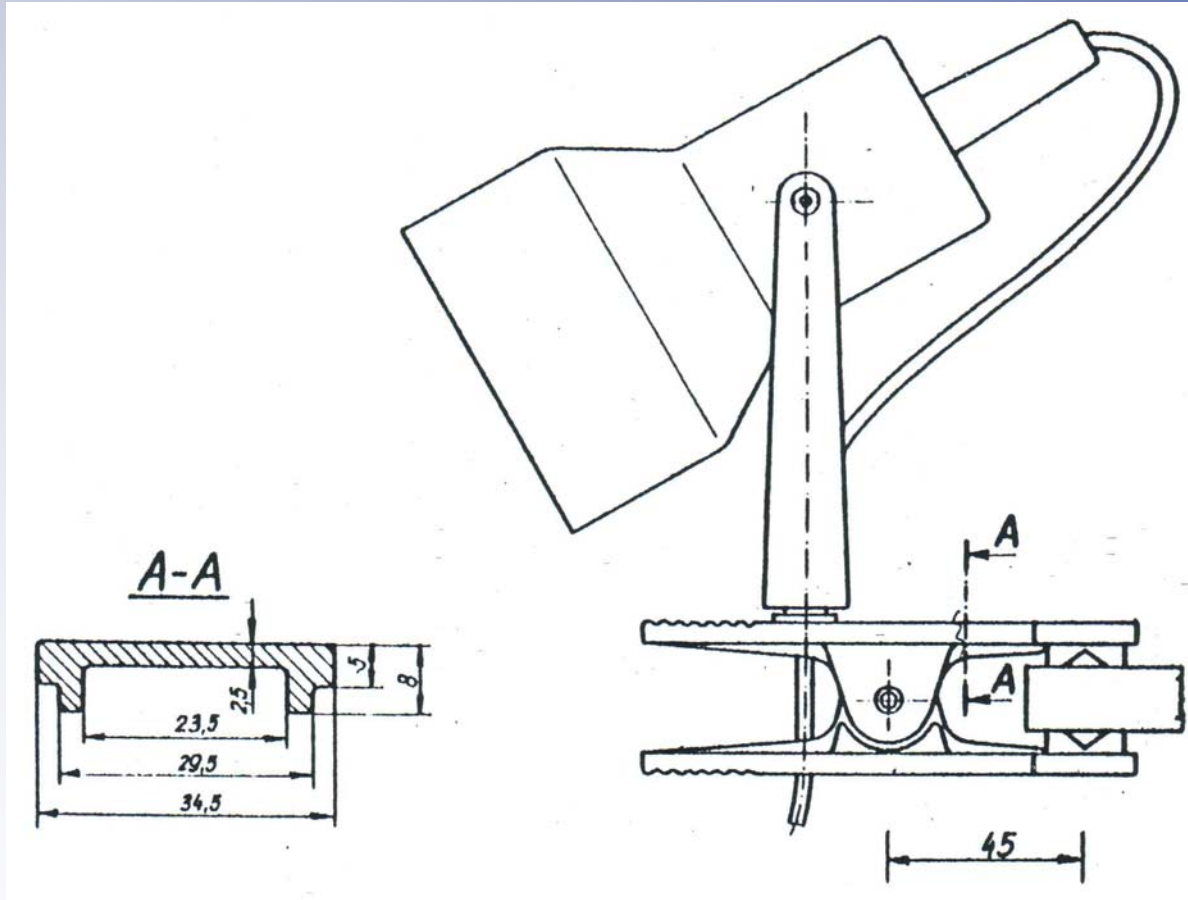
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





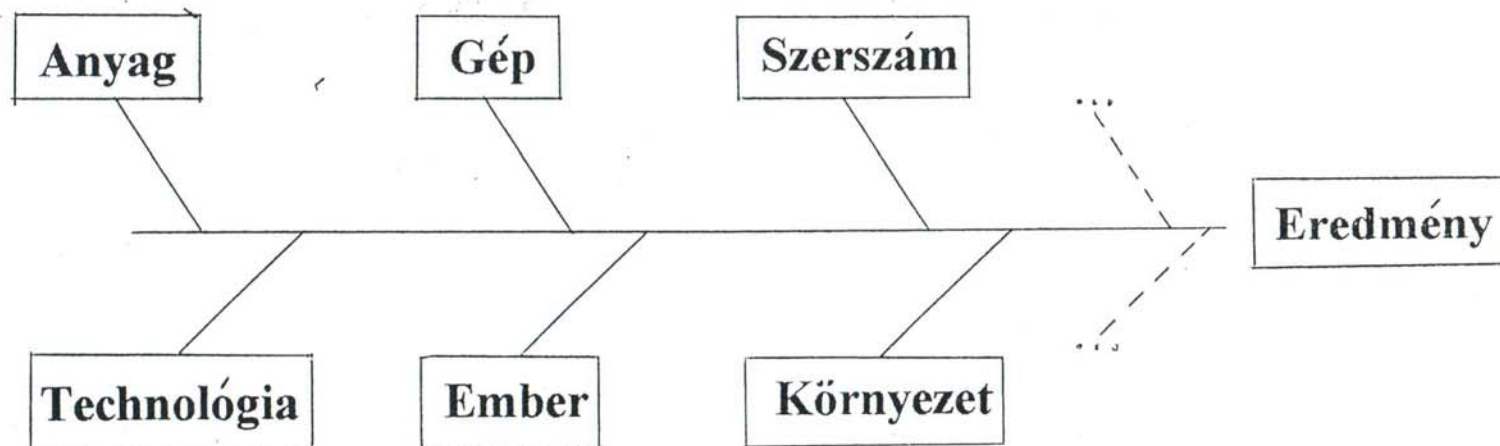
## Polcra csíptethető lámpa tönkremenetele (időbeli viselkedés jellemzője a kúszás)



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## Hibaokok feltárása Ishikawa diagrammal

### Ok - okozat ( Ishikawa ) diagram



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## A lehetséges hibaokok elemzése

HIBAMÓD ÉS HATÁSELEMZÉS (FMEA)			
folyamat / konstrukció			Változat: 1.
Folyamat/konstrukció megnevezése: Folyadéköltő automata	TEAM vezető: Göllény Ákos		FMEA sorszáma:01
Termék: Mérleges folyadéköltő	Illetékes részleg: Tervező osztály		Oldal: 1/5
Termékszám: MFT-01	Érintett beszállító:		FMEA kelte: 2006.10.06. Jóváhagyta: Duba Zsolt

Vizsgált elem megnevezése	Vizsgált elem funkciója	Lehetséges hibák	A hiba következménye	A hibaokok feltárása	Jelenlegi állapot					Javasolt megszüntető intézkedés	Felelős	Határidő	Javított állapot				
					Ellenőrzési utasítás a hibaokokhoz	A	B	C	RPN=AxBxC				Foganiasított rendelkezések	A	B	C	RPN=AxBxC
Szállító-pálya	Szállítás ,pozíció- onálás	Rövid lépési ciklus	Mérési pontatlanság	Próba-üzem	Követelményben nem szerepel	8	8	4	256	Edénymérethez programozott léptetési út	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	2	8	1	16
			Sikertelen adagolás	Próba-üzem	Követelményben nem szerepel	9	9	3	243	Érzékelők használata	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	2	9	1	18
			Vegyszer környezetbe jutása	Próba-üzem	Követelmény-jegyek alapján	7	9	2	126	Kárfogó kád alkalmazása	G. Ákos	06.11.9.		1	9	1	9
		Gyors mozgítás	Kilöttyenés veszélye	Próba-üzem	Követelmény-jegyek alapján	7	7	4	196	Programozott sebesség	G. Ákos	06.11.9.		1	7	2	14
		Eltérő kannáknál , azonos lépési út	Hibás kiserelés	Próba-üzem	Követelményben nem szerepel	9	9	3	243	Edénymérethez programozott léptetési út	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	1	9	2	18
			Töltőfej károsodás	Próba-üzem	Követelményben nem szerepel	5	9	3	135	Súlyhatár állítás a mérlegen	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	2	9	1	18
			Mérési pontatlanság	Próba-üzem	Követelményben nem szerepel	7	8	2	112	Súlyhatár állítás a mérlegen	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	2	8	1	16
		Mozgást gátló torlasz a pályán	Edényhalmozódás	Üzem közben	Követelményben nem szerepel	7	9	4	252	Túláramvédelem a motorban	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	1	9	2	18
			Motorterhelés megnő	Üzem közben	Követelményben nem szerepel	8	8	2	128	Túláramvédelem a motorban	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	2	8	1	16
Edény	Tárolás	Hiány	Hibás kiserelés	Üzem közben	Követelményben nem szerepel	9	9	4	324	És kapurendszer alkalmazása	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	1	9	2	18
		Fordított pozícióba érkezés	Töltőfej sérülése	Tervezés	Követelményben nem szerepel	8	8	5	320	Súlyhatár állítás a mérlegen	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	1	8	2	16
		Szájnyílás helyzete változó	Töltőfej sérülés	Tervezés	Követelményben nem szerepel	7	8	6	336	Állítható fejkialakítás	G. Ákos	06.11.9.	jegyzékbe rögzítés	2	8	2	32

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



MD-7.6-02 Változat: 0

KONSTRUKCIÓS FMEA – A hiba bekövetkezési valószínűsége

Hiba valószínűsége	Lehetséges hibarátlók	Értékszám
Nagyon magas: hiba szinte elkerülhetetlen	≥ 1 : 2	10
	1 : 3	9
Magas: ismétlődő hibák	1 : 8	8
	1 : 20	7
Mérsékelt: alkalmi hibák	1 : 80	6
	1 : 400	5
	1 : 2.000	4
Alacsony: viszonylag kevés hiba	1 : 15.000	3
	1 : 150.000	2
Távoli: hiba valószínűtlen	≤ 1 : 1.500.000	1

MD-7.6-03 Változat: 0

KONSTRUKCIÓS FMEA – A hiba jelentősége és hatása

Hatás	Kritérium: a hatás jelentősége	Értékszám
Veszélyes - figyelmeztetés nélkül	Nagyon nagy jelentőségű, amikor a lehetséges hibamód hatással van a konstrukció biztonságos működésére és/vagy a törvényes előírások betartására, figyelmeztető jel nélkül.	10
Veszélyes - figyelmeztetéssel	Nagyon nagy jelentőségű, amikor a lehetséges hibamód hatással van a konstrukció biztonságos működésére és/vagy a törvényes előírások betartására, figyelmeztető jellel.	9
Nagyon magas	A konstrukció nem működik, az elsődleges funkció elvesztésével.	8
Magas	A konstrukció működik, de csökkentett szintű teljesítménnyel. Vevő elégedetlen.	7
Mérsékelt	A konstrukció működik, de a kényelmi elem(ek) nem működnek. Vevő kellemetlenséget tapasztal.	6
Alacsony	A konstrukció működik, de a kényelmi elem(ek) csökkentett szintű teljesítménnyel üzemelnek. A vevő némi elégedetlenséget tapasztal.	5
Nagyon alacsony	Egyes elemek nem megfelelőek. Hibát a legtöbb vevő észreveszi.	4
Kicsi	Egyes elemek nem megfelelőek. A hibát az átlagos vevő észreveszi.	3
Nagyon kicsi	Egyes elemek nem megfelelőek. A hibát a jó megfigyelőképességű vevő veszi észre.	2
Nincs	Nincs hatás.	1

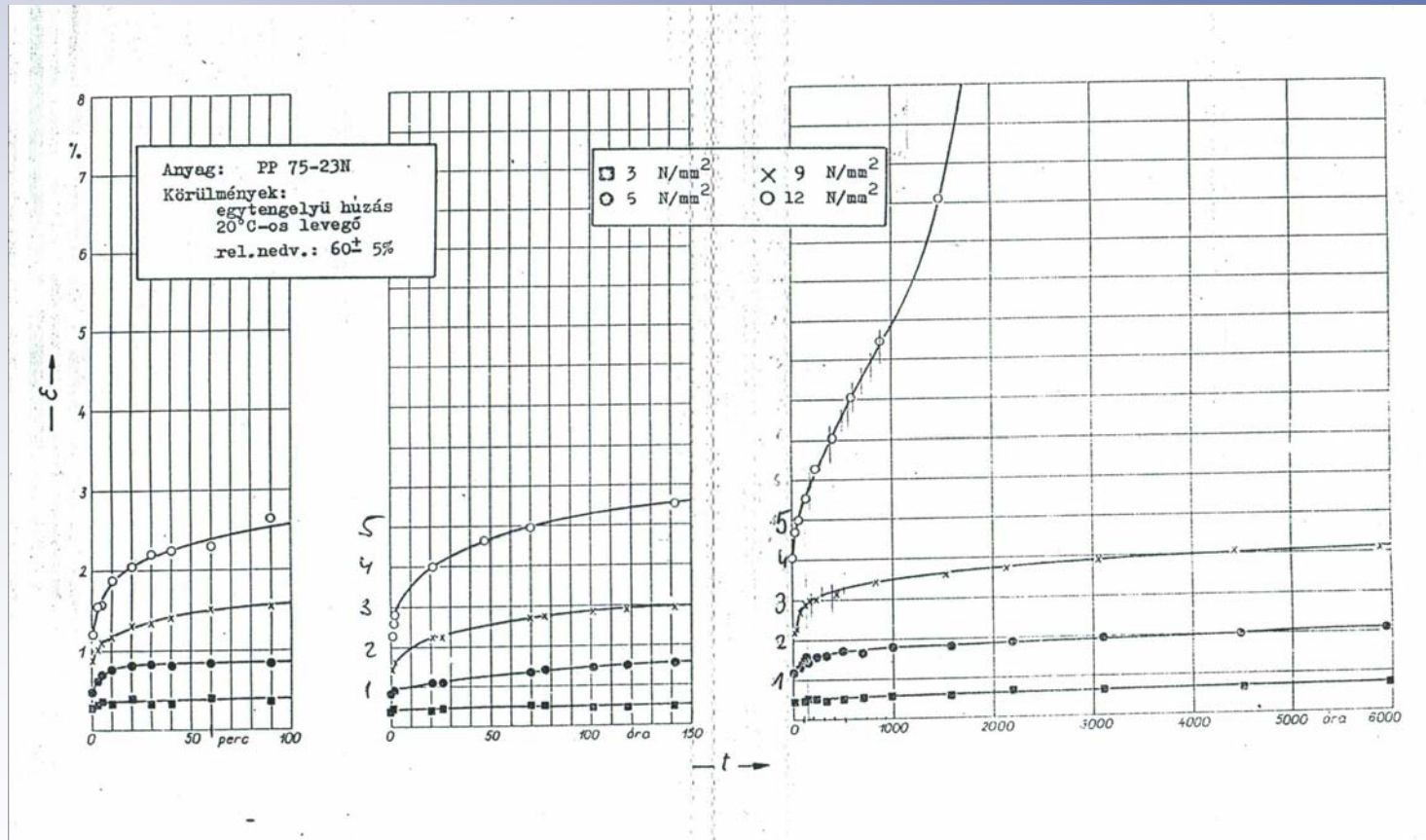
KONSTRUKCIÓS FMEA – A rejtve maradás valószínűsége

Észlelés	Kritérium: az észlelés valószínűsége terv ellenőrzéssel	Értékszám
Teljes bizonytalanság	Az ellenőrzés nem fog és/vagy nem tud észlelni egy lehetséges okot/mechanizmust és a rákövetkező hibamódot, vagy nincs ellenőrzés.	10
Nagyon távoli	Nagyon távoli az esély, hogy az ellenőrzés észlelni fog egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	9
Távoli	Távoli az esély, hogy az ellenőrzés észlelni fog egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	8
Nagyon alacsony	Nagyon alacsony eséllyel fog észlelni az ellenőrzés egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	7
Alacsony	Alacsony eséllyel fog észlelni az ellenőrzés egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	6
Mérsékelt	Mérsékelt eséllyel fog észlelni az ellenőrzés egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	5
Mérsékeltlen magas	Mérsékeltlen magas az esély, hogy az ellenőrzés észlelni fog egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	4
Magas	Magas az esély, hogy az ellenőrzés észlelni fog egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	3
Nagyon magas	Nagyon magas az esély, hogy az ellenőrzés észlelni fog egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	2
Majdnem biztos	Az ellenőrzés majdnem biztosan észlelni fog egy lehetséges okot/mechanizmust és rákövetkező hibamódot.	1

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

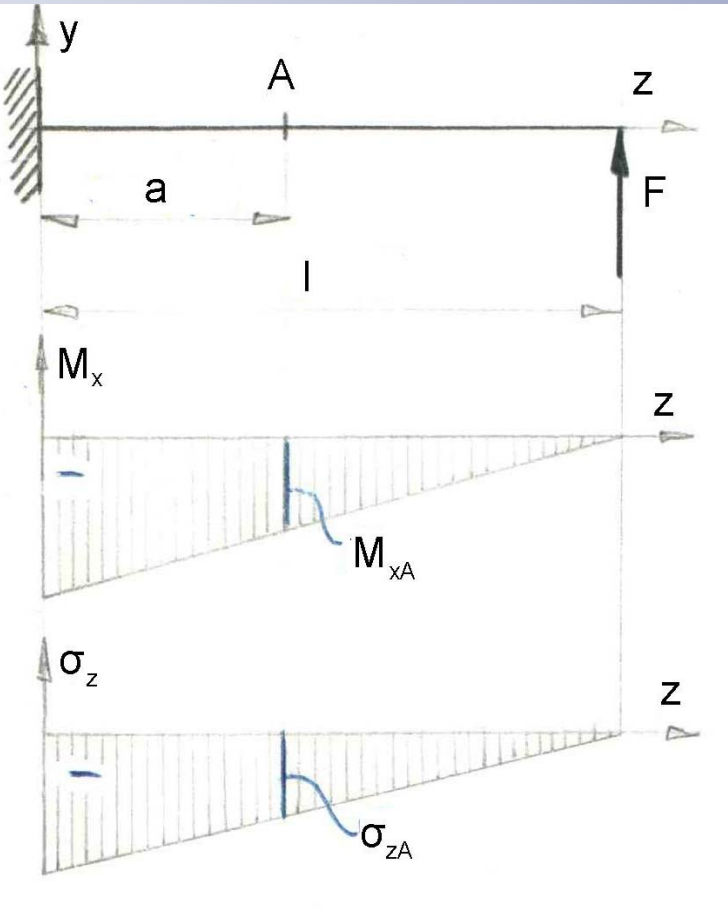


- Hiba megállapítása, rekonstrukciós számítás;
- Szerkezet modell, terhelés modell, anyagmodell;



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

Különböző terhelésekre, a szélső szálban a mértékadó feszültségek számítása.



$$F1=25 \text{ N}$$

$$F2=30 \text{ N}$$

$$F3=40 \text{ N}$$

$$F4=50 \text{ N}$$

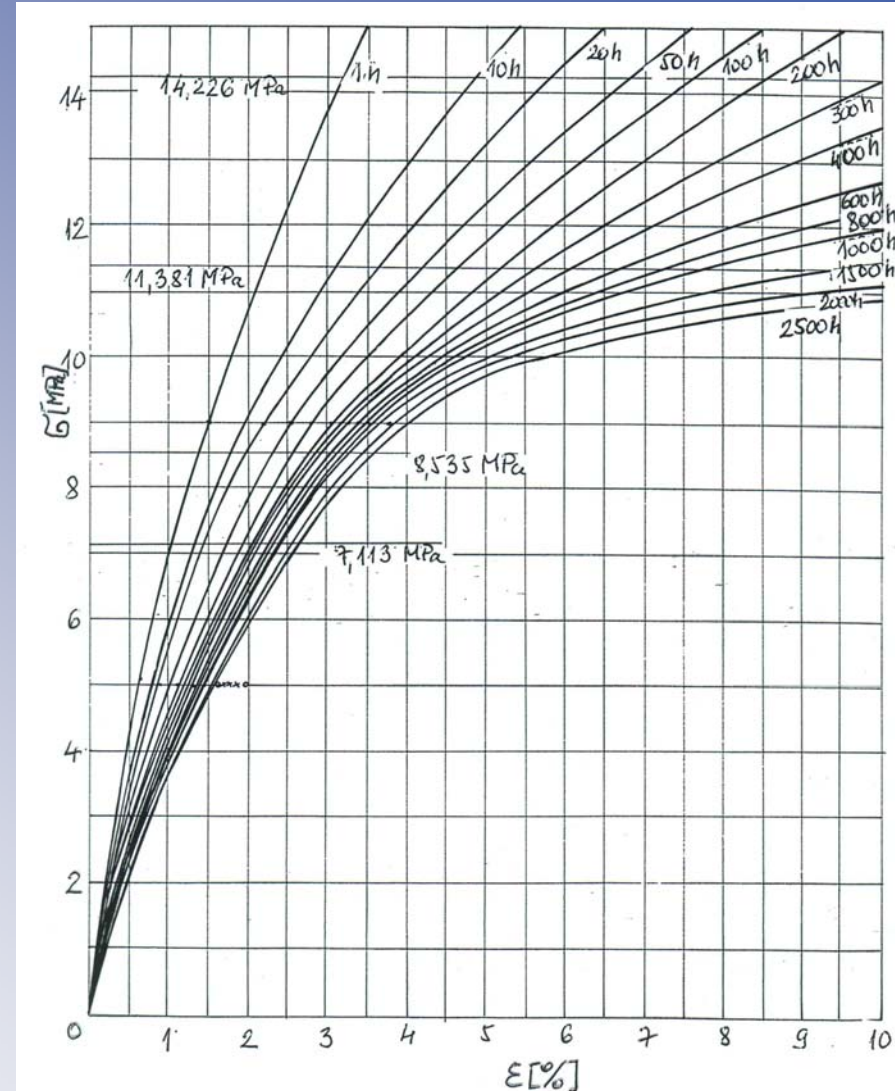
$$\sigma_z = \frac{M_{xA}}{I_{xA}} \cdot y$$

$I_{xA}$  az A keresztmetszet x-x súlyvonalra vonatkoztatott másodrendű nyomatéka

y: a szélső szál távolsága a súlyponttól

Az anyag kúszásgörbéjéből az egyidejű feszültség-nyúlás görbe megszerkesztése.

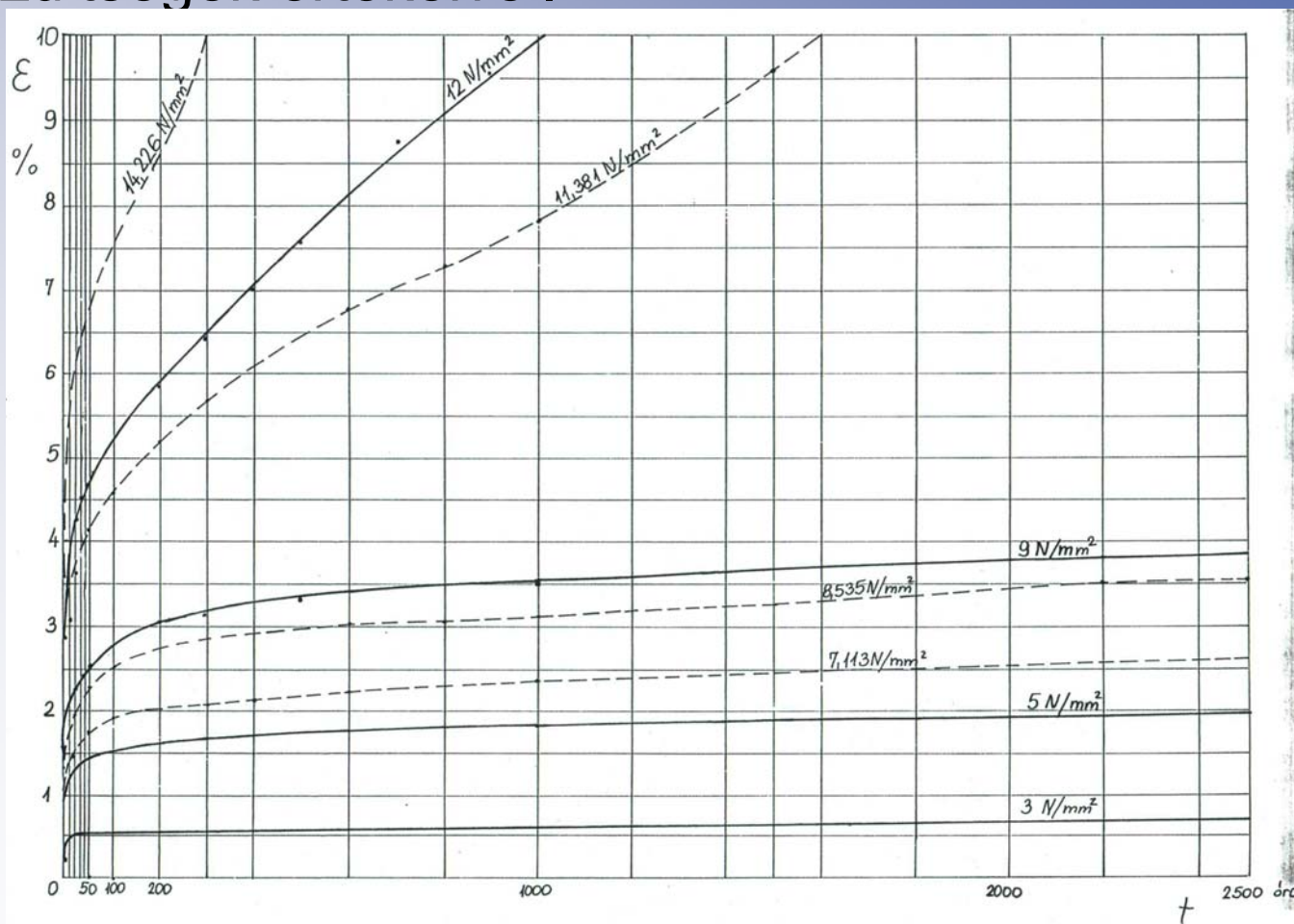
A szélső szálaban ébredő feszültségek kijelölése, és az ehhez tartozó kúszásgörbék visszaszerkesztése.



# Méretezési példák

Polimer termékek tervezése 5. előadás

Az anyag kúszásgörbéi kibővítve a szélső szálban ébredő feszültségek értékeivel.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 22 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

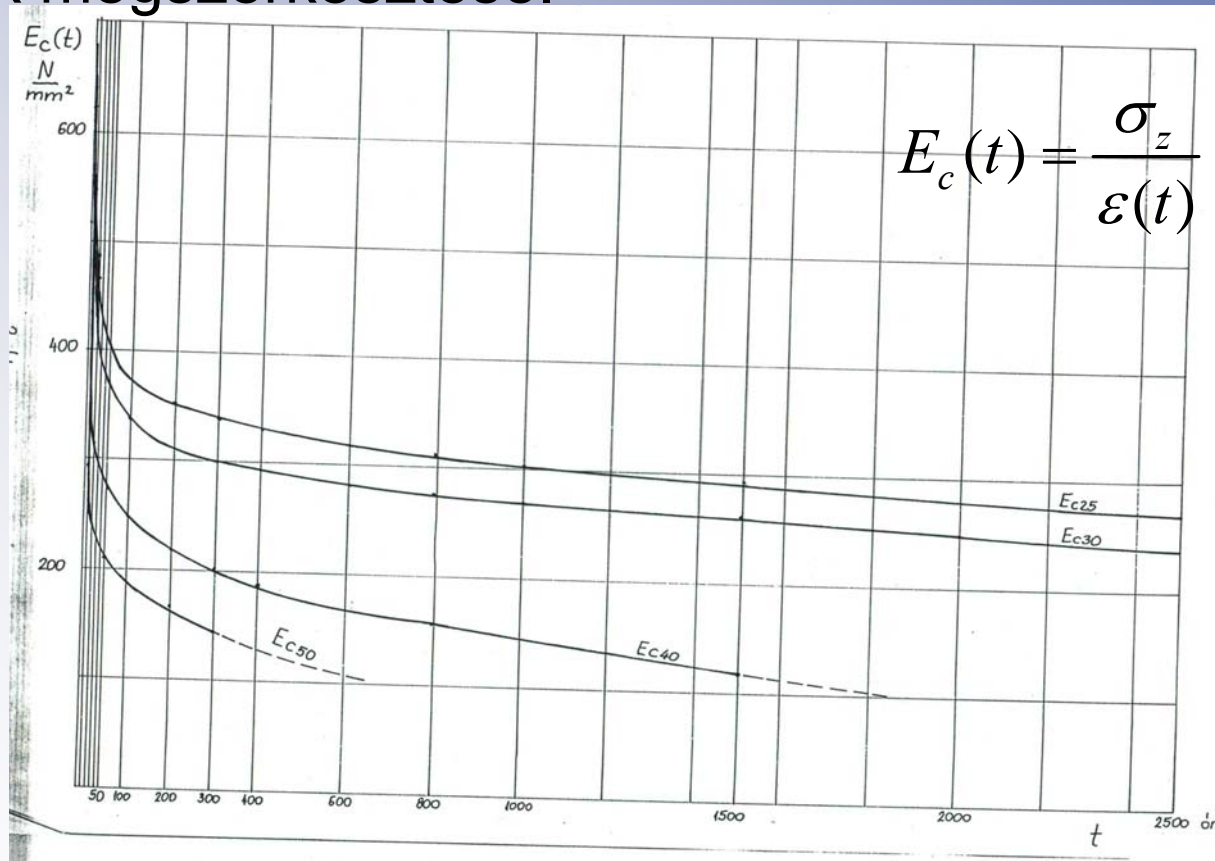
Magyarország célba ér





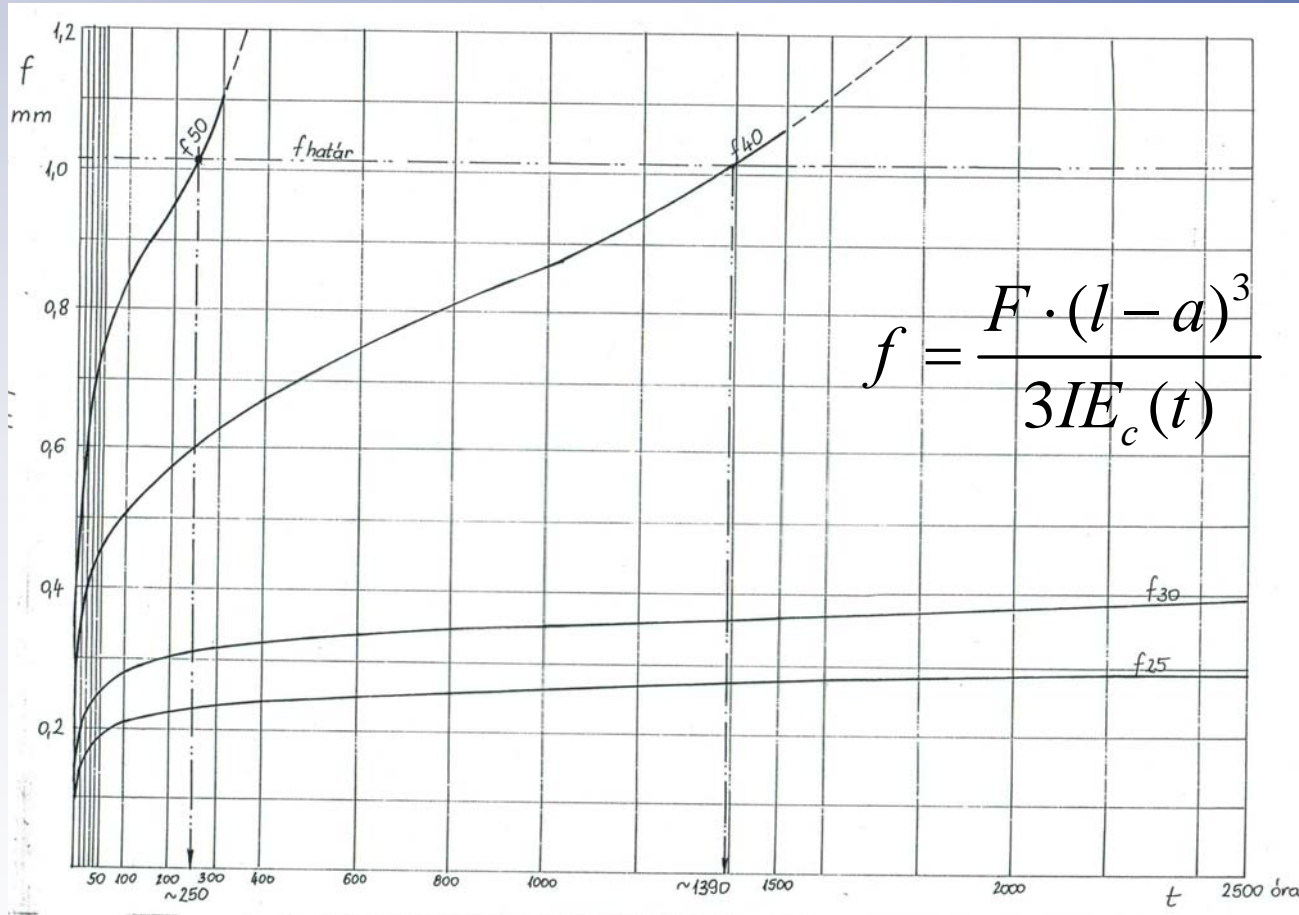
# Méretezési példák

A különböző terheléseknek megfelelően a szélső szálban ébredő feszültségekhez tartozó  $E_c$ -t kúszási rugalmassági modulus görbék megszerkesztése.



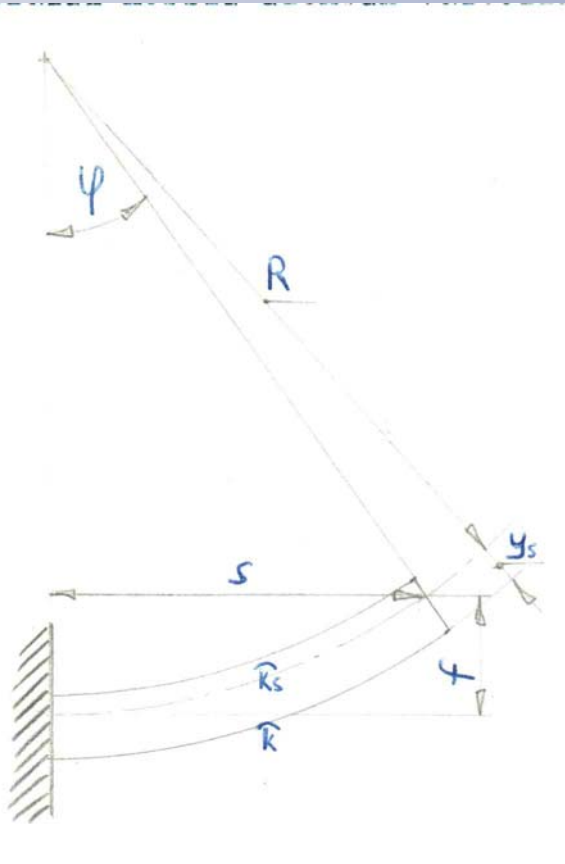
Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

Különböző terhelésekre a hajlított tartó felhajlásának számítása és időbeli változásának ábrázolása.



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

A tartó keresztmetszet szélső szálában fellépő alakváltozás és a tartó lehajlása közötti kapcsolat felírása:



$$\widehat{k}_s = l - a = \frac{R \cdot \varphi \cdot \pi}{180}$$

$$\varphi = \frac{180 \cdot \widehat{k}_s}{R \cdot \pi}$$

$$\widehat{k} = \frac{(R + y_s) \cdot \varphi \cdot \pi}{180}$$

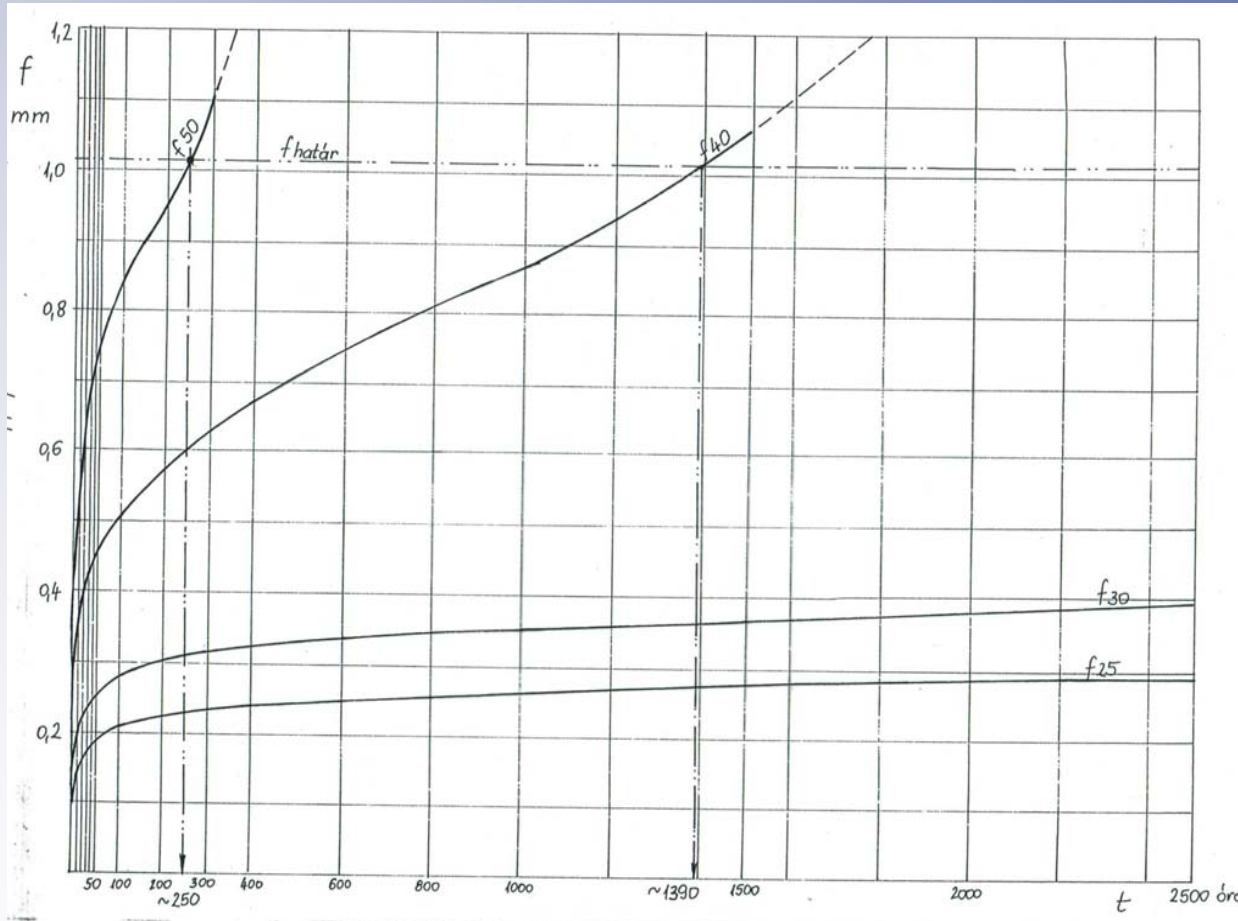
$$S = R \cdot \sin \varphi$$

$$\varepsilon = \frac{\widehat{k} - \widehat{k}_s}{\widehat{k}_s} \leq \varepsilon_{határ} \quad f_{határ} = R - \sqrt{R^2 - S^2}$$

$$\varepsilon_{határ} = \frac{y_s}{R}$$

# Méretezési példák

A tartó felhajlásának időbeli változását mutató görbékből az egyes terhelésekhez tartozó tönkremeneteli idő meghatározása.

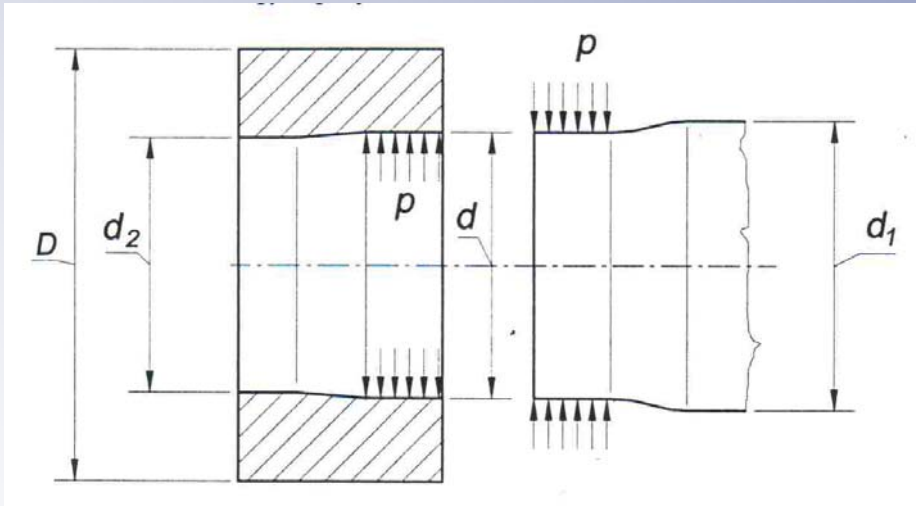


Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



## Tengelyre húzott gyűrű-agy esete

(időbeli viselkedés jellemzője a feszültségrelaxáció)



Tengely deformációja:  $f_1 = K_1 \cdot p \cdot d$

Agy deformációja:  $f_2 = K_2 \cdot p \cdot d$

A túlfedés mértéke:  $f = f_1 + f_2 = p \cdot d (K_1 + K_2)$

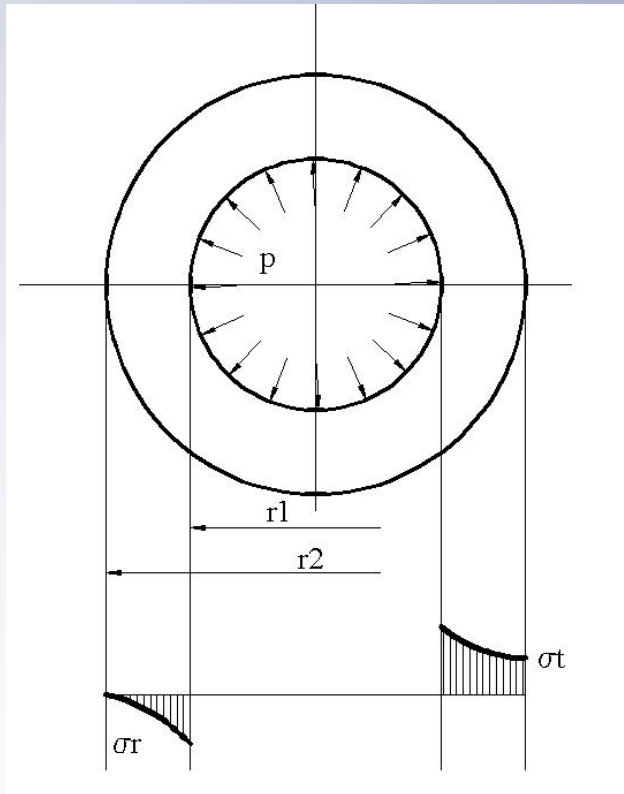
$$K_1 = \frac{1}{E_1} \left( \frac{1 + \varphi}{1 - \varphi} - \nu_1 \right)$$

$$K_2 = \frac{1}{E_2} \left( \frac{1 + \Phi}{1 - \Phi} + \nu_2 \right)$$

$$\varphi = \left( \frac{d_b}{d} \right)^2 ; \Phi = \left( \frac{d}{D} \right)^2$$

## Túlfedéses illesztésnél a terhelések és alakváltozások.

Méretezés egyidejű feszültség-nyúlás görbe alapján.  
Az alakváltozási és igénybevételi állapot elemzése, a tengelyben és az agyban ébredő feszültségek



$$\alpha = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\sigma_{r1} = -p$$

$$\sigma_r = p \cdot \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left( 1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right)$$

$$\sigma_{r2} = 0$$

$$\sigma_{t1} = p \cdot \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = p \cdot \frac{\alpha^2 + 1}{\alpha^2 - 1}$$

$$\sigma_{t2} = p \cdot \frac{2}{\alpha^2 - 1}$$

- Határállapot kérdése.
- Redukált feszültségek számítási lehetőségei, a kötésben ébredő maximális nyomás.
- Redukált feszültség Coulomb elmélet szerint és a kötésben ébredő maximális nyomás

$$\sigma_{red} = \sigma_t - \sigma_r - 2\tau_{max} \leq k$$

*k* : az anyag szilárdságára jellemző érték

$$\sigma_{red} = p \cdot \frac{2\alpha^2}{\alpha^2 - 1} \rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{k}{k - 2p}} \rightarrow p_{max} = \frac{k}{2}$$

Relaxációs egyidejű feszültség-nyúlás görbe alapján a kötéssel átvihető axiális erő, vagy nyomaték ill. az ehhez tartozó átfedés meghatározása.

$$F_{ax} = p \cdot d \cdot \pi \cdot b \cdot \mu$$

$$p_{\max} = \frac{k}{2} = \frac{\sigma_{meg}}{2} \rightarrow \sigma_{meg} = 2 \cdot p_{\max}$$

$$T = p \cdot \frac{d^2}{2} \cdot \pi \cdot b \cdot \mu$$

Axiális terhelés esetén

Nyomatékterhelés esetén

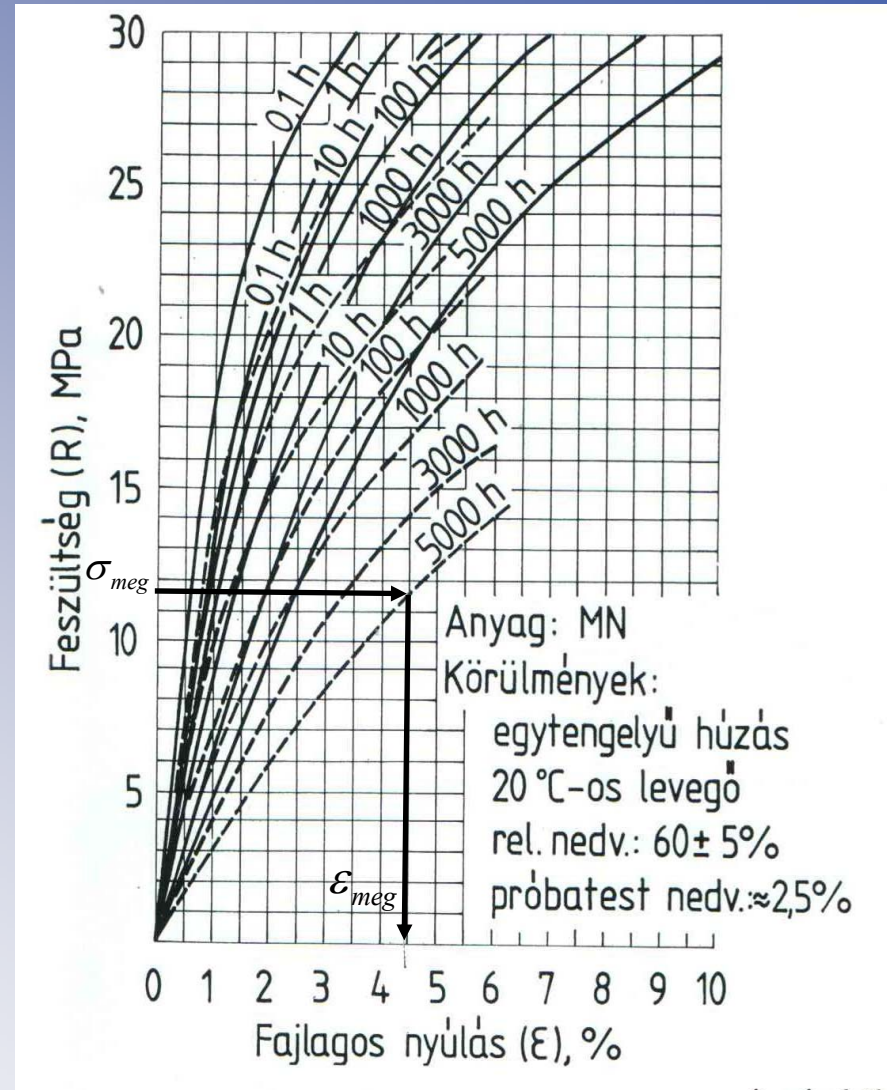
$$\sigma_{meg} = \frac{2 \cdot F_{ax}}{d \cdot \pi \cdot b \cdot \mu}$$

$$\sigma_{meg} = \frac{4 \cdot T}{d^2 \cdot \pi \cdot b \cdot \mu}$$



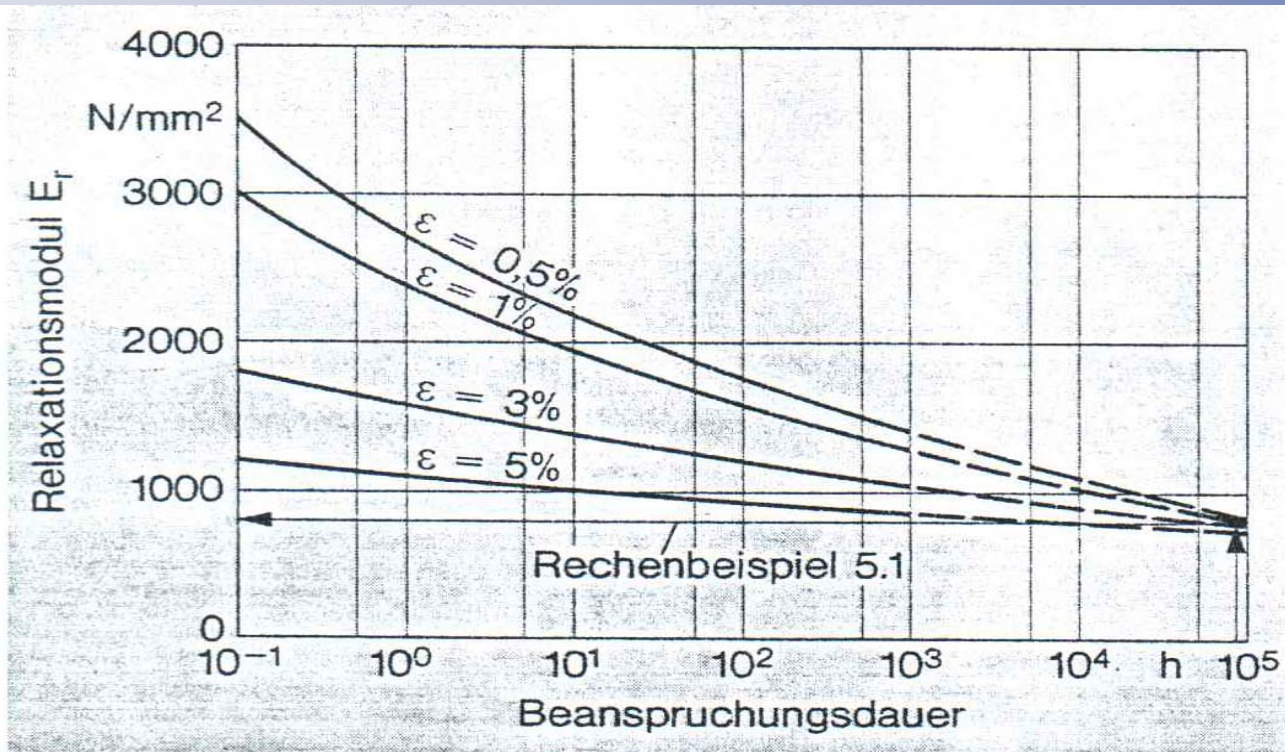
A szükséges túlfedés:

$$\varepsilon = \frac{f}{d} = \varepsilon_{meg} \rightarrow f = \varepsilon_{meg} \cdot d$$

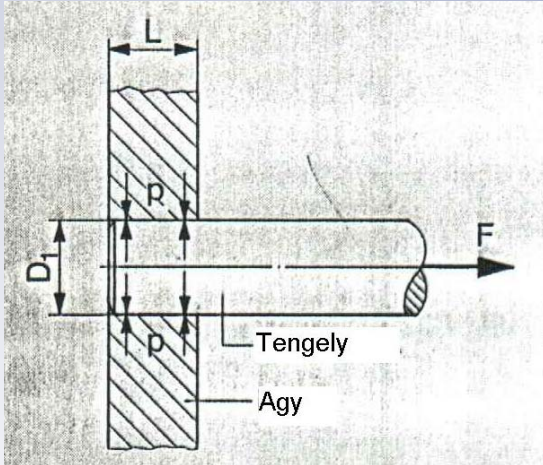


Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

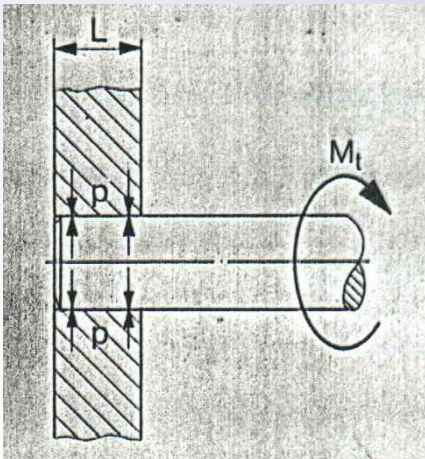
## Méretezés a relaxációs rugalmassági modulus – idő ( $E_r$ -t) tulajdonságfüggvény alapján



## A kötéssel átvihető axiális erő és nyomaték



$$F_{\max} = p \cdot D_1 \cdot \pi \cdot L \cdot \mu$$

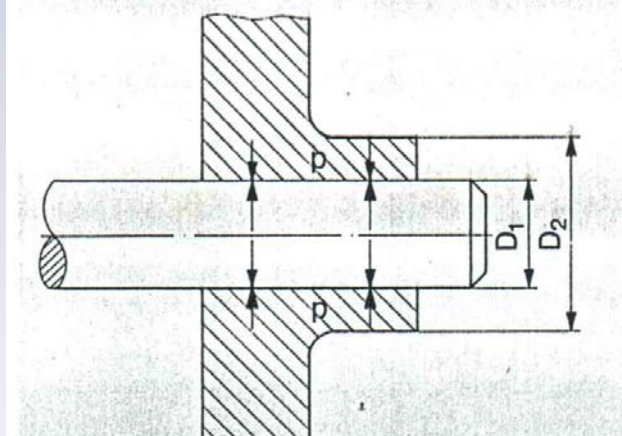


$$M_{\max} = p \cdot \frac{D_1^2}{2} \cdot \pi \cdot L \cdot \mu$$



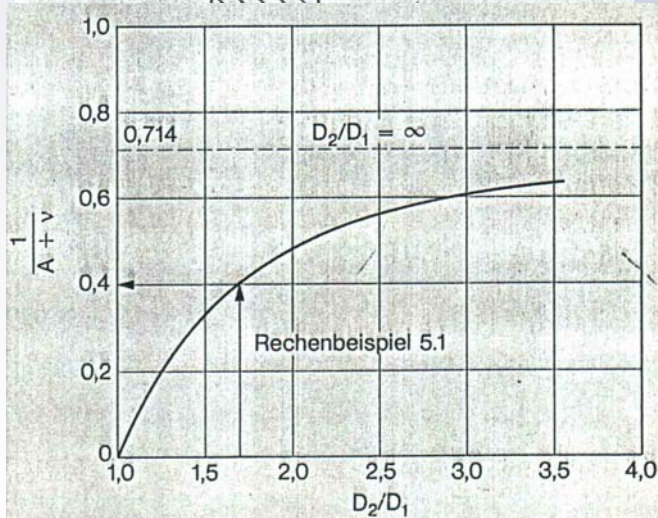
## A kötésben kialakuló nyomás számítása

– fém tengely/műanyag agy esetén



$$p_1 = \frac{f}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{A + \nu}$$

$$A = \frac{\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 + 1}{\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 - 1}$$

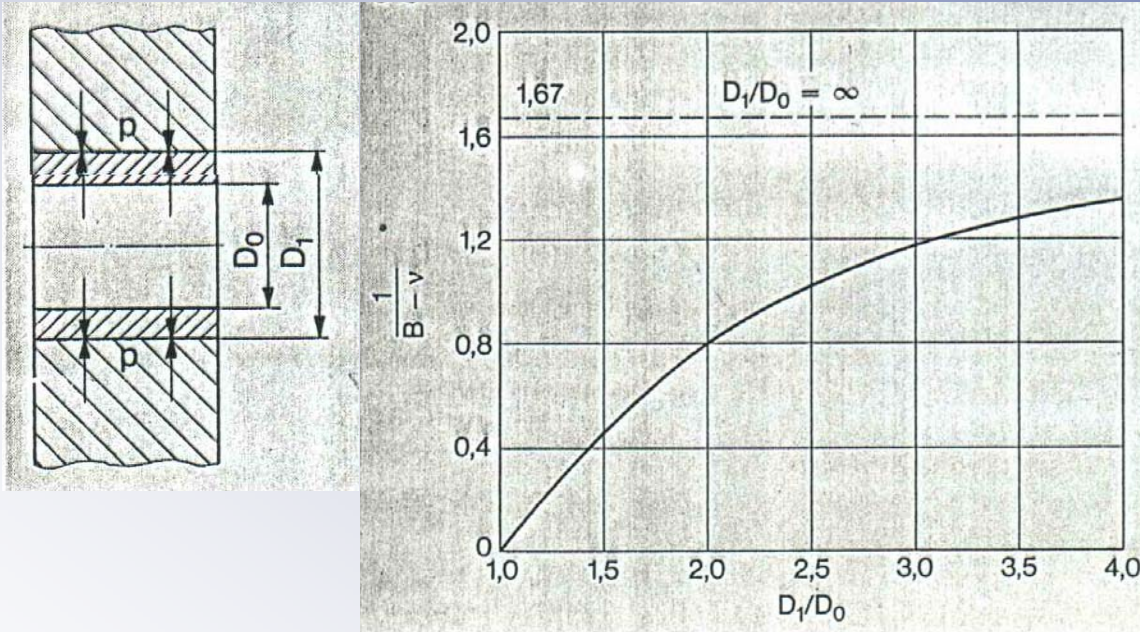


Dr. marosfalvi János – Dr. Király Csaba



## A kötésben kialakuló nyomás számítása

– polimer persely/fém ház esetén

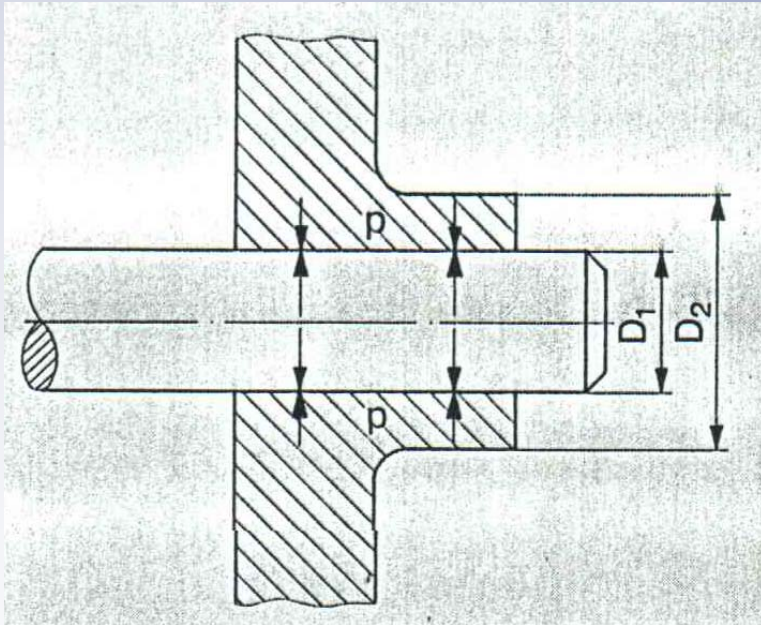


$$p_2 = \frac{f}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{B-v}$$

$$B = \frac{\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^2 + 1}{\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^2 - 1}$$

## A kötésben kialakuló nyomás számítása

- polimer tengely/polimer agy esetén



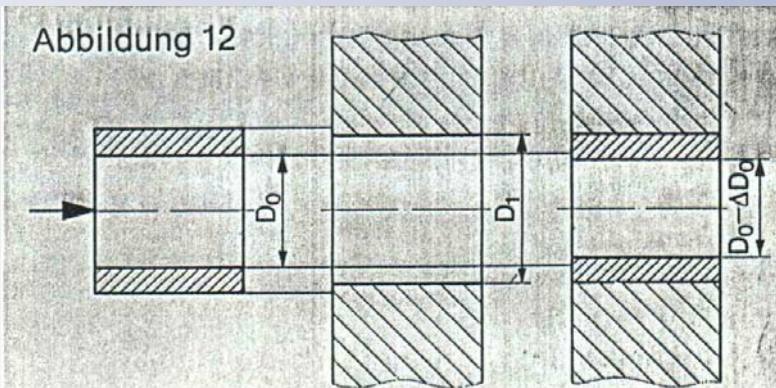
$$p_3 = \frac{f}{D_1} \cdot \frac{1}{C}$$

$$C = \frac{A + \nu}{E_r(t)_1} + \frac{B - \nu}{E_r(t)_2}$$

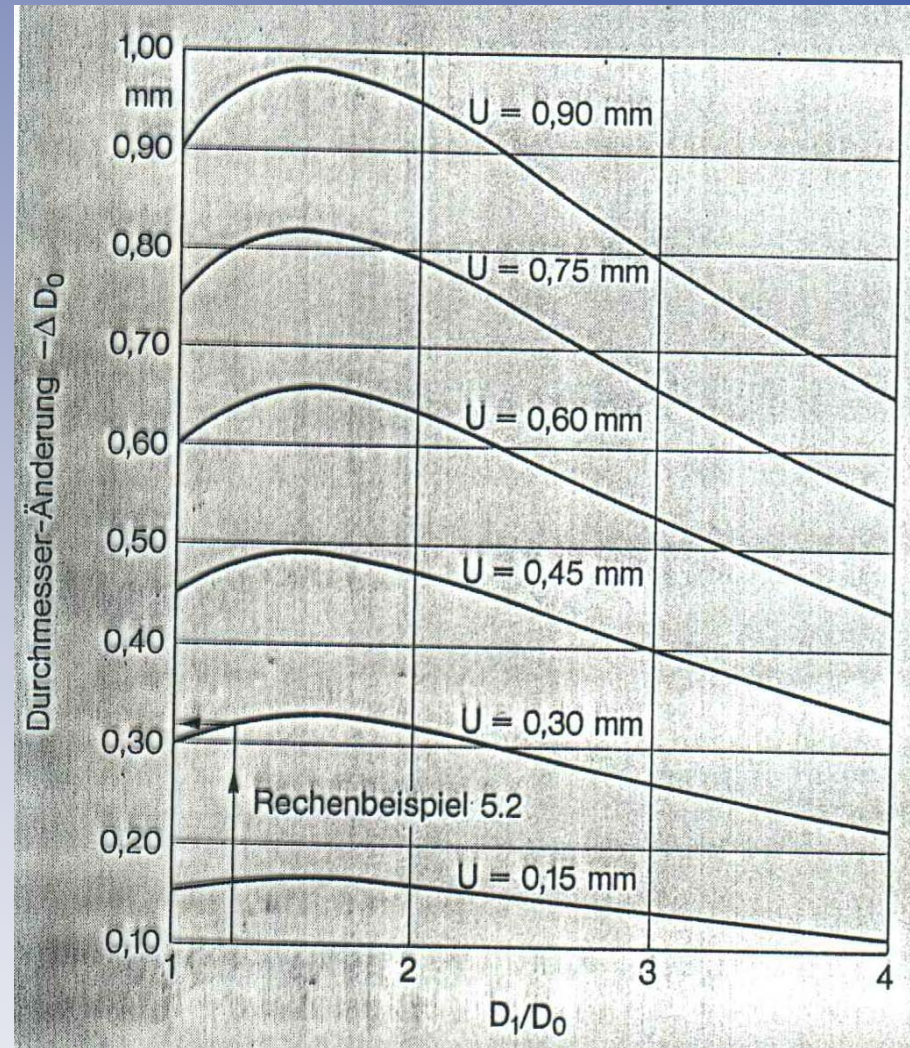


## A kötésben kialakuló nyomás számítása

- fém ház/polimer persely esetén a persely belső átmérőjének megváltozása

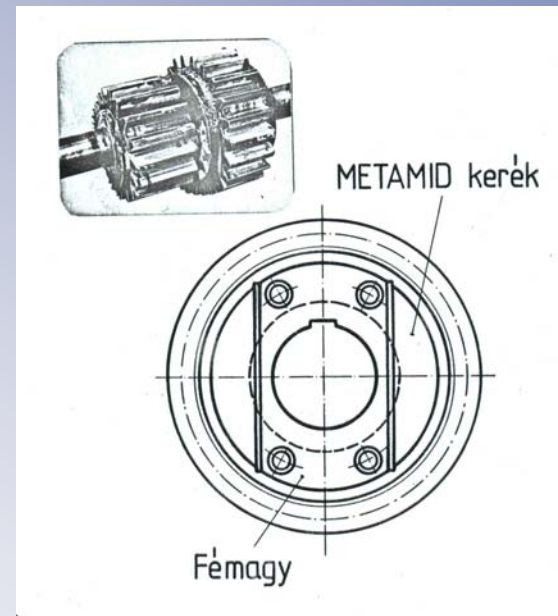
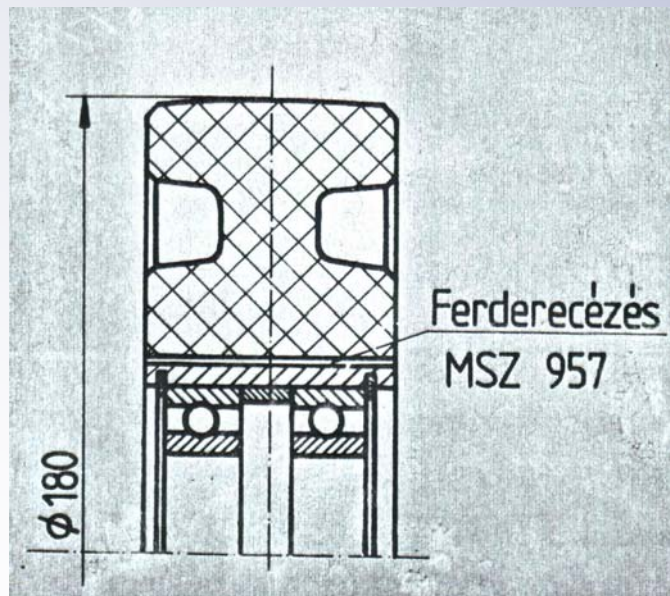


$$\Delta D_0 = f \frac{2 \frac{D_1}{D_0}}{\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^2 \cdot (1 - \nu) + (1 + \nu)}$$



A polimerek tulajdonságaiból adódó konstrukciós javaslatok

- kis szilárdság -> terhelőátadó felületek növelése
- kúszás miatt -> terhelőátadó felületek növelése
- feszültségrelaxáció miatt -> erővel záró kötés helyett alakkal záró kötés



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



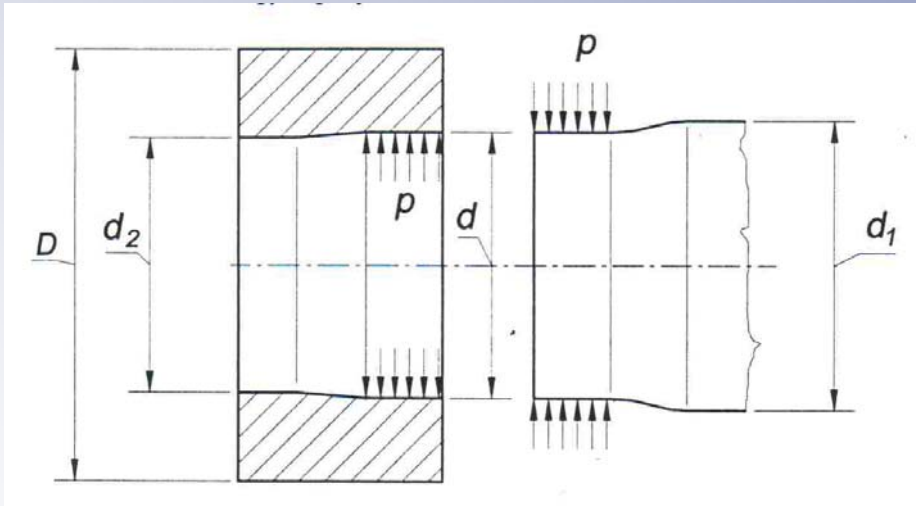
# 6. előadás

Méretezés elvei és módszerei  
időben állandó terhelésre

2. rész: Polimer-fém kapcsolatok.

## Tengelyre húzott gyűrű-agy esete

(időbeli viselkedés jellemzője a feszültségrelaxáció)



Tengely deformációja:  $f_1 = K_1 \cdot p \cdot d$

Agy deformációja:  $f_2 = K_2 \cdot p \cdot d$

A túlfedés mértéke:  $f = f_1 + f_2 = p \cdot d (K_1 + K_2)$

$$K_1 = \frac{1}{E_1} \left( \frac{1 + \varphi}{1 - \varphi} - \nu_1 \right)$$

$$K_2 = \frac{1}{E_2} \left( \frac{1 + \Phi}{1 - \Phi} + \nu_2 \right)$$

$$\varphi = \left( \frac{d_b}{d} \right)^2 ; \Phi = \left( \frac{d}{D} \right)^2$$

## Túlfedéses illesztésnél a terhelések és alakváltozások.

Méretezés egyidejű feszültség-nyúlás görbe alapján.  
Az alakváltozási és igénybevételi állapot elemzése, a tengelyben és az agyban ébredő feszültségek

$$\sigma_{r1} = -p$$

$$\sigma_r = p \cdot \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left( 1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right)$$

$$\sigma_{r2} = 0$$

$$\sigma_{t1} = p \cdot \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = p \cdot \frac{\alpha^2 + 1}{\alpha^2 - 1}$$

$$\alpha = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\sigma_{t2} = p \cdot \frac{2}{\alpha^2 - 1}$$

- Határállapot kérdése.
- Redukált feszültségek számítási lehetőségei, a kötésben ébredő maximális nyomás.
- Redukált feszültség Coulomb elmélet szerint és a kötésben ébredő maximális nyomás

$$\sigma_{red} = \sigma_t - \sigma_r - 2\tau_{max} \leq k$$

*k* : az anyag szilárdságára jellemző érték

$$\sigma_{red} = p \cdot \frac{2\alpha^2}{\alpha^2 - 1} \rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{k}{k - 2p}} \rightarrow p_{max} = \frac{k}{2}$$



Relaxációs egyidejű feszültség-nyúlás görbe alapján a kötéssel átvihető axiális erő, vagy nyomaték ill. az ehhez tartozó átfedés meghatározása.

$$F_{ax} = p \cdot d \cdot \pi \cdot b \cdot \mu$$

$$p_{\max} = \frac{k}{2} = \frac{\sigma_{meg}}{2} \rightarrow \sigma_{meg} = 2 \cdot p_{\max}$$

$$T = p \cdot \frac{d^2}{2} \cdot \pi \cdot b \cdot \mu$$

Axiális terhelés esetén

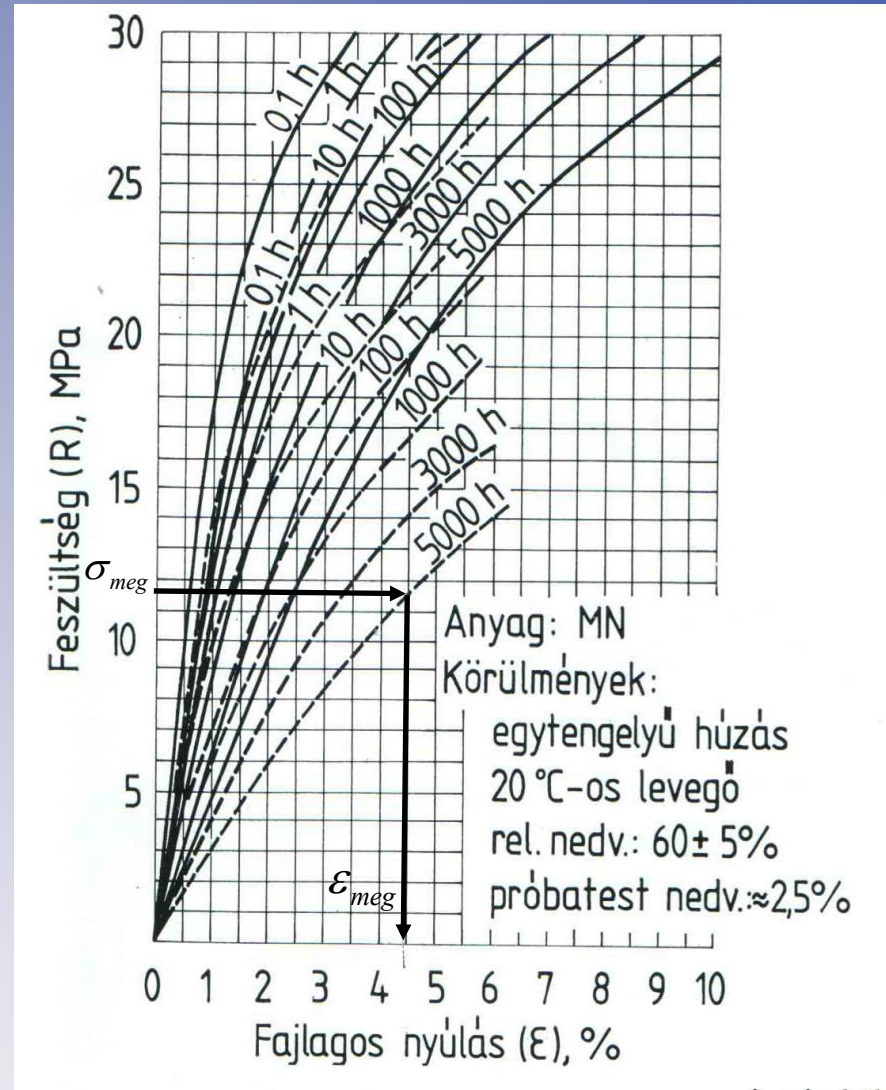
Nyomatékterhelés esetén

$$\sigma_{meg} = \frac{2 \cdot F_{ax}}{d \cdot \pi \cdot b \cdot \mu}$$

$$\sigma_{meg} = \frac{4 \cdot T}{d^2 \cdot \pi \cdot b \cdot \mu}$$

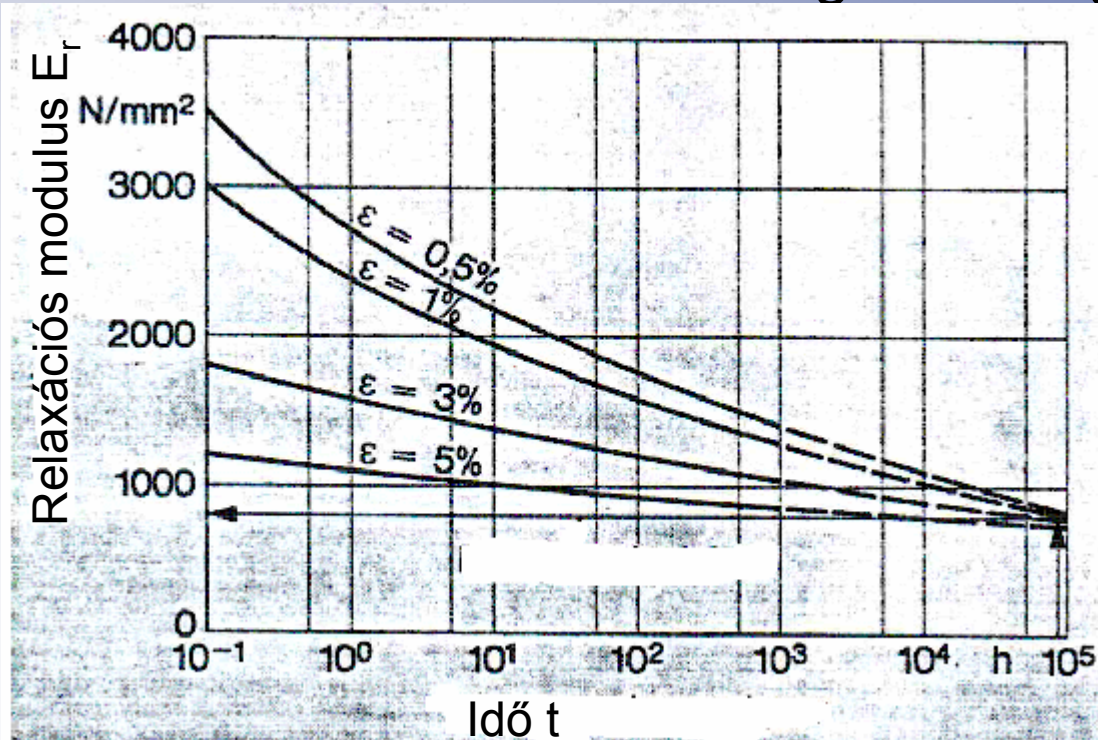
A szükséges túlfedés:

$$\varepsilon = \frac{f}{d} = \varepsilon_{meg} \rightarrow f = \varepsilon_{meg} \cdot d$$

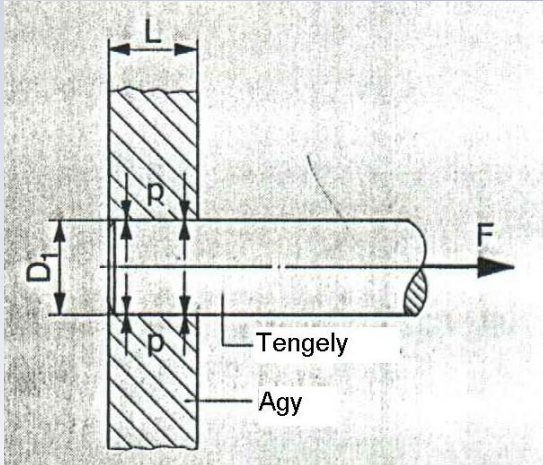


Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

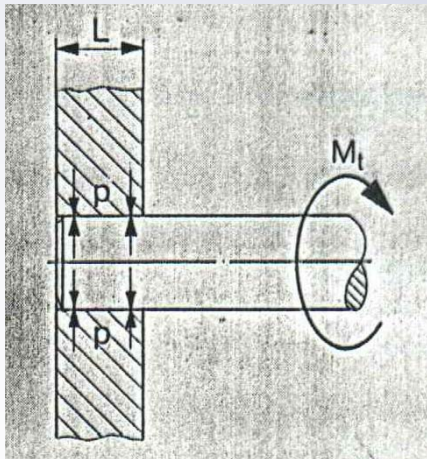
## Méretezés a relaxációs rugalmassági modulus – idő ( $E_r$ -t)



## A kötéssel átvihető axiális erő és nyomaték



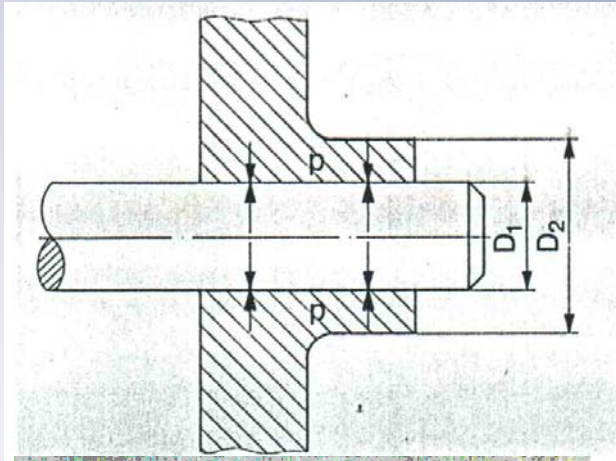
$$F_{\max} = p \cdot D_1 \cdot \pi \cdot L \cdot \mu$$



$$M_{\max} = p \cdot \frac{D_1^2}{2} \cdot \pi \cdot L \cdot \mu$$



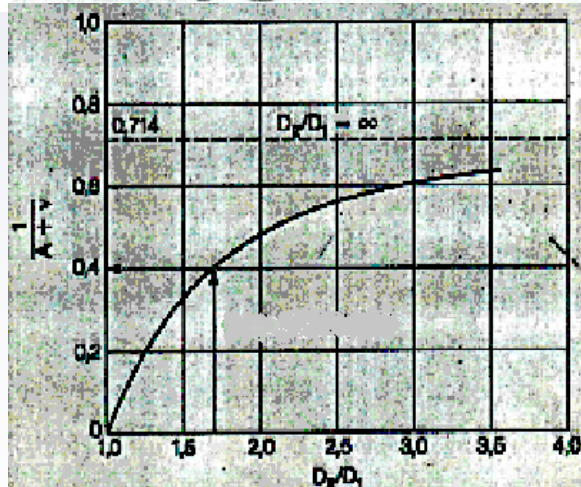
## A kötésben kialakuló nyomás számítása



g agy

$$p_1 = \frac{f}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{A + \nu}$$

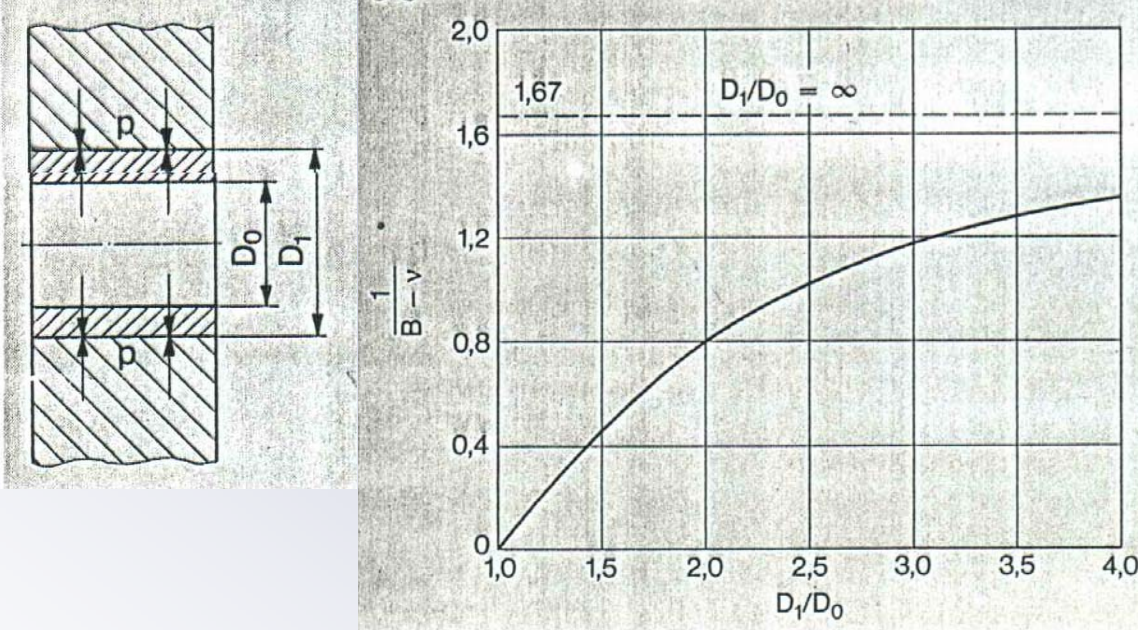
$$A = \frac{\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 + 1}{\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 - 1}$$



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## A kötésben kialakuló nyomás számítása

– polimer persely/fém ház esetén

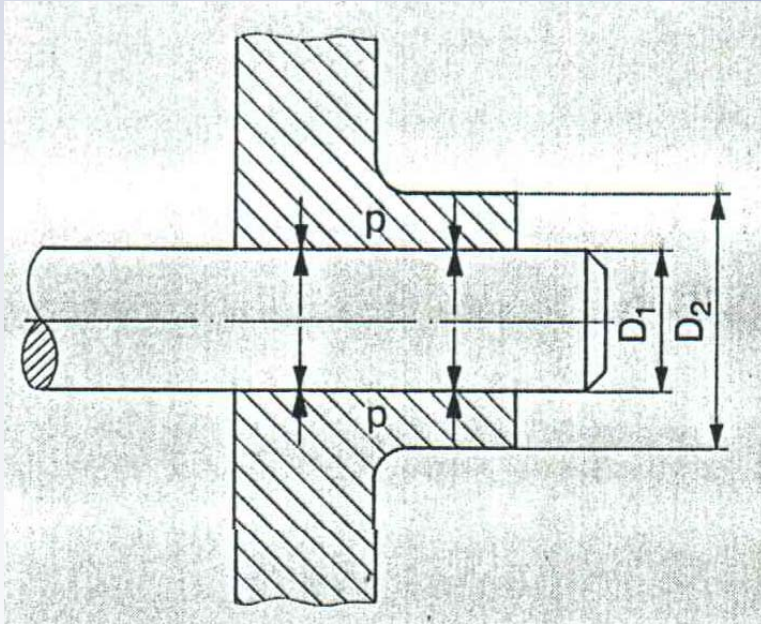


$$p_2 = \frac{f}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{B-v}$$

$$B = \frac{\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^2 + 1}{\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^2 - 1}$$

## A kötésben kialakuló nyomás számítása

- polimer tengely/polimer agy esetén



$$p_3 = \frac{f}{D_1} \cdot \frac{1}{C}$$

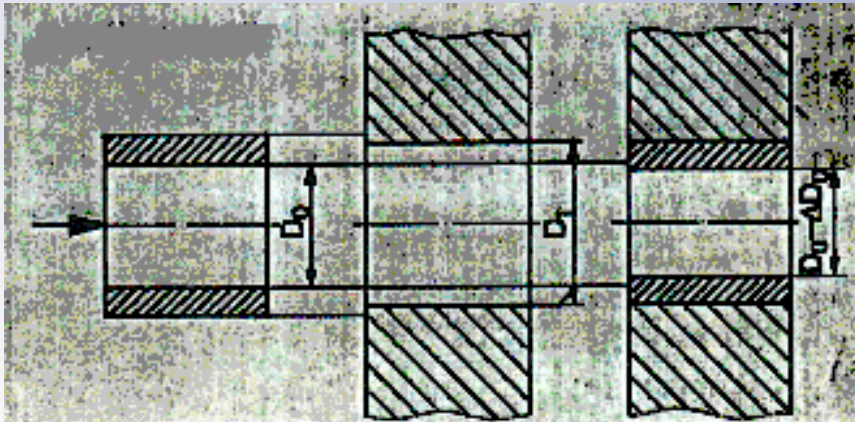
$$C = \frac{A + \nu}{E_r(t)_1} + \frac{B - \nu}{E_r(t)_2}$$



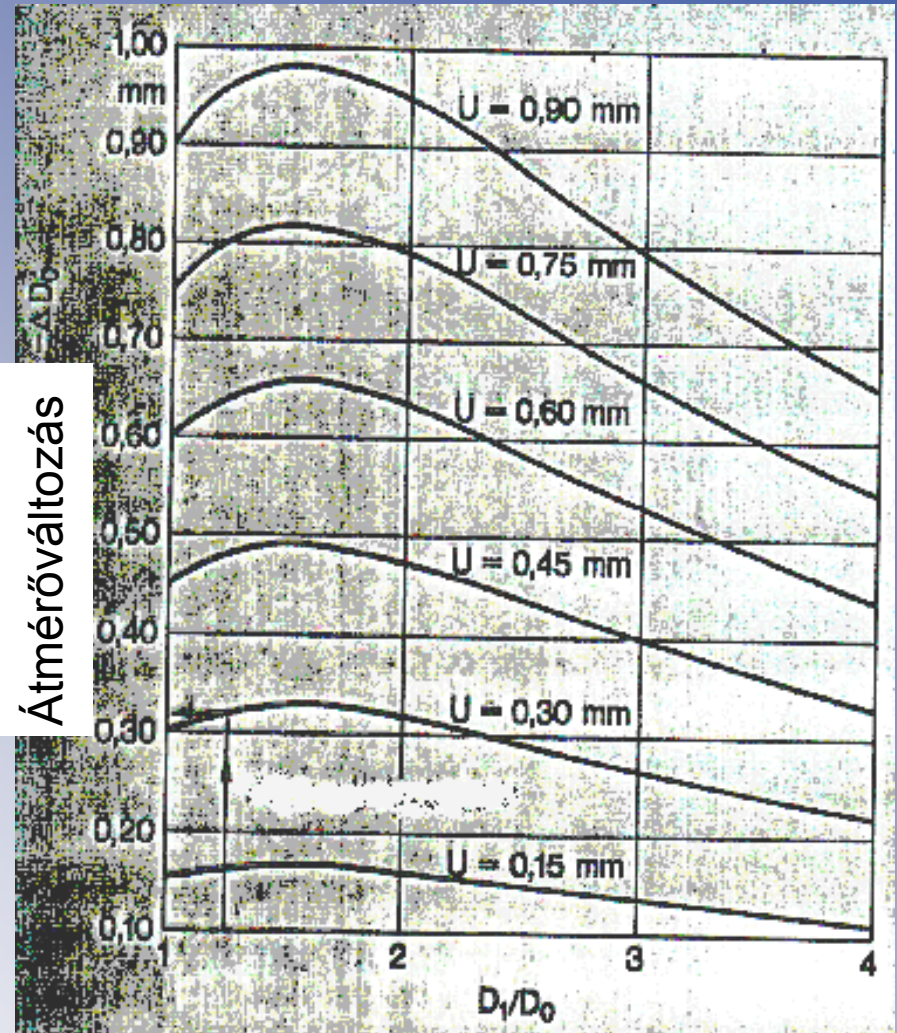
# Méretezési példák

## A kötésben kialakuló nyomás számítása

- fém ház/polimer persely esetén a persely belső átmérőjének megváltozása



$$\Delta D_0 = f \frac{2 \frac{D_1}{D_0}}{\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^2 \cdot (1-\nu) + (1+\nu)}$$



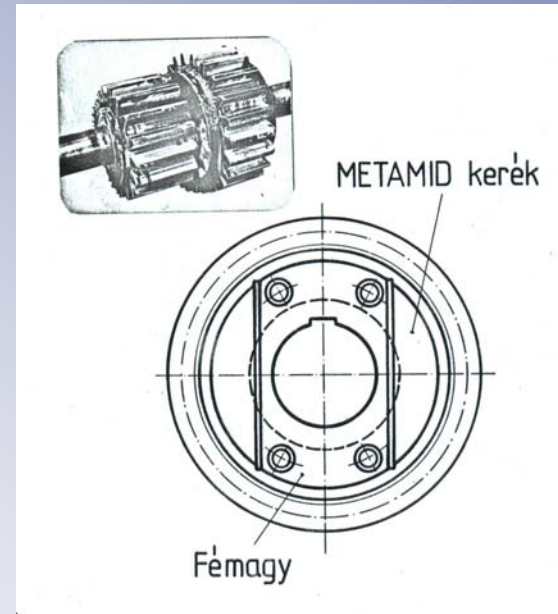
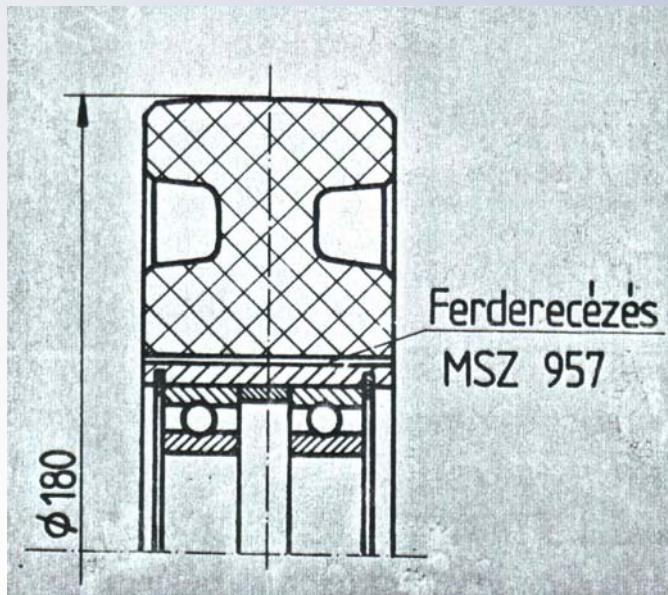


# Méretezési példák

Polimer termékek tervezése 6. előadás

A polimerek tulajdonságaiból adódó konstrukciós javaslatok

- kis szilárdság -> terhelőátadó felületek növelése
- kúszás miatt -> terhelőátadó felületek növelése
- feszültségrelaxáció miatt -> erővel záró kötés helyett alakkal záró kötés



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 13 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Kötések (oldható, nem oldható)

- Anyaggal záró kötések
  - Ragasztott kötések
  - Hegesztett kötések
    - Direkt hevítéses
      - Forrógázos
      - Extrúziós
      - Tükörhegesztéses
      - Hősugárzásos (infra)
      - Lézersugaras

- Frikciós
  - Rotációs dörzshegesztéses
  - Vibrációs
  - Ultrahangos
- Elektromos/elektromágneses
  - Ellenálláshuzalos (elektrofitting) 0-60 Hz
  - Indukciós 0,2-10 MHz
  - Dielektromos 10-120 MHz
  - Mikrohullámú 1-100 GHz

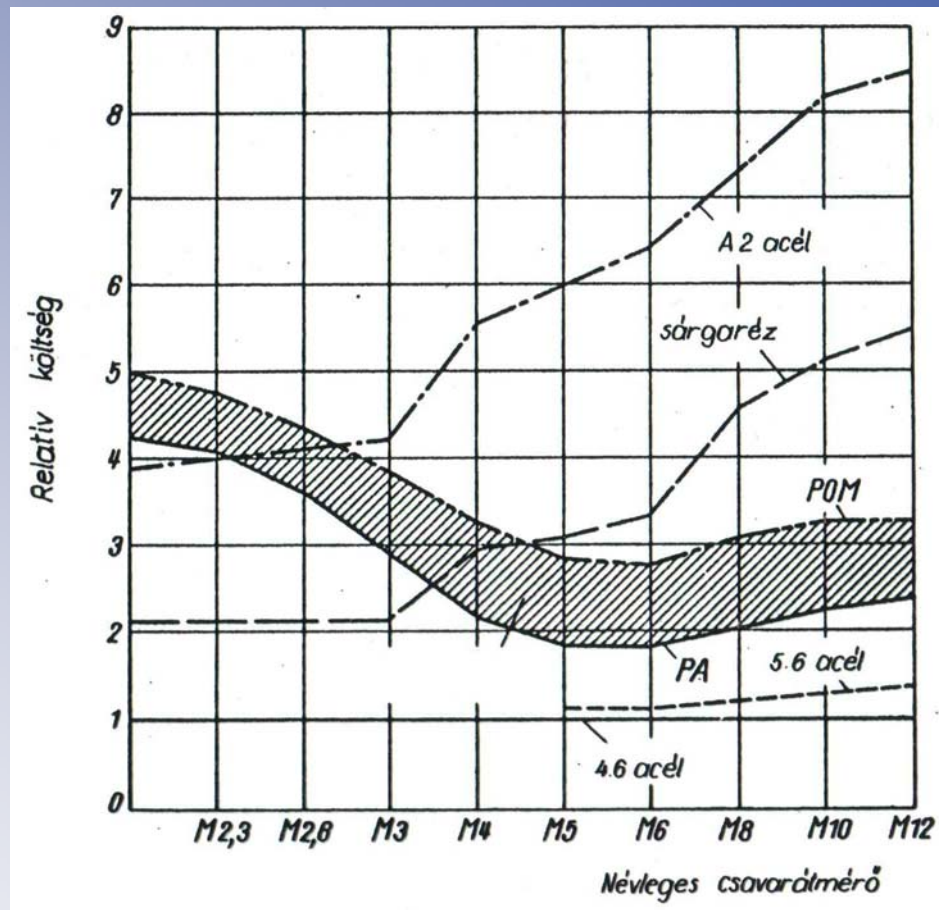
- Alakkal záró kötések
  - Ékkötés
  - Reteszkötés
  - Bordás tengely-agy
  - Polygon tengely-agy
  - ...
- Erővel záró kötések
  - Hengeres túlfedéses kötés
  - Kúpos kötés



- Kialakítástól függően alakkal vagy erővel záró kötések
  - Menetes kötések
  - Szegecskötések
  - Csapszeg kötések
  - Pattanó kötések

- Alkalmazási területük, előnyök-hátrányok
- Gazdaságossági kérdés

Különböző szerkezeti anyagokból készült csavarok költségei



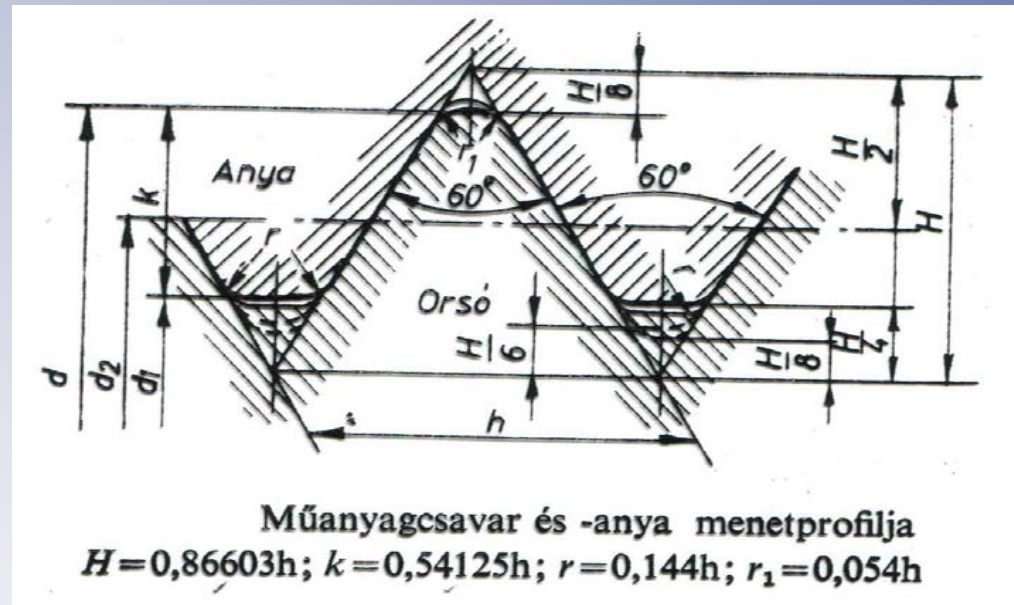
- Csavar elemekhez használt legfontosabb polimerek
  - poliamid 6.6 (PA66)
  - polioximetilén (POM)
  - poliamid 6.6 üvegszál erősítéssel (PA66-GF)
  - poliamid 6 (PA6)
  - poliamid 12 (PA12)
  - polikarbonát (PC)
  - poli(etilén)tereftalát (PET)
  - poli(butilén)tereftalát (PBT)
  - ütésálló polisztirol (HI-PS)

*Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba*

## Műanyag csavarok előállítási technológiái

- fröccsöntéssel
- menethengerléssel
- forgácsolással

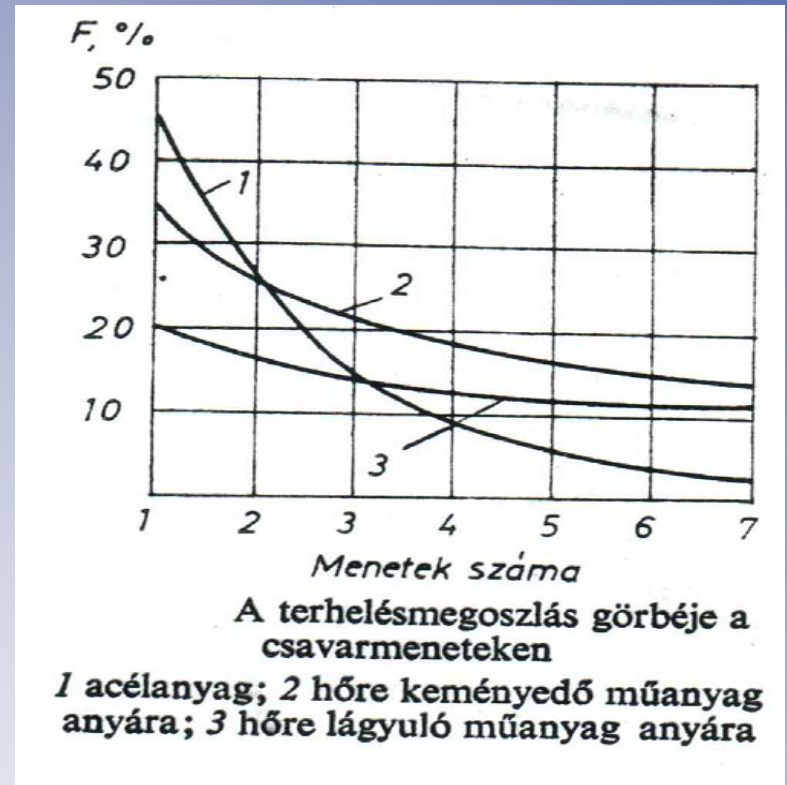
## Műanyag csavar és anya menetprofilja



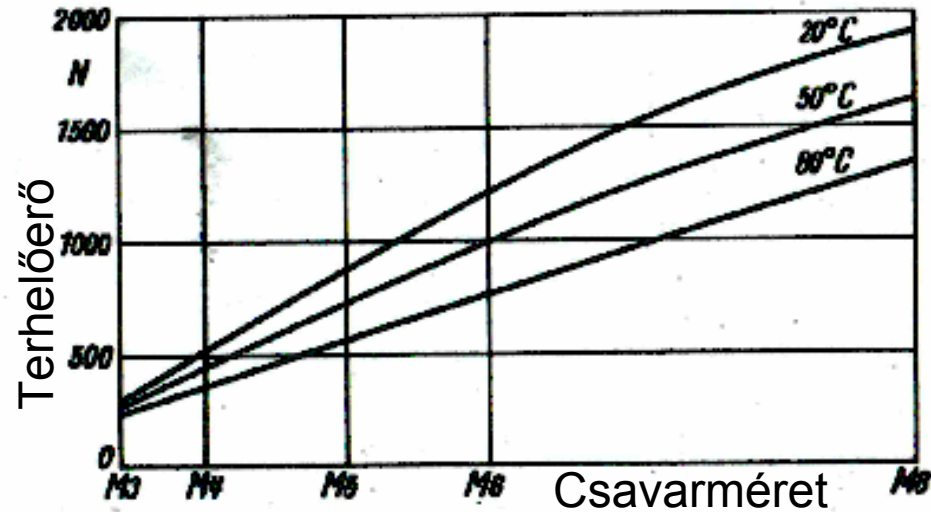
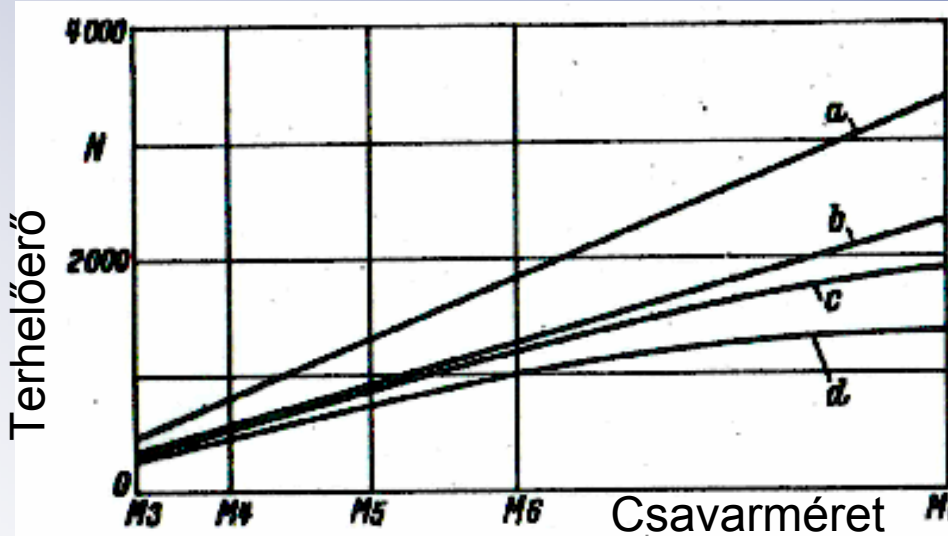


## Terhelhetőség tiszta húzó igénybevételnél

- A menetprofil terhelése és igénybevétele



## Csavarszár törése, a technológia és a hőmérséklet hatása



a: PA6.6 forgácsolással

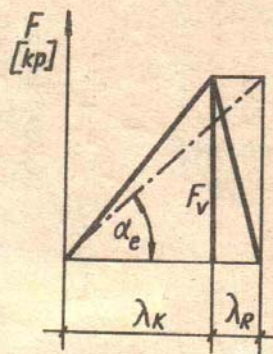
c: PA6.6 fröccsöntéssel

b: POM forgácsolással

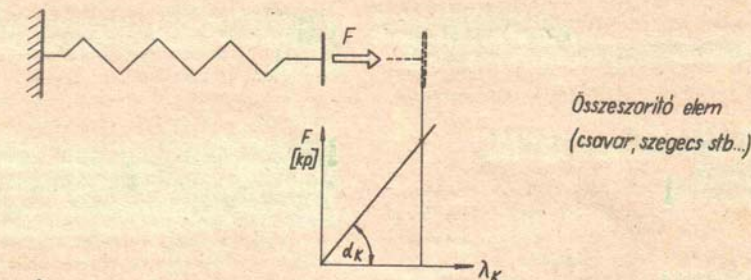
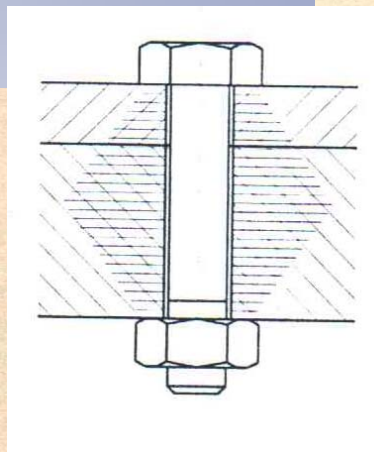
d: POM fröccsöntéssel

PA 6.6 fröccsöntött csavar terhelhetősége a hőmérséklet függvényében

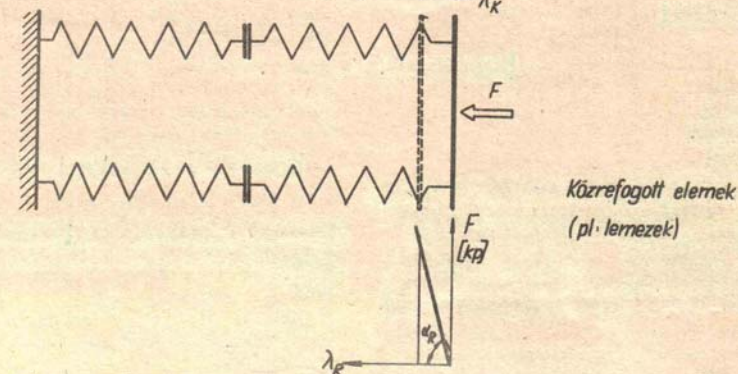
- Csavarkötés szerkezeti modellje
- Terhelési modell csavarkötés meghúzásakor



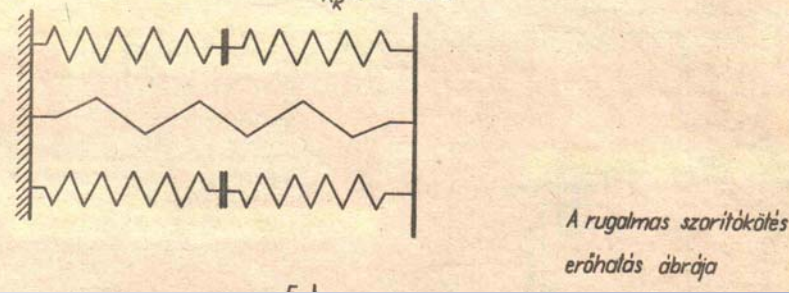
A rugalmas szorítókötés erőhatás ábrája befeszítéskor rugómodellel ábrázolva.



Összeszorító elem  
(csavar, szegecs stb...)



Közrefogott elemek  
(pl. lemezek)



A rugalmas szorítókötés erőhatás ábrája

- Terhelési modell az üzemi terheléstől függően
  - Terhelés jellege szerint:
    - Erő jellegű lazító hatás
    - Kitérés jellegű lazító hatás
    - Energia jellegű lazító hatás
  - Terhelés hatásának helye szerint
    - Tiszta külső jellegű lazító hatás
    - Tiszta belső jellegű lazító hatás
    - Közbenső jellegű lazító hatás

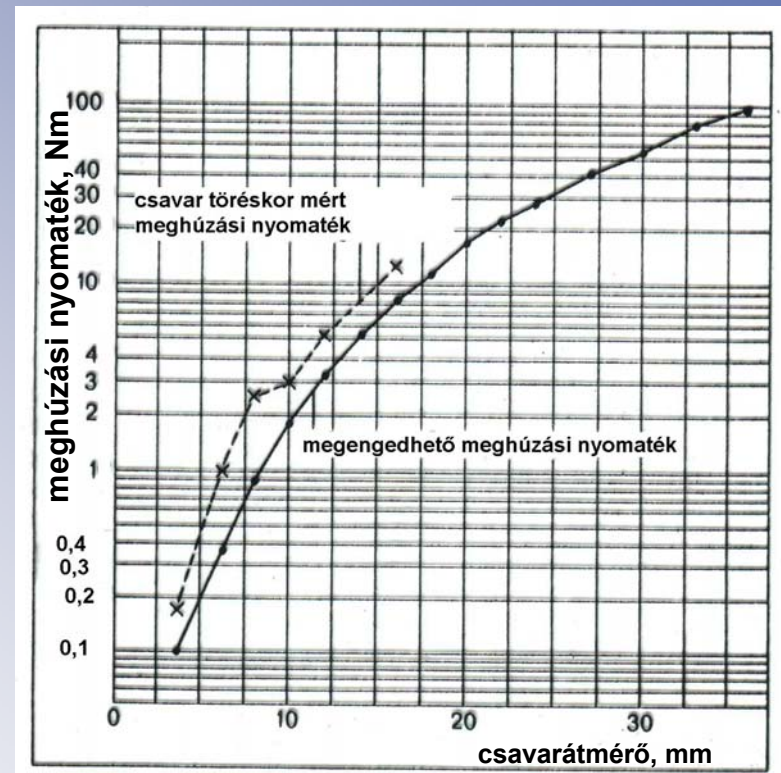
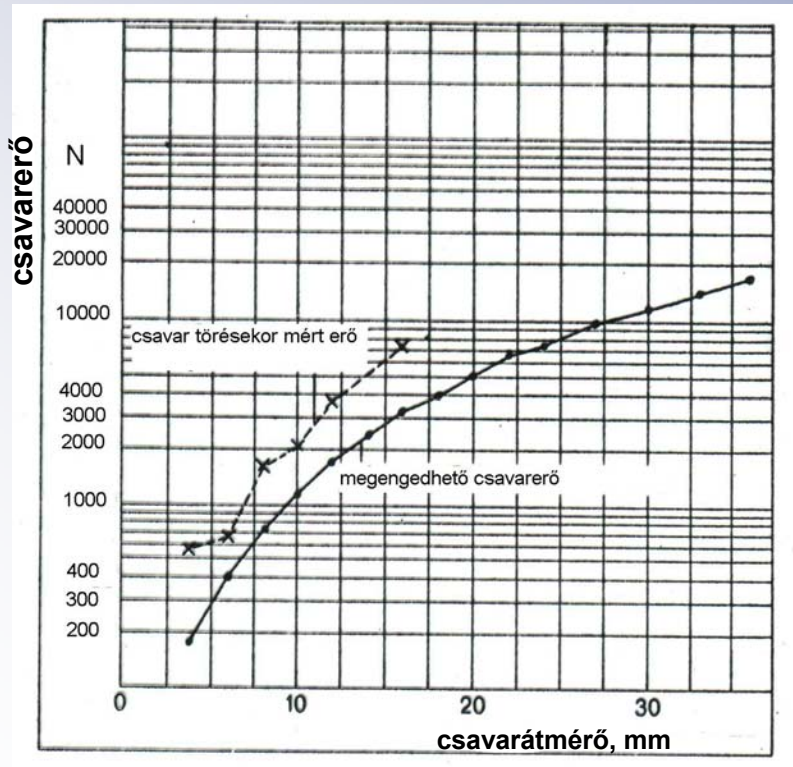


# 7. előadás

## Méretezés elvei és módszerei időben állandó terhelésre 3. rész: csavarkötések

## Igénybevétel csavarkötés meghúzásakor

- Meghúzási nyomaték és a csavarerő meghatározása
- mérésekkel



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## Meghúzási nyomaték és a csavarerő meghatározása •számítással

A megengedhető meghúzási nyomaték:

$$M_{meg} = \sigma_{emeg} \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot d_k}{8} \cdot \frac{K + 1,3\mu_a}{\sqrt{1 + 12 \left( K \cdot \frac{d_k}{d_1} \right)^2}}$$
$$K = \frac{h}{d\pi} + \mu'; \mu' = \frac{\mu}{\cos \beta/2} \approx 0,4$$

$\sigma_{emeg}$  : a megengedett egyenértékű feszültség

d: névleges menetátmérő

$d_k$ : közepes menetátmérő

$d_1$ : magátmérő

h: menetemelkedés

$\beta$ : menet profilszöge

$\mu$ : súrlódási szám a menetekben

$\mu_a$ : súrlódási szám az anya homloklapján, vagy a csavar fejénél

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## Meghúzási nyomatékkal elérhető megengedett előfeszítő erő

$$F_{Vmeg} = \sigma_{emeg} \cdot \frac{d_1^2 \pi}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( K \frac{d_k}{d_1} \right)^2}}$$



A maximálisan megengedhető meghúzási nyomaték értékei normál hatlapú csavar és anya esetén (PA 6.6 és POM)

		M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
$M_{\text{meg}}$ [Nm]	Csavar	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
	Anya	0,1	0,3	0,6	1,5	3,0	-	-

## A csavarszár igénybevétele, az ébredő feszültségek számítása

- Az  $F_v$  előfeszítő erőből adódó húzófeszültség

$$\sigma = \frac{4 \cdot F_v}{d_1^2 \cdot \pi}$$

- A meghúzási nyomatékból adódó csavarófeszültség

$$\tau = \frac{M}{K_p} = \frac{M \cdot 16}{d_1^3 \pi}$$

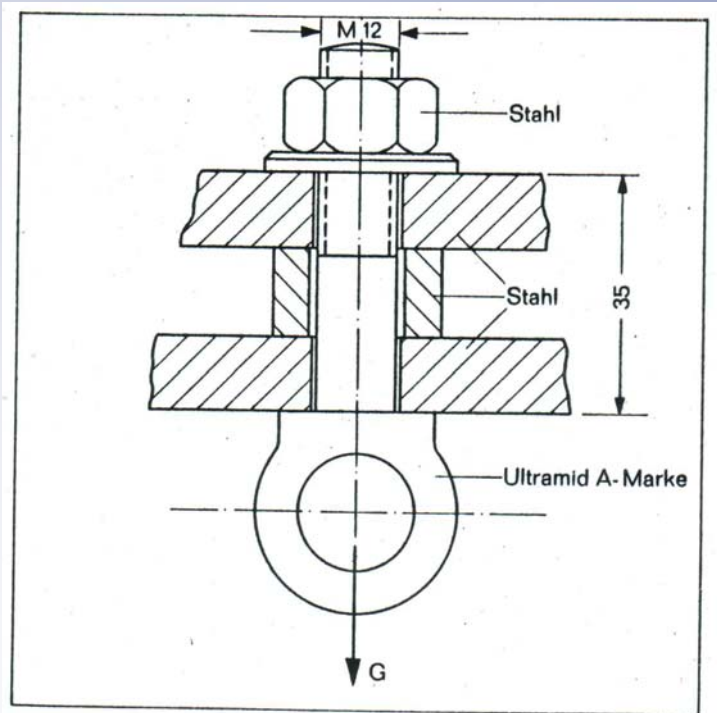
- Az egyenértékű feszültség

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{emeg}$$

A megengedhető redukált feszültségek különböző hőmérsékleten

Hőmérséklet [°C]	$\sigma_{emeg}$ [MPa]		
	PA 6.6	PA6.6-GF	POM
20	34	80	30
40	28	72	25
60	20	60	20
80	12	45	15
100	9	40	10

- Számítási példa – szemes csavar Ultramid A anyagból



- Anya és az összeszorított elemek fémből
- Ultramid-ra a szükséges adatok

Hőm. [°C]	E [MPa]	Tmeg [MPa]	$\sigma_{emeg}$ [MPa]
20	1700	28	30
40	1600	26	28
60	1000	20	24
80	420	16	20
100	400	11	16

(20 °C és RN 3%)

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



## Kérdések

- Milyen előfeszítő erő engedhető meg,  $F_{vmeg} = ?$
- Mekkora nyomatékka kell meghúzni, hogy  $F_{vmeg}$  legyen?
- Mennyi idő után kell újrahunni a kötést, hogy a súly ne lazuljon ki?

Adatok:

terhelés  $G=650$  [N]

hőmérséklet  $40$  °C

menet  $M12 \times 1,75$

$$d_k = d - 0,65h = 10,86 \text{ [mm]}$$

$$d_1 = d - 1,3h = 9,72 \text{ [mm]}$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\beta}{2}} = 0,173$$

$$K = \frac{\frac{h}{d\pi} + \mu'}{1 - \mu' \frac{h}{d\pi}} = 0,221$$

Súrlódási tényezők

$$\mu = 0,15$$

$$\mu_a = 0,1$$

$$\sigma_{emeg} = 28 \text{ [MPa]}$$

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## A megengedhető előfeszítő erő

$$F_{V_{meg}} = \sigma_{meg} \cdot \frac{d_1^2 \pi}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( K \frac{d_k}{d_1} \right)^2}} = 1570 [N]$$

## Az ehhez tartozó meghúzási nyomaték

$$M_{meg} = F_{vmeg} \cdot \frac{d_k}{2} (K + 1,3 \mu_a) = 2,99 [Nm]$$

## Az előfeszítő erő következtében a húzófeszültség

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot F_{vmeg}}{d_1^2 \pi} = 21,2 [MPa] \quad (\text{A pont})$$

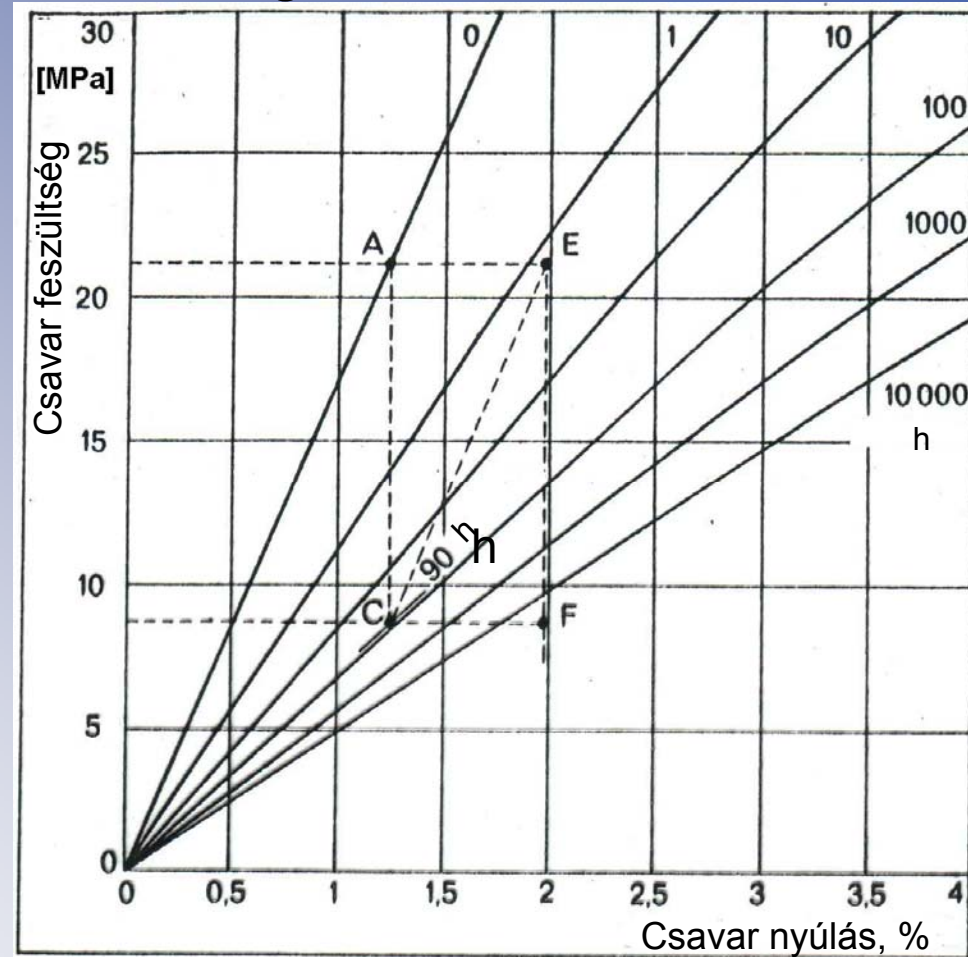
## A terhelésnek megfelelő húzófeszültség

$$\sigma_2 = \frac{4 \cdot G}{d_1^2 \pi} = 8,75 \text{ [MPa]} \quad (\text{C pont})$$

A csavarkötés egyidejű  
feszültség-nyúlás görbéi

Tehát a csavarkötést 90  
óra múlva kell utánahúzni.

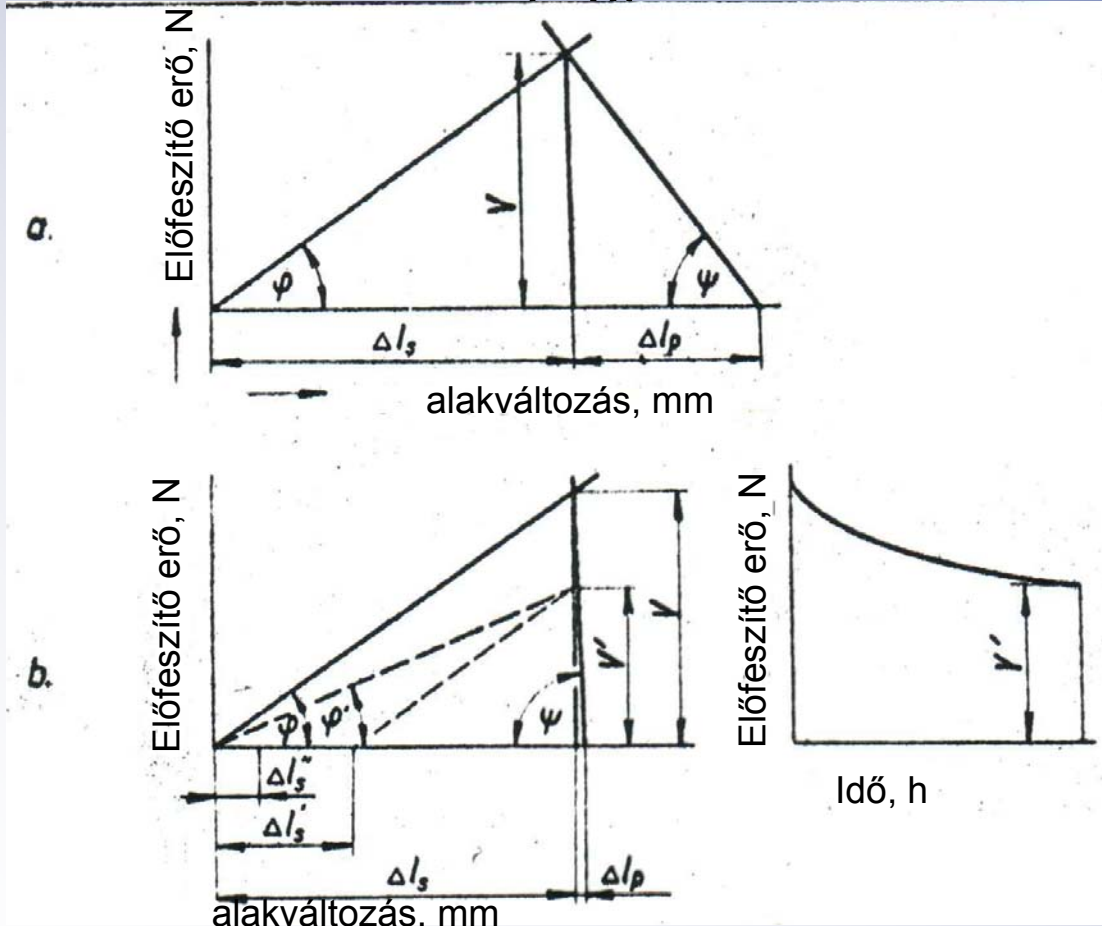
(Időbeli viselkedés  
jellemzője a feszültség-  
relaxáció)



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



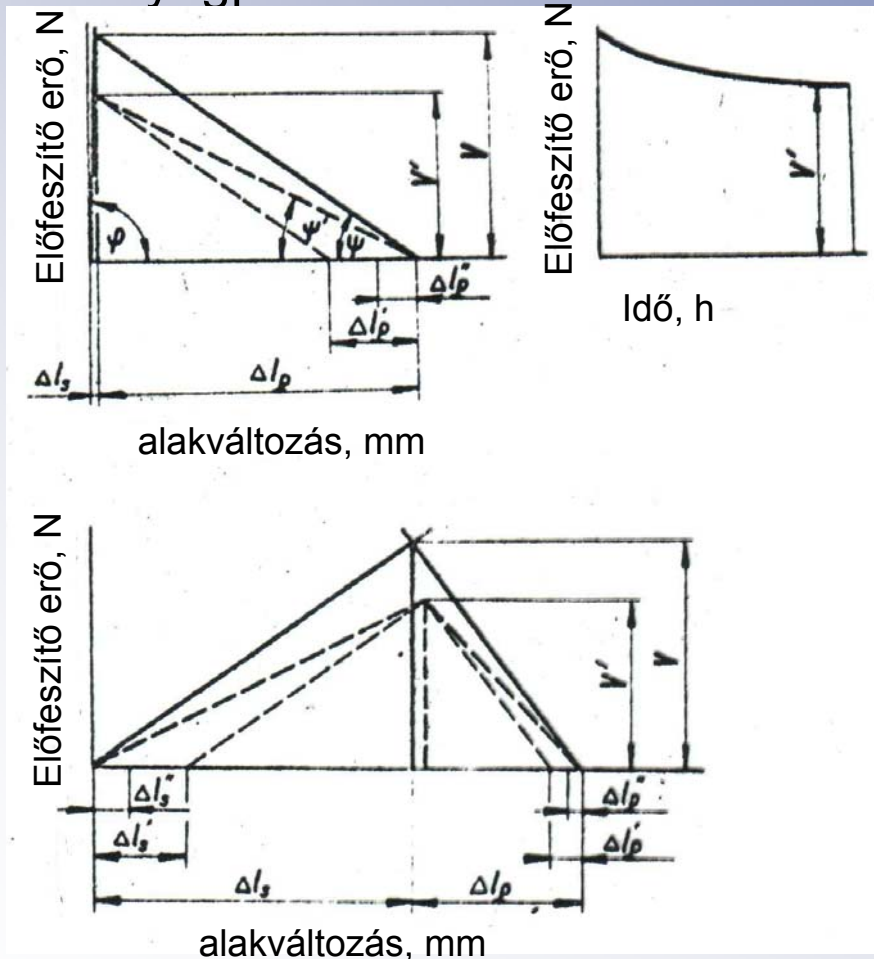
## Csavarkötés előfeszítő erő – deformáció diagrammjai különböző anyagpárosítások esetén



a., csavar: fém  
összeszorított elem: fém

b., csavar: polimer  
összeszorított elem: fém  
(csavar relaxációja)

## Csavarkötés előfeszítő erő – deformáció diagrammjai különböző anyagpárosítások esetén



c., csavar: fém

összeszorított elem: polimer

(összeszorított elem kúszása)

d., csavar: polimer

összeszorított elem: polimer

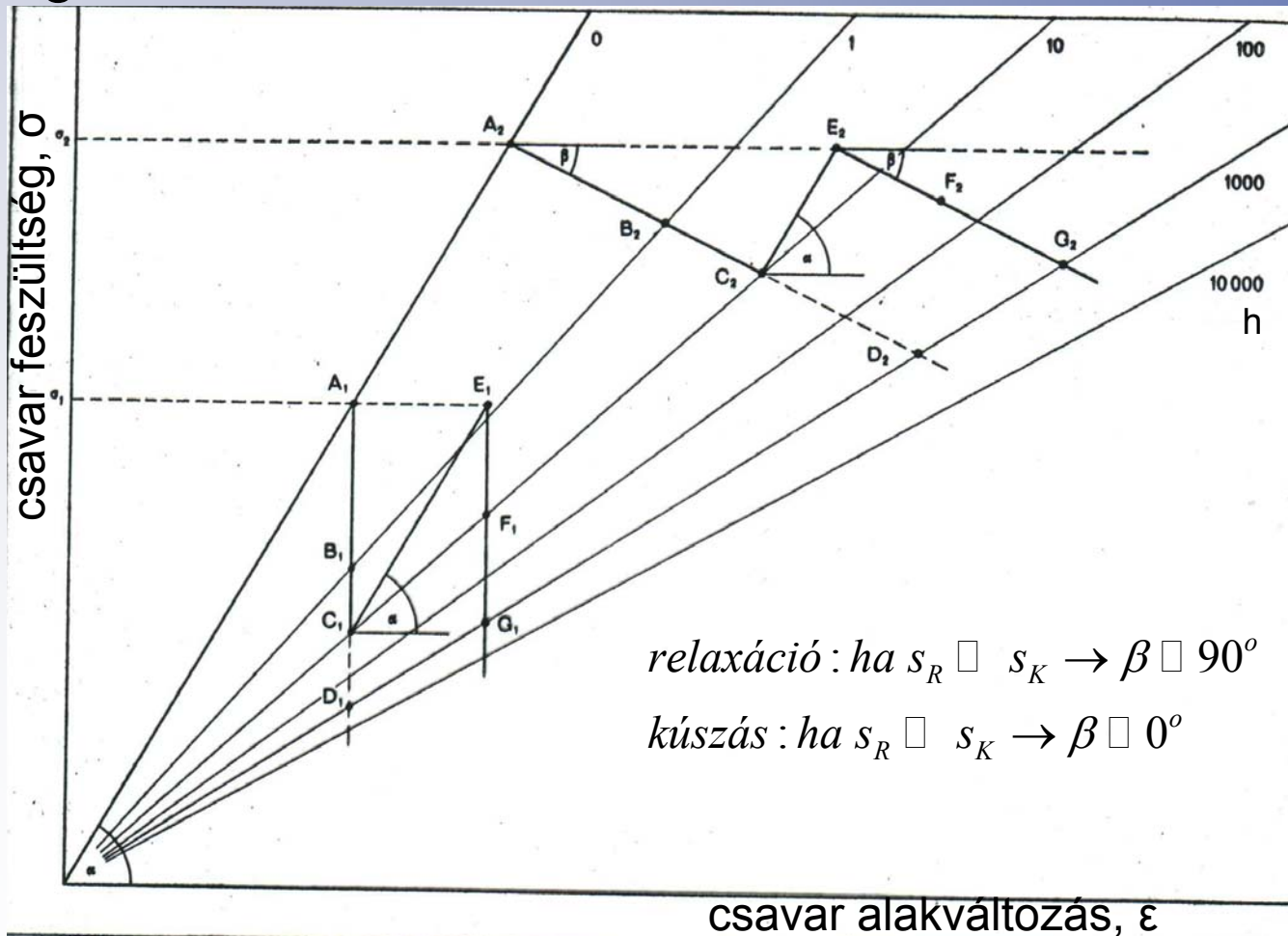
(kötés egyszerre relaxál és kúszik)

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Menetes kötések

Polimer termékek tervezése 7. előadás

## A csavarban ébredő feszültség időbeni változásának meghatározása



relaxáció : ha  $s_R \square s_K \rightarrow \beta \square 90^\circ$

kúszás : ha  $s_R \square s_K \rightarrow \beta \square 0^\circ$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{s_R}{s_K}$$

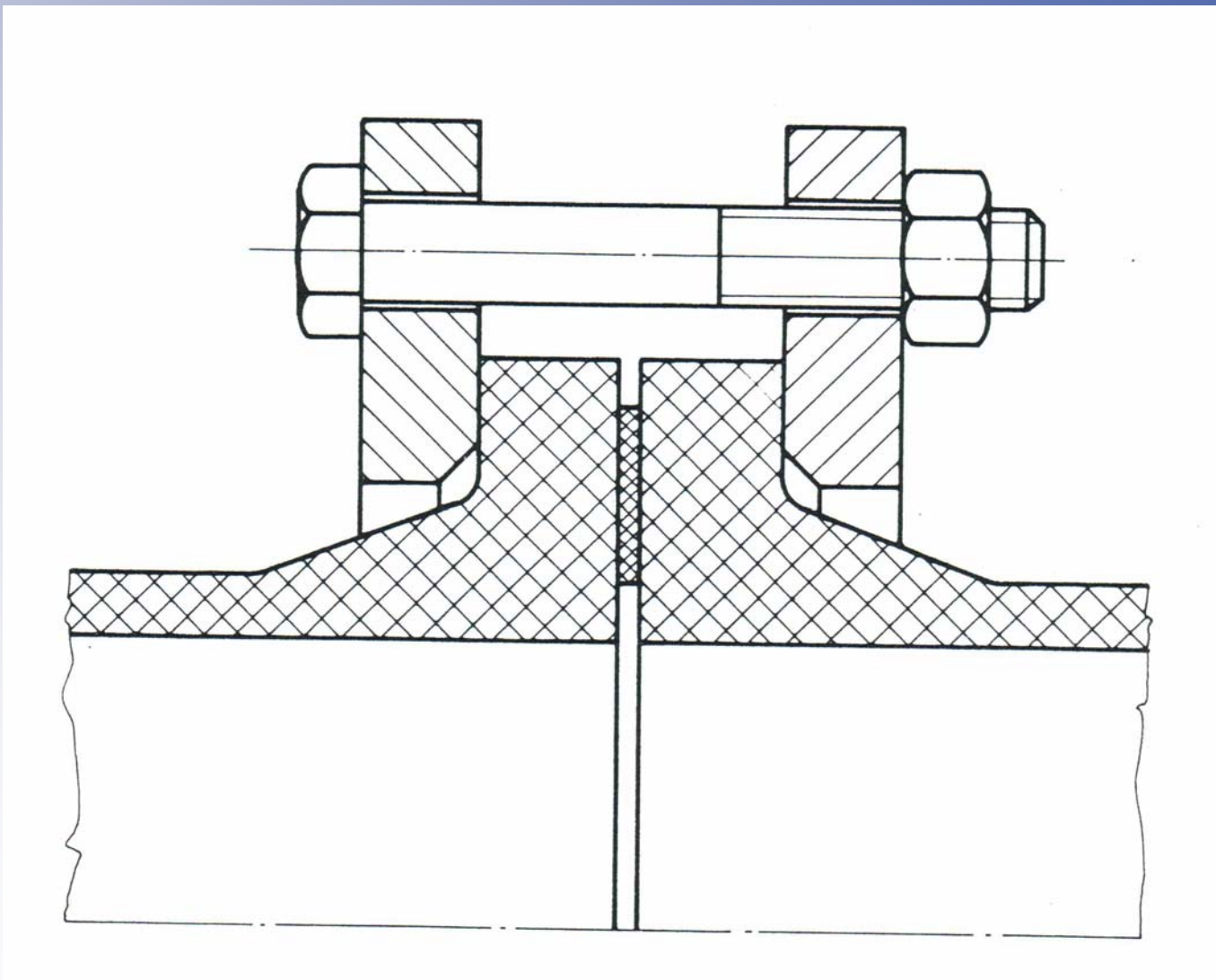
$s_R$ : az összeszorított elemek rugómerevsége,  
 $s_K$ : a kötőelem rugómerevsége

$$s_K = \frac{A \cdot E}{l}$$

Dr. Marostai János – Dr. Király Csaba

# Műanyag cső fém lazakarimás kötése

Polimer termékek tervezése 7. előadás



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet

<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 16 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv

HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

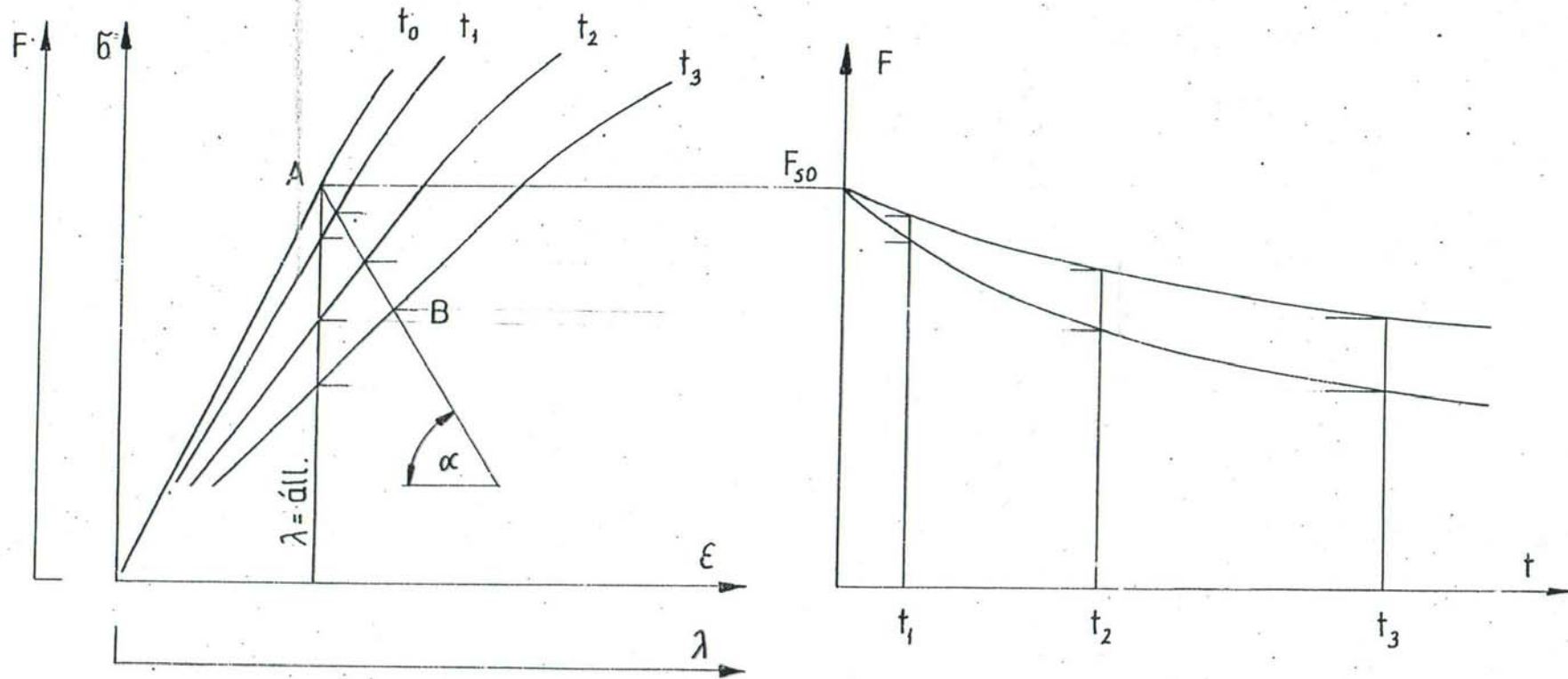
Magyarország célba ér





# Csavarerő változás a kötés egyidejű feszültség-alakváltozás görbéiből

Polimer termékek tervezése 7. előadás



$$\text{tg } \alpha \approx s_R$$

$$\frac{1}{s_R} = \frac{1}{s_D} + \frac{1}{s_{FS}}$$

$s_D$  - tömités rugómerevsége

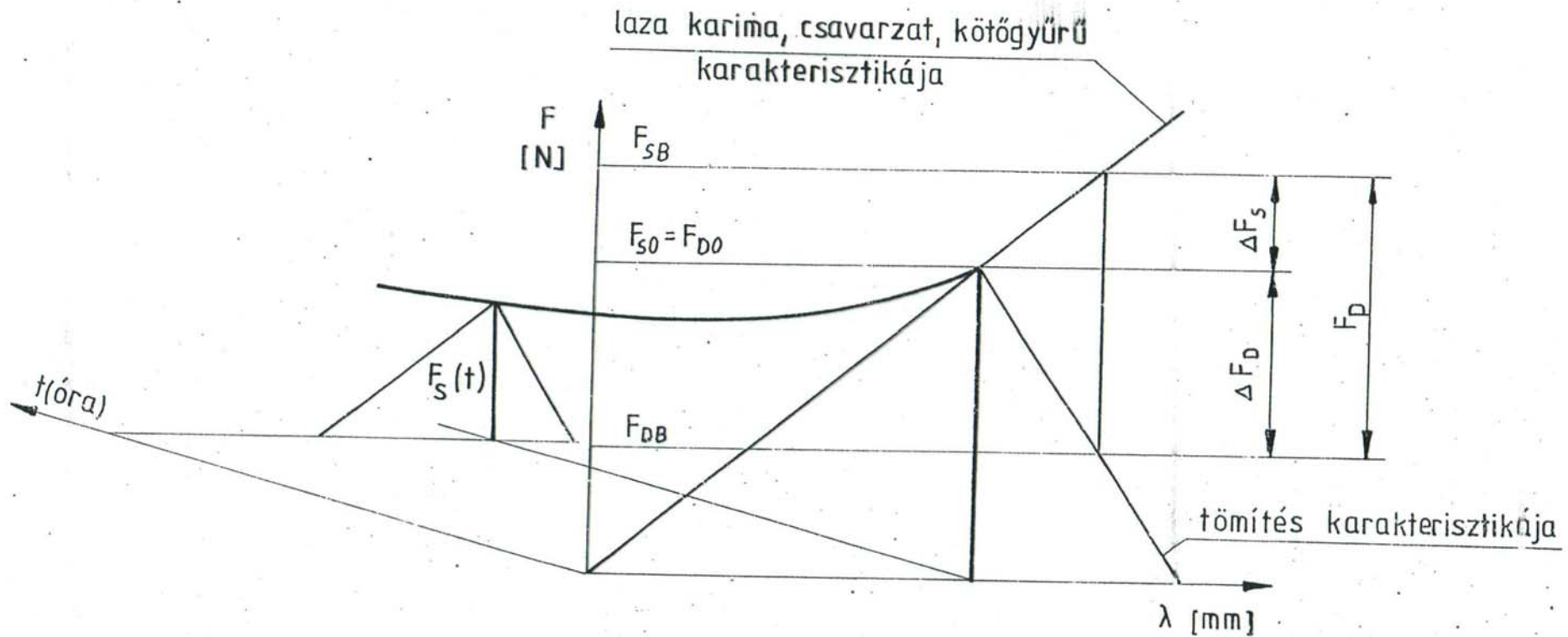
$s_{FS}$  - laza karima és csavarzat rugómerevsége

$s_R$  - eredő rugómerevség

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Karimaszerkezet egyszerűsített erőhatás ábrája

Polimer termékek tervezése 7. előadás



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépészertan Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 18 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Mocsárjáró jármű lánclemezeinek átalakítása

Polimer termékek tervezése 7. előadás



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 19 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

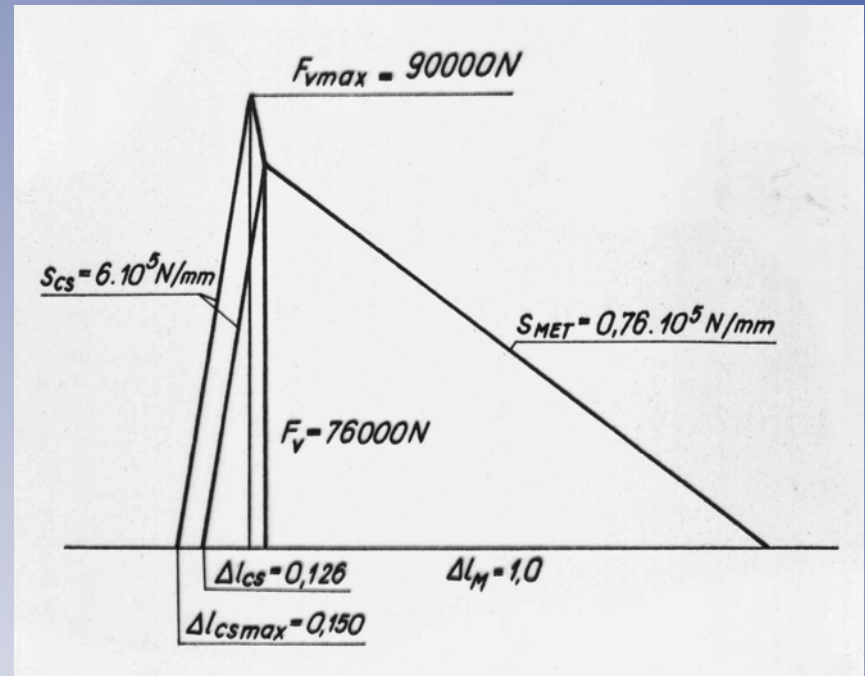
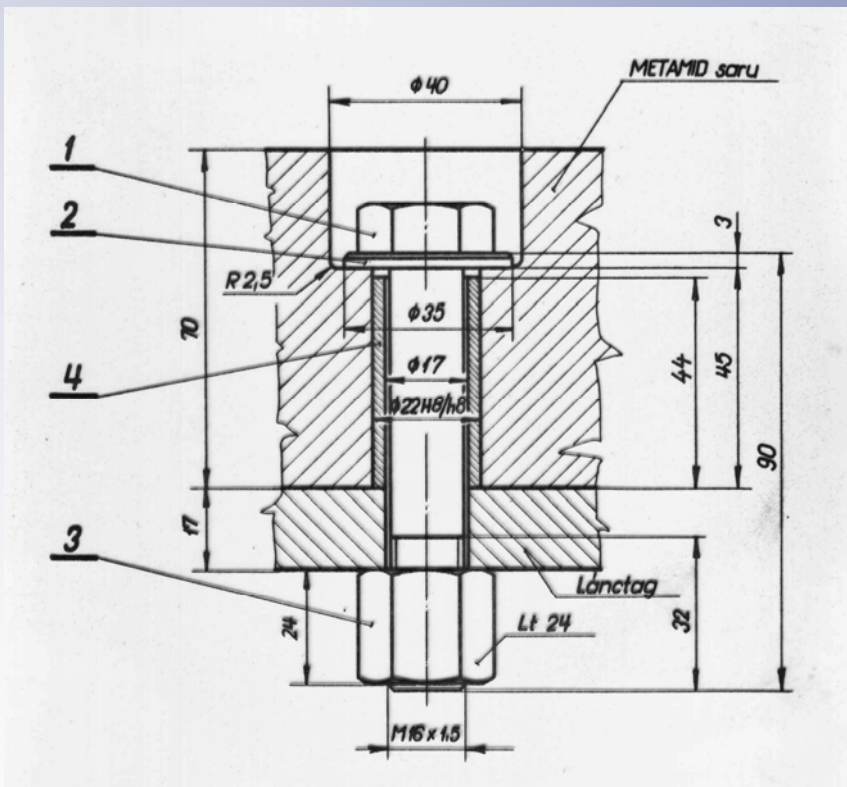
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Mocsárjáró jármű lánclemeinek átalakítása

Polimer termékek tervezése 7. előadás



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 20 Folia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





# Menetformáló csavarok

Polimer termékek tervezése 7. előadás

## Menetformáló csavarok

- Menetsajtoló csavarok,
- Menetmetsző csavarok,
- Különleges csavarok,
- Kétbekezdésű csavarok (Hi-Lo)
- Plasztit csavar

	Lemezcsavar			Lemezcsavar			Hi-Lo csavar		
Menet	"A" alak (DIN 7970)			"B" alak (DIN 7970)			kétbekezdésű menet, 60 és 30 fok		
Funkció	menetsajtolás			menetsajtolás			menetsajtolás (illetve menetmetszés)		
Kereskedelmi méretek	<i>d</i>	<i>d<sub>b</sub></i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>d<sub>b</sub></i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>d<sub>b</sub></i>	<i>h</i>
<i>d</i> = névleges átmérő, mm	4,3	3,5	1,69	2,2	1,8	0,79	2,9	2,5	
<i>d<sub>b</sub></i> = a javasolt furatátmérő, mm	4,9	3,9	2,12	2,9	2,3	1,06	3,9	2,9	3
<i>h</i> = menetemelkedés	6,5	5,2	2,54	3,9	3,1	1,34	5,5	4,5	
<i>d<sub>t</sub></i> = egyenértékű átmérő, mm	7,1	5,7	2,54	4,2	3,4	1,41			
	7,8	6,3	2,82	4,8	3,9	1,59			
	8,5	6,8	2,82	5,5	4,4	1,81			
	9,9	7,9	2,82	6,3	5,1	1,81			

Menetmetsző csavar (DIN 7513)			Menetmetsző csavar			Plasztit-csavar		
metrikus menet forgácselvezető nuttal			mint "B" lemezcsavarnál			"B" alak (DIN 7970)		
menetmetszés			menetmetszés			menetsajtolás		
<i>d</i>	<i>d<sub>b</sub></i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>d<sub>b</sub></i>	<i>h</i>	<i>d<sub>t</sub></i>		<i>d<sub>b</sub></i>
						max.	min	
M 2,5	2,1		2,2	1,8	0,79	2,26	2,11	1,8 bis 1,9
M 3	2,6	0,5	2,9	2,5	1,06	3,12	2,92	2,5 bis 2,6
M 4	3,5	0,7	3,5	3	1,27	3,63	3,43	2,9 bis 3,0
M 5	4,4	0,8	3,9	3,5	1,34	4,55	4,35	3,8 bis 3,9
M 6	5,4	1	4,2	3,8	1,41	5,28	5,08	4,4 bis 4,6
M 8	7,3	1,25	4,8	4,3	1,59	6,81	6,61	5,8 bis 6,0
			5,5	5	1,81			

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 21 Fólia

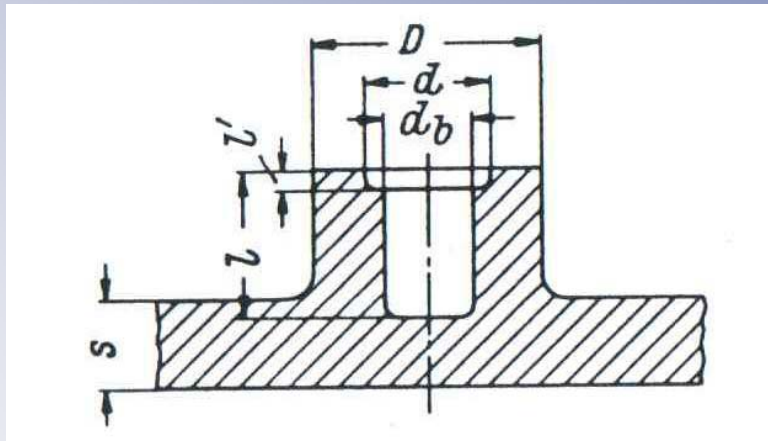
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Becsavaráshoz szem kialakítás



$$D \approx 2,5$$

$$\text{ill. } D < d + 2s$$

$$l = \max 2,5d, \quad l' = (0,3 \div 0,5)d$$

A túlcsavarási nyomaték irányértékei lemezcsavar esetén

Menet névleges átmérő DIN7970	Túlcsavarási nyomaték, Nm				
	PA, POM (légnedves)	HD-PE	PP	PVC	ABS
B 2,9	2 — 3	0,8 — 1,5	1 — 2	1,5 — 3	1,5 — 3
B 3,5	4 — 6	1 — 2	1,5 — 3	2,5 — 4,5	2 — 4
B 4,2	6 — 10	1,5 — 4	2,5 — 4,5	4,5 — 8	4 — 7
B 4,8	8 — 15	3 — 6	5 — 8	8 — 12	7 — 11
B 6,3	20 — 30	8 — 12	10 — 16	15 — 25	14 — 24

Becsavarási,  
túlcsavarási nyomaték

Becsavarási hossz  $l < 2,5 d$

Belső átmérő  $d_b > 0,8 d$

$\sigma$ : folyási feszültség

$$M_{túl} = \frac{\sigma \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l}{4} (K + 1,3\mu)$$

## Kiszakítóerő közelítő értékei lemezcsavar esetén

Névleges menetátmérő DIN 7970	Kiszakítóerő, N				
	PA, POM (légnedves)	HD-PE	PP	PVC	ABS
B 2,9	2000	700	1000	1500	1500
B 3,5	3000	1000	1500	2100	2000
B 4,2	4100	1500	2100	3500	3200
B 4,8	5500	2000	3000	4500	4000
B 6,3	9000	3000	5000	7000	6500

## Közelítő számítása

$$F_{ki} = \tau \cdot d \cdot \pi \cdot l$$

$$ahol : \tau = \frac{\sigma}{2}$$

Becsavarási hossz  $l < 2,5 d$

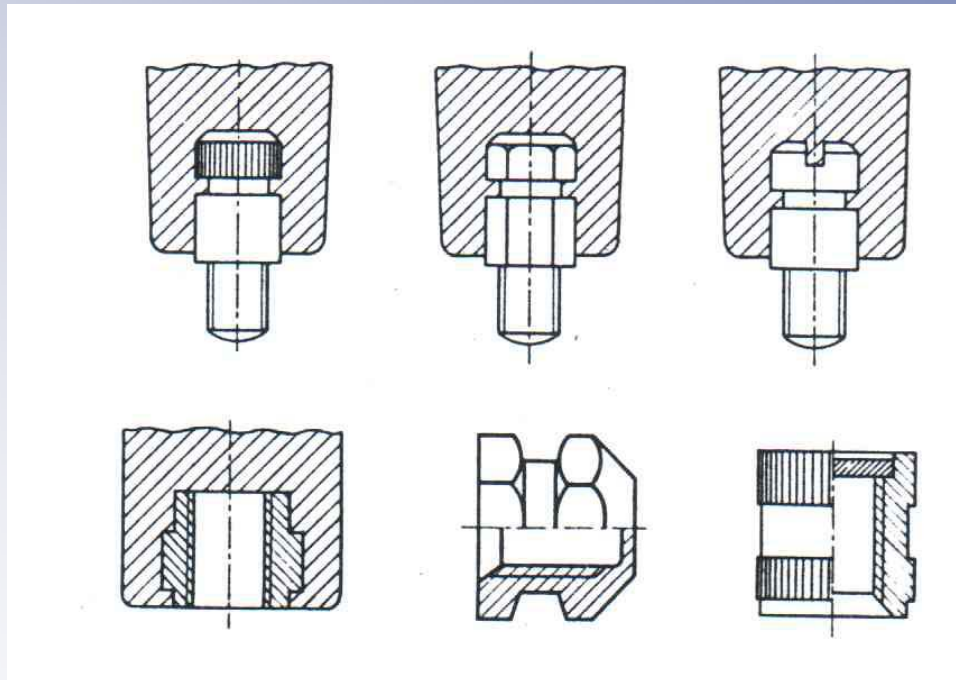
Belső átmérő  $d_b > 0,8 d$

$\sigma$ : folyási feszültség



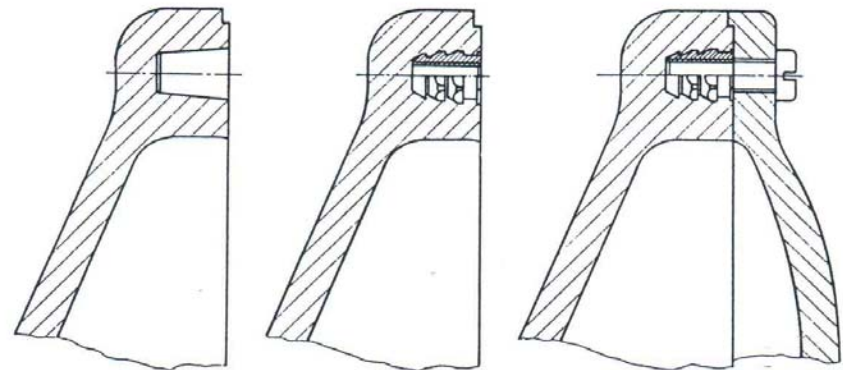
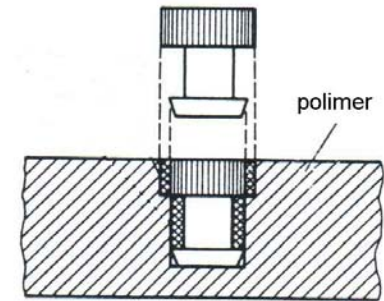
## Fém csavarmenet betétek

- Körülöntött csavarmenet betétek

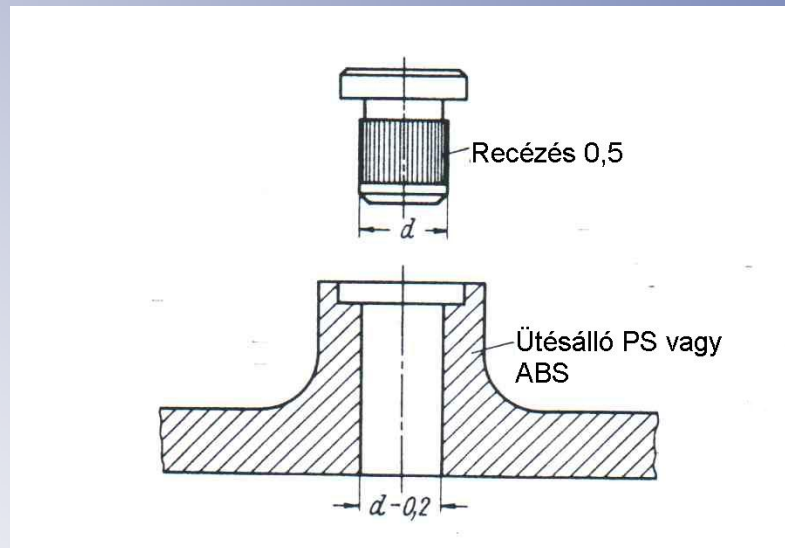


- Utólagosan szerelt menetes betétek
- Behelyezés ultrahanggal

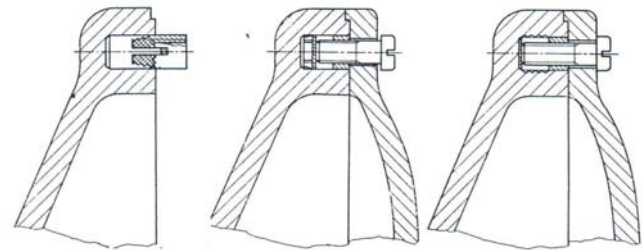
Alapanyag	Ultrahangos behelyezés
ABS, PC PS, PVC	Nagyon jó
PA, POM	Jó
PE, PP	Kevésbé jó



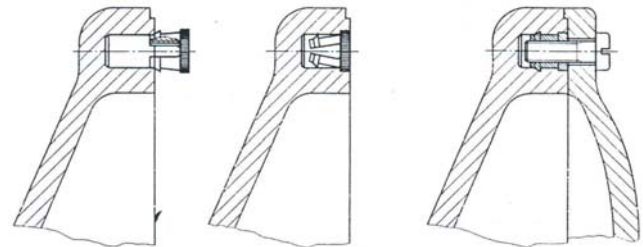
- Utólagosan szerelt menetes betétek
  - Behelyezés sajtolással



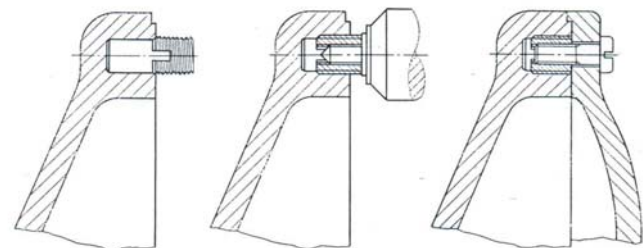
Behelyezés feszítőlappal



Behelyezés vágógyűrűvel



Menetes csavarással betett perselyek





A belső átmérő meghatározása

Méretét meghatározza:

- a polimer keménysége,
- szilárdsága,
- forgácsolhatósága.

Menettel betett hüvelyeknél

$$d_b = d_1 + (0,4 \div 0,6)t \quad \text{szívós anyagra}$$
$$d_b = d_1 + (0,8 \div 1,0)t \quad \text{keményebb anyagra}$$

$d_1$  : magátmérő  
 $t$  : menetmélység

Feszítőlappal betett hüvelyeknél

$$d_b = d - (0,2 \div 0,3) [mm] \quad \text{szívós anyagra}$$
$$d_b = d - 0,1 [mm] \quad \text{keményebb anyagra}$$

$d$  : névleges átmérő

## Kiszakító erő közelítő számítása menetes persely betét esetén

$$F_{ki} = k \cdot d \cdot \pi \cdot l \cdot \tau$$

ahol:

$$\tau = \frac{\sigma}{2}$$

$d$ : külső átmérő,

$l$ : hossz,

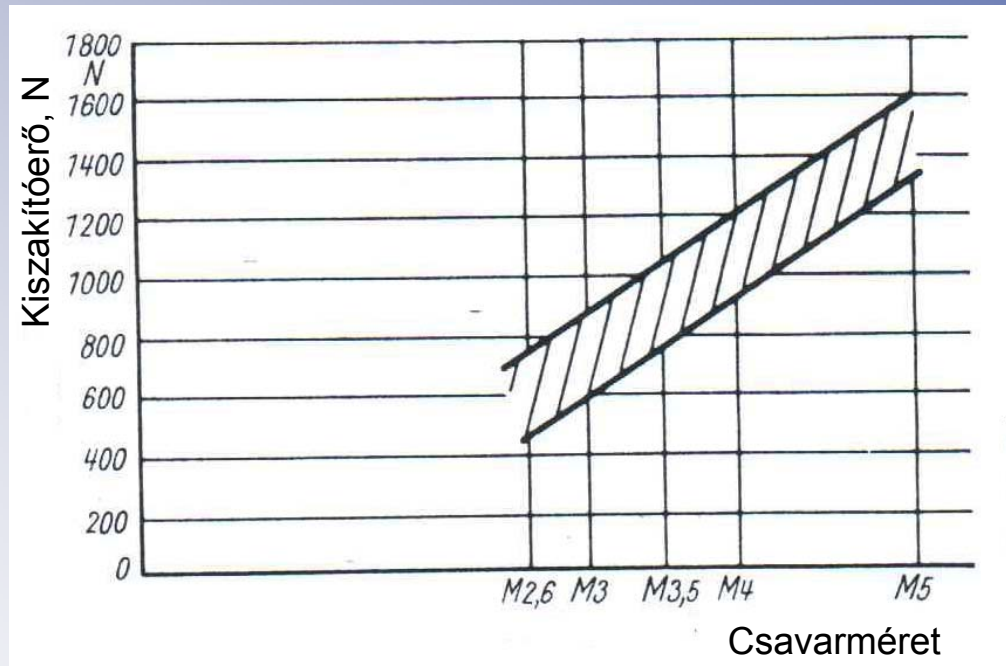
$k$ : korrekciós tényező

értéke:

0,8 – ha a betét  $\geq M6$

0,7 – ha a betét  $< M6$

Kiszakító erő változása a menetes persely (feszítőlemezzel) nagyságának függvényében. Anyag: PA



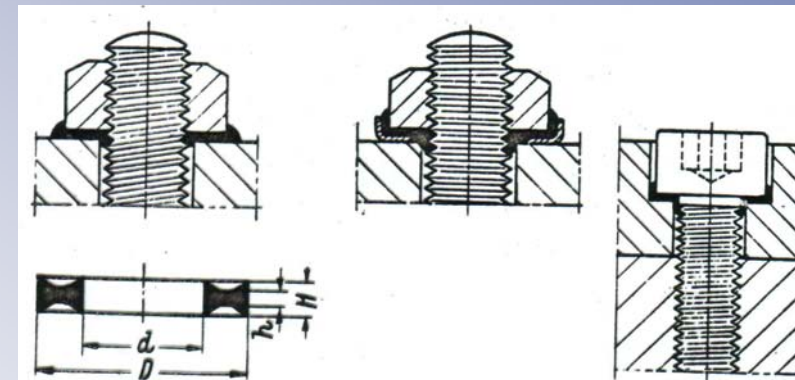
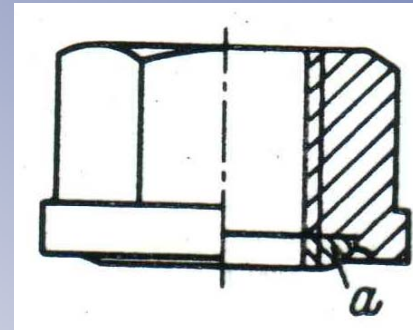
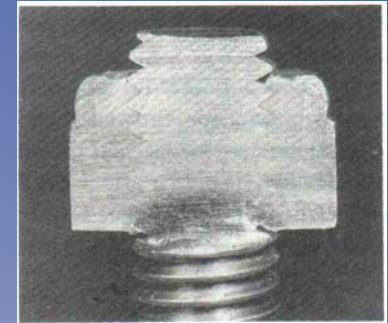
## Csavarbiztosítás

Hatásmechanizmus szerint:

- alakkal záró,
- erővel záró,
- kombinált.

Típusai:

- Poly-Stop – fém anya PA gyűrűvel
- Brilok – polimer anya, a menet nincs egészen végigvágva
- PA gyűrű – menetbiztosítás + tömítési funkció
- Profilgyűrű csavarfej, csavaranya alá



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



# 8. előadás

## Méretezés elvei és módszerei időben állandó terhelésre

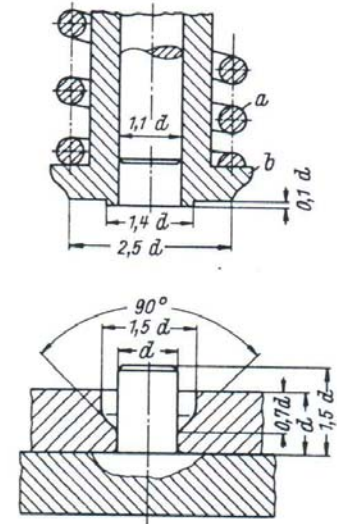
### 4. rész: szegecs és pattanókötések.

# Szegecs és csapszegkötések

Polimer termékek tervezése 8. előadás

## Szegecs és csapszegkötések

- Hidegzömítés
- Melegzömítés



POM szegecsok hidegalakításához a szükséges terhelések

Szegecsátmérő, mm	2	3	4	5	6	8	10
Szükséges rugóerő, N	200	450	800	1200	2000	3000	5000
Szükséges nyomóerő, N	400	900	1600	2400	4000	6000	10000

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 2 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

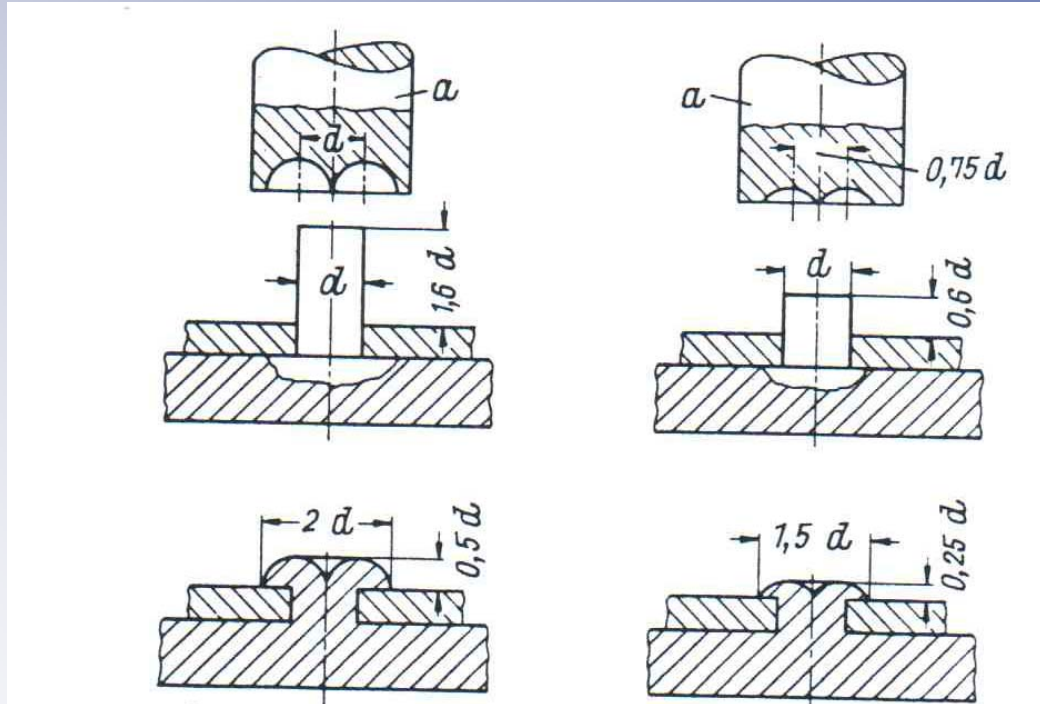
Magyarország célba ér



# Szegecs és csapszegkötések

Polimer termékek tervezése 8. előadás

## Szegecselés ultrahanggal (normál és laposfej formájú kialakítás)



a: szonotróda

Normál  
fejforma

Lapos  
fejforma

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 3 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

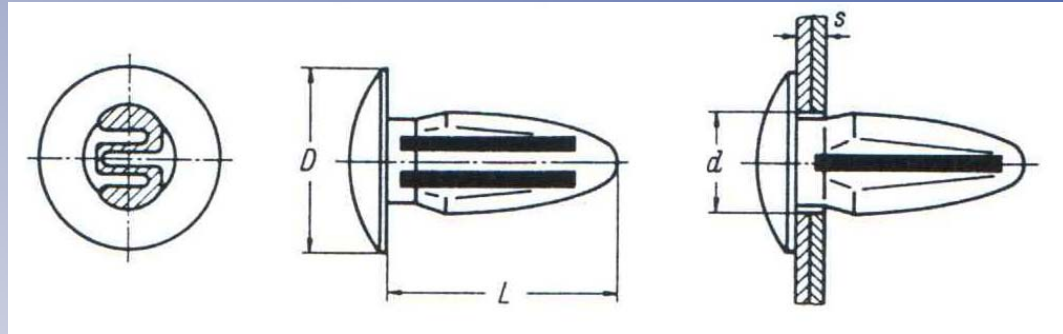
Magyarország célba ér



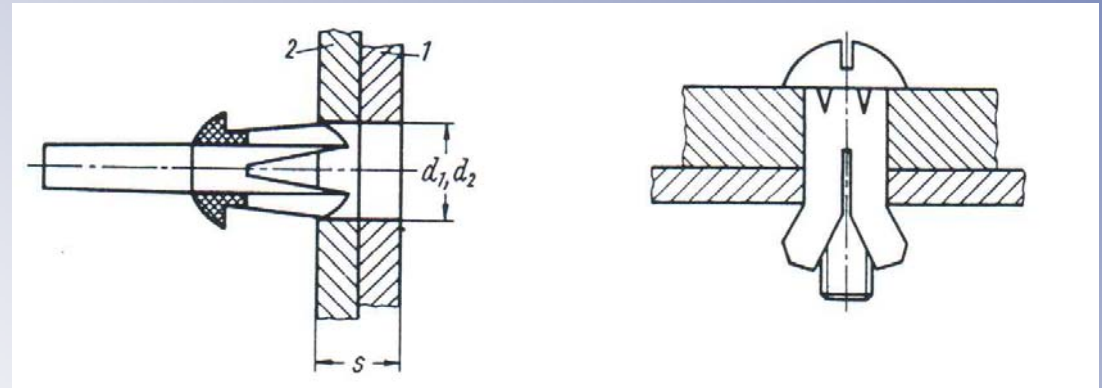
# Szegecs és csapszegkötések

Polimer termékek tervezése 8. előadás

## Pattanó szegecs lemezekhez



## Szorító szegecs



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkeztani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 4 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

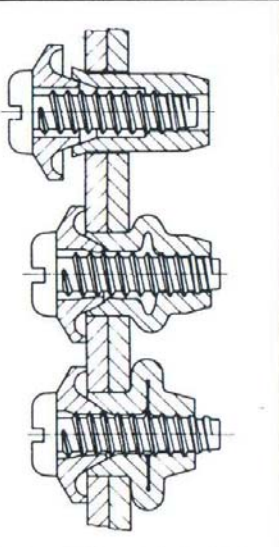
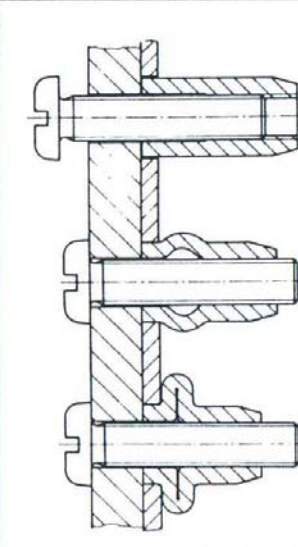
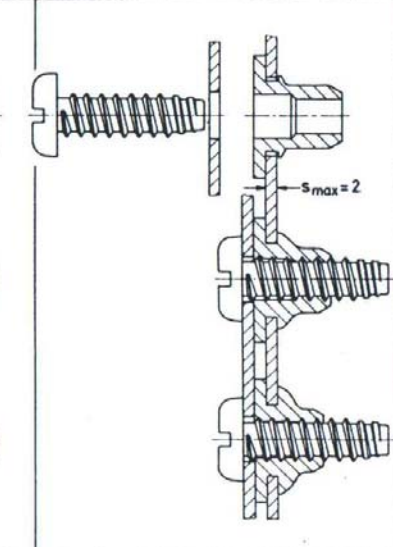
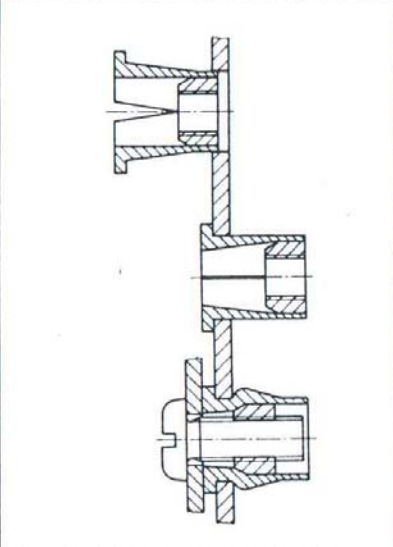
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





## Zömítőszegecsek

				
Kereskedelmi méretek	Lemezcsavar B 4,2	Normál csavar M 4	Lemezcsavar B 3,5 4,2 4,8 6, 8 A 3,6 4,3 4,9 6,5 8,5	Normál csavar M3, M4, M5, M6
Furatméret, mm	6,5 $\phi$	6,5 $\phi$	6,1 $\square$ 6,1 $\square$ 6,8 $\square$ 8,2 $\square$ 10,1 $\square$	
Húzószilárdság, N	2000	2000	1000 1100 1700 2500 4000	450 570 1200 2700

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

Nyírófeszültség  $\tau = \frac{4F}{d^2 \pi} k \leq \tau_{meg}$

Palástnyomás  $p = \frac{F}{db} k \leq p_{meg}$

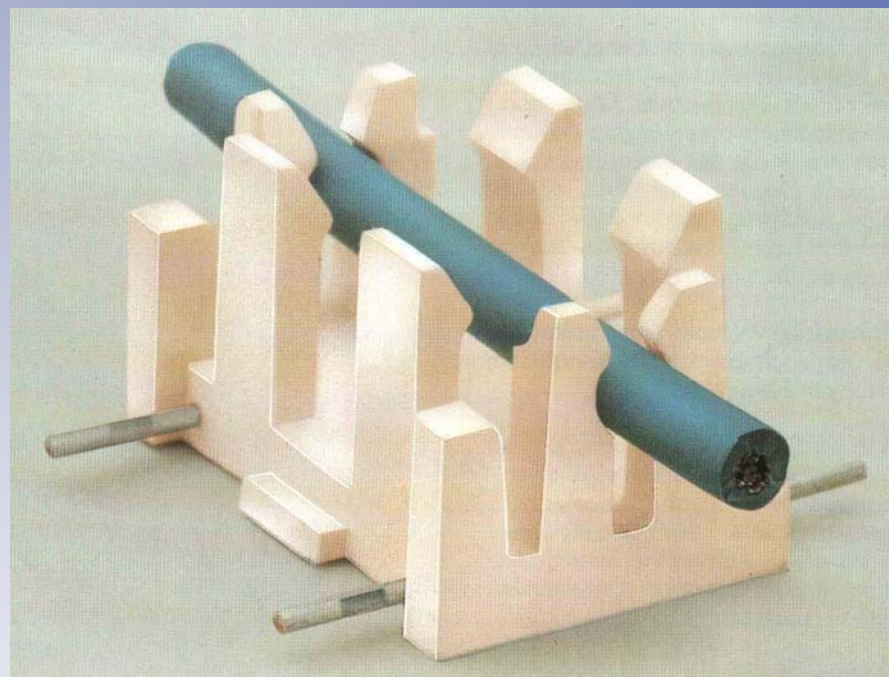
Szegecselési eljárástól függően a k faktor:

- k=0,6 – hidegzömítés
- k=0,8 – melegzömítés
- k=0,9 – ultrahangos szegecselés
- k=1 - fröccsöntés

Megengedhető nyírófeszültség és palástnyomás adatok  
Rövididejű vizsgálatokból nyert nyírószilárdság ( $\tau$ ) értékek  
alapján

	PA6.6	PA6.6- GF	ABS	PC	POM
$\tau$ [MPa]	60	73	27	-	56
$\tau_{meg}$ [MPa]	8	12	3	7	8
$p_{meg}$ [MPa]	20	60	8	17	20

- Fontosabb alaptípusuk és kialakításuk
- Rugózó karok és horgok



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

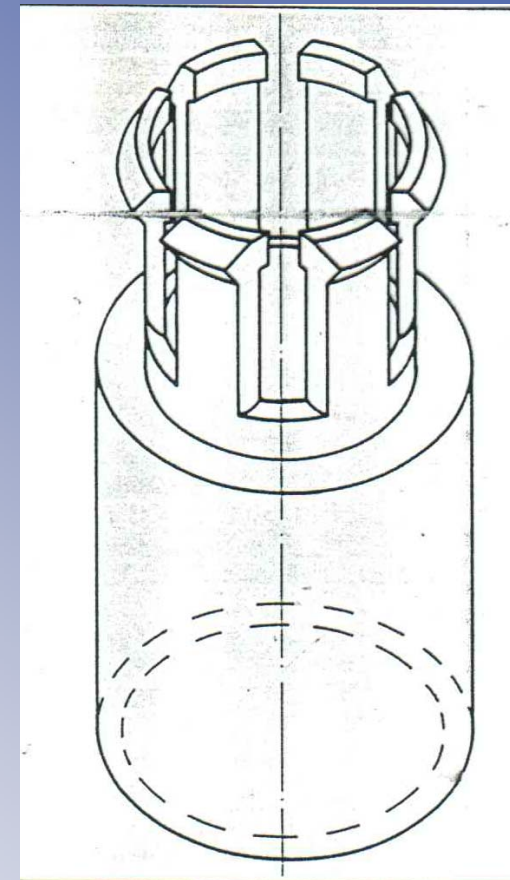
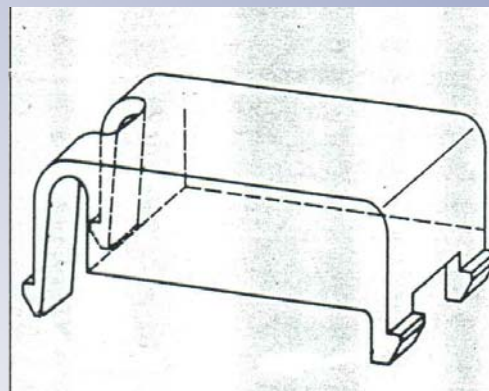
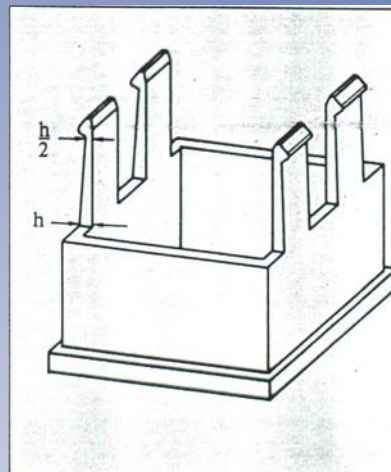
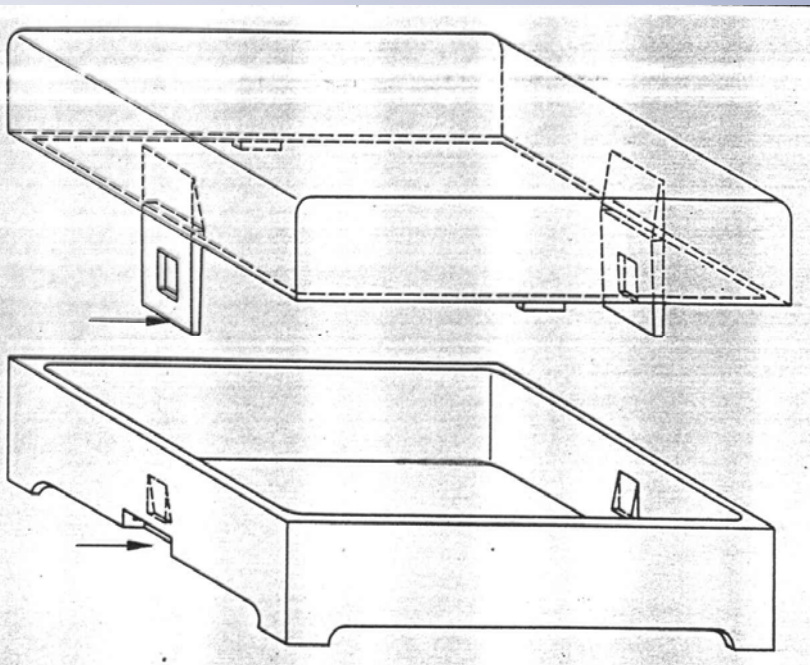
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





## •Rugózó karok és horgok



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 9 Fólia

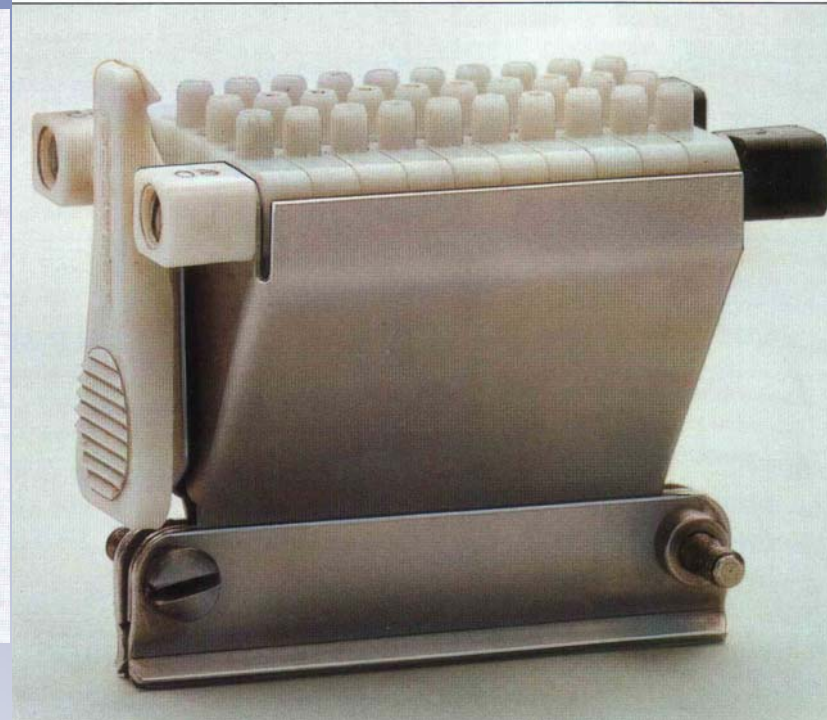
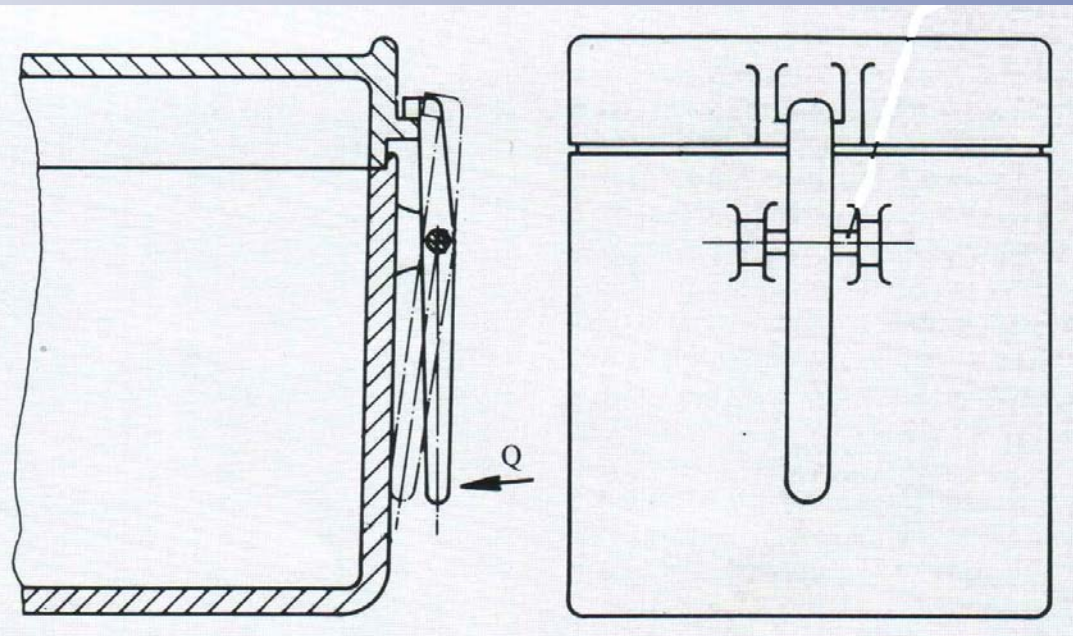
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

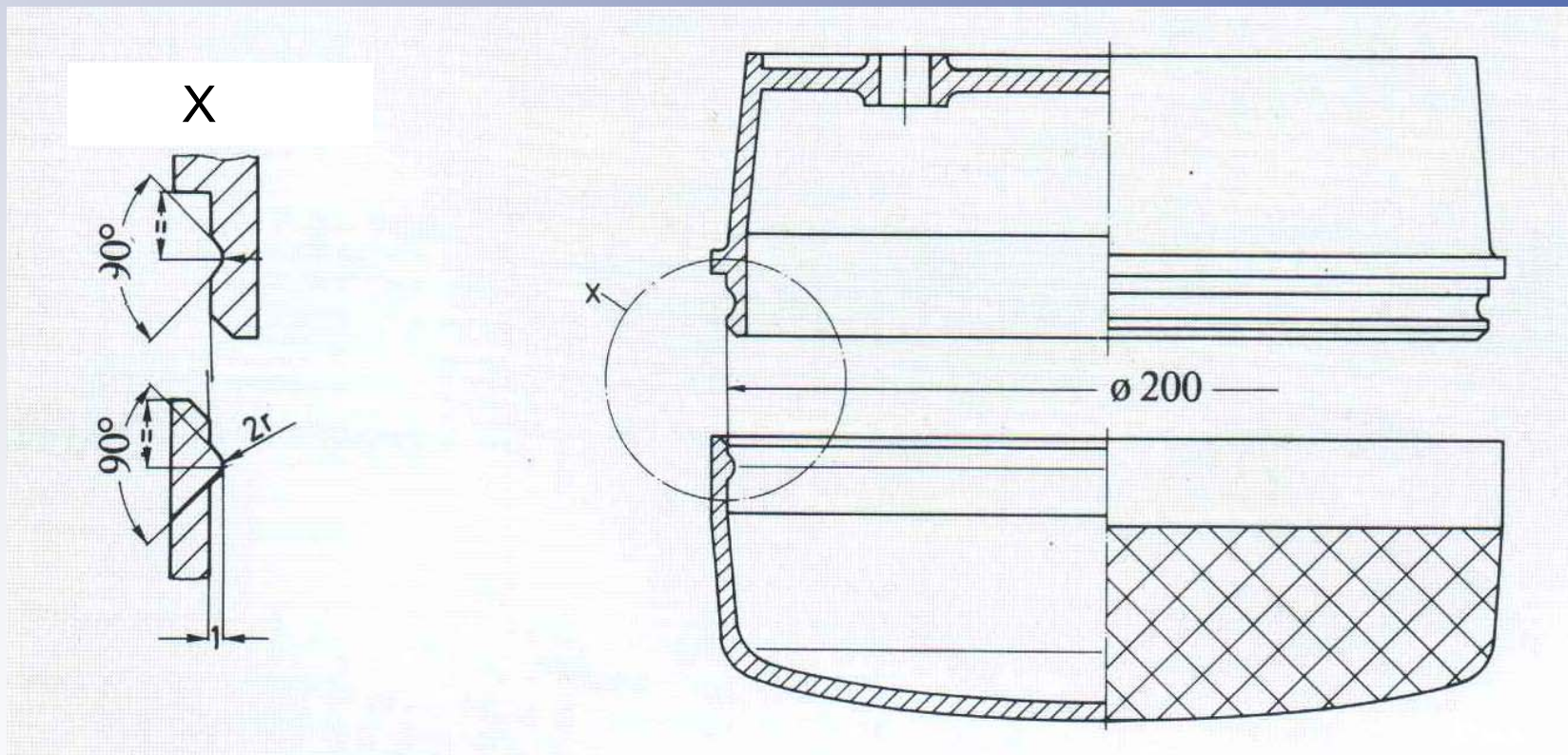


- Torziós pattanókötés

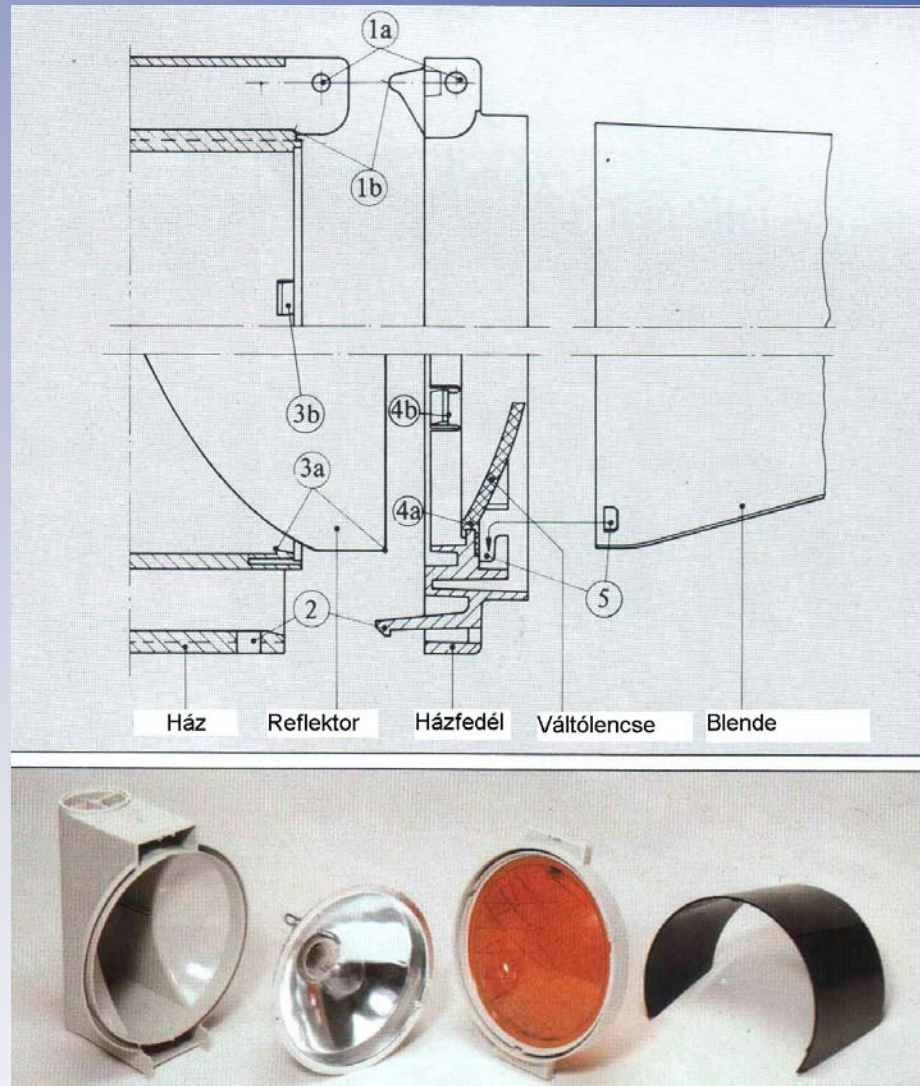




- Hengeres pattanókötés



## Előzőek kombinációja



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

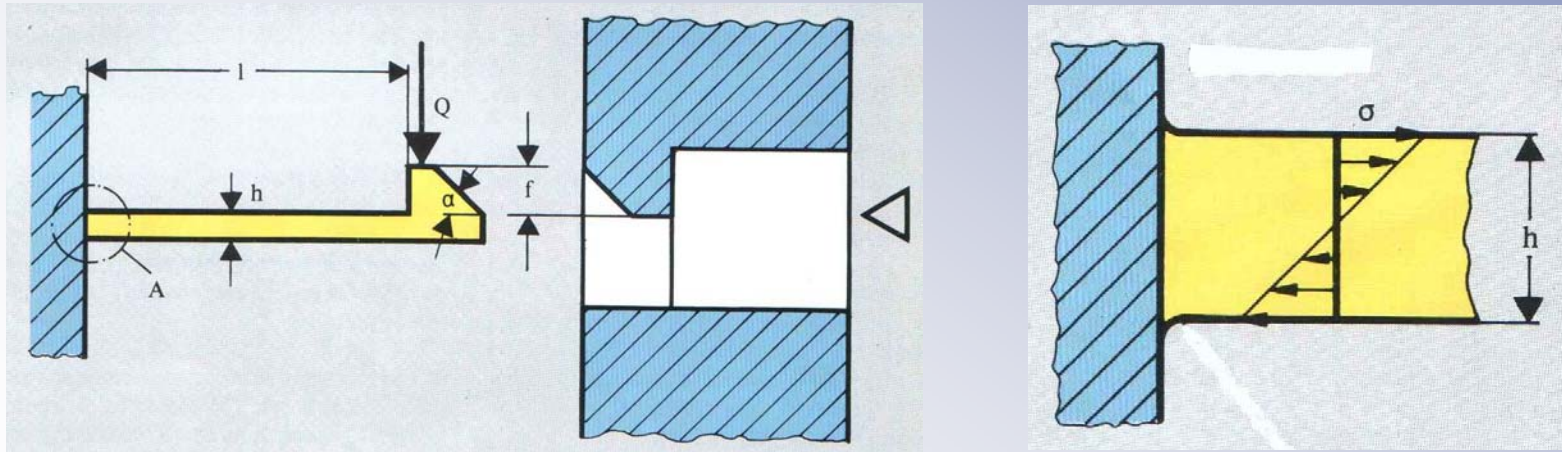


## Általános megfontolások

- Mechanikai igénybevétel kötéskor
- Kötéskor és oldáskor fellépő erő

## Rugózó karok méretezése

- „f” meghatározása (kitérés, lehajlás)



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Pattanókötések számítása

		Keresztmetszet			
		A	B	C	D
		Téglalap	Trapéz	Köríves	Tetszőleges
Kialakítás					
(megengedhető) kitérés	1 Konstans keresztmetszetü	$f = 0,67 \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{h}$	$f = \frac{a + b^1}{2a + b} \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{h}$	$f = C^2) \frac{\varepsilon \cdot l^2}{\rho_2}$	$f = \frac{1}{3} \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{e_3)}$
	2 Lineárisan változó vastagság	$f = 1,09 \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{h}$	$f = 1,64 \frac{a + b^1}{2a + b} \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{h}$	$f = 1,64 \cdot C^2) \frac{\varepsilon \cdot l^2}{\rho_2}$	$f = 0,55 \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{e_3)}$
	3 Lineárisan változó szélesség	$f = 0,86 \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{h}$	$f = 1,28 \frac{a + b^1}{2a + b} \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{h}$	$f = 1,28 \cdot C^2) \frac{\varepsilon \cdot l^2}{\rho_2}$	$f = 0,43 \cdot \frac{\varepsilon \cdot l^2}{e_3)}$
Kitérítő erő	1, 2, 3 	$Q = \frac{W}{6} \cdot \frac{E_s \varepsilon}{l}$	$Q = \frac{W}{12} \cdot \frac{a^2 + 4ab^1 + b^2}{2a + b} \cdot \frac{E_s \varepsilon}{l}$	$Q = W^4) \frac{E_s \varepsilon}{l}$	$Q = W^4) \cdot \frac{E_s \varepsilon}{l}$

Jelölések:

f= (megengedhető) rugózó út,

ε= (megengedhető) alakváltozás,

l= kar hossza,

h= a kar vastagsága,

b= a kar szélessége,

e= szélső szál,

W= keresztmetszeti tényező,

E= érintő rugalmassági modulus,

Q= kitérítő erő.

## Megengedett fajlagos alakváltozás irányértékei

Rövididejű, egyszeri bepattintáshoz.

Gyakori bepattintás esetén az értékek 60%-a vehető.

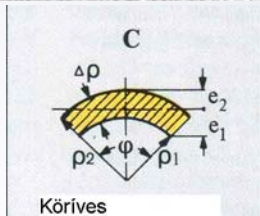
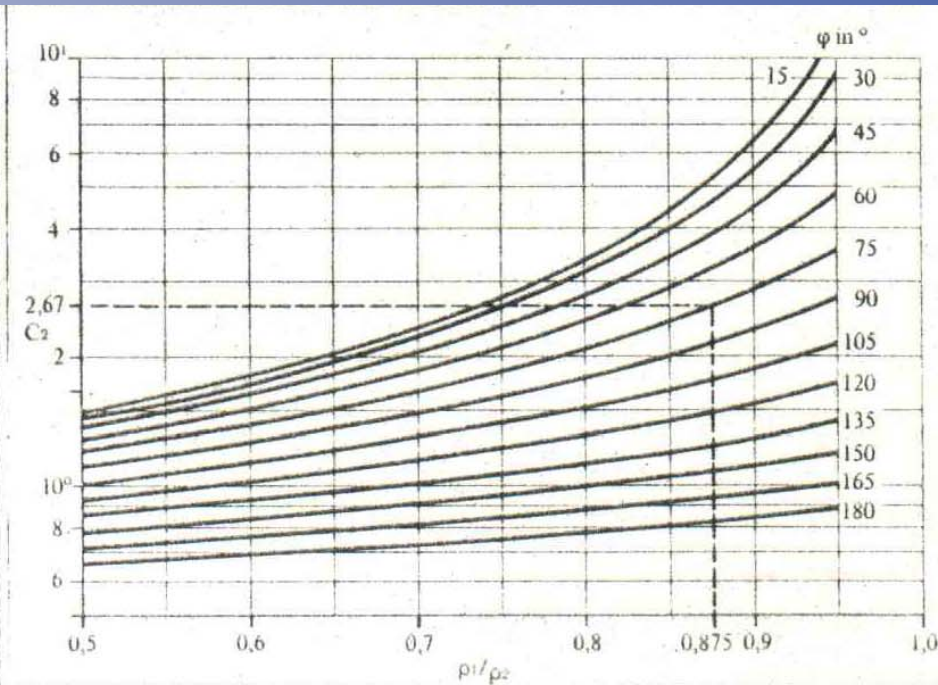
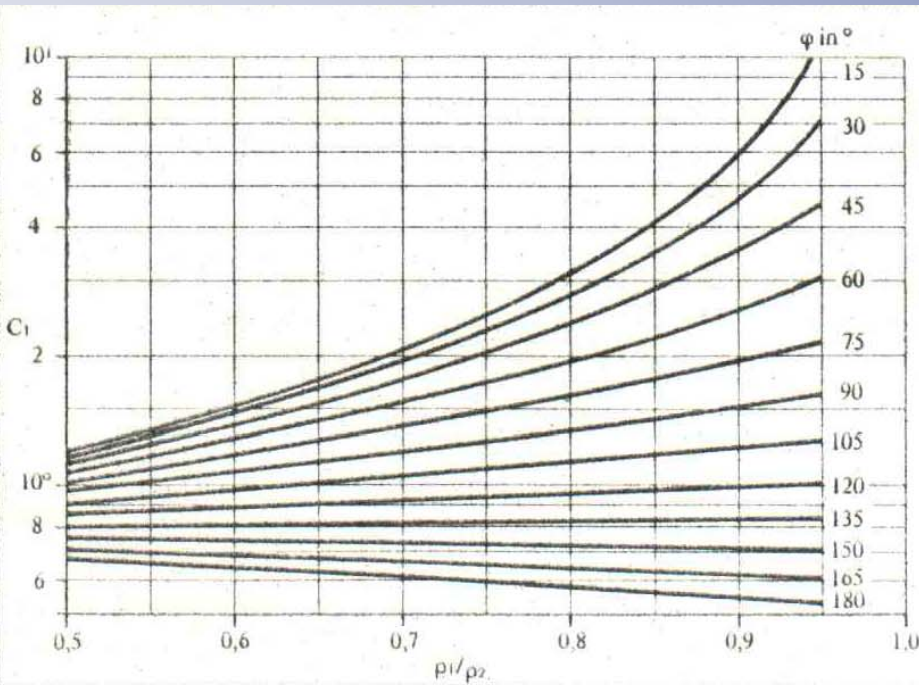
Részben kristályos Termoplaszt, töltetlen	%
PE	8
PP	6
PA (kondicionált)	6
PA (száraz)	4
POM	6
PBTP	5
Amorf termoplaszt töltetlen	
PC	4
ABS/SB	2,5
CAB	2,5
PVC	2
PS	1,8
Üvegszál erősítésű termoplaszt	
PA+30%GF (kond)	2
PA+30%GF (száraz)	1,5
PC+30% GF	1,8
PBTP + 30% GF	1,5
ABS+30% GF	1,2



# Pattanókötések számítása

Polimer termékek tervezése 8. előadás

Geometriai faktor kritikus húzófeszültség esetén konvex felületnél ( $C_2$ ), konkáv felületnél ( $C_1$ )



$$f = C^2 \frac{\varepsilon \cdot l^2}{\rho_2}$$

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 16 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

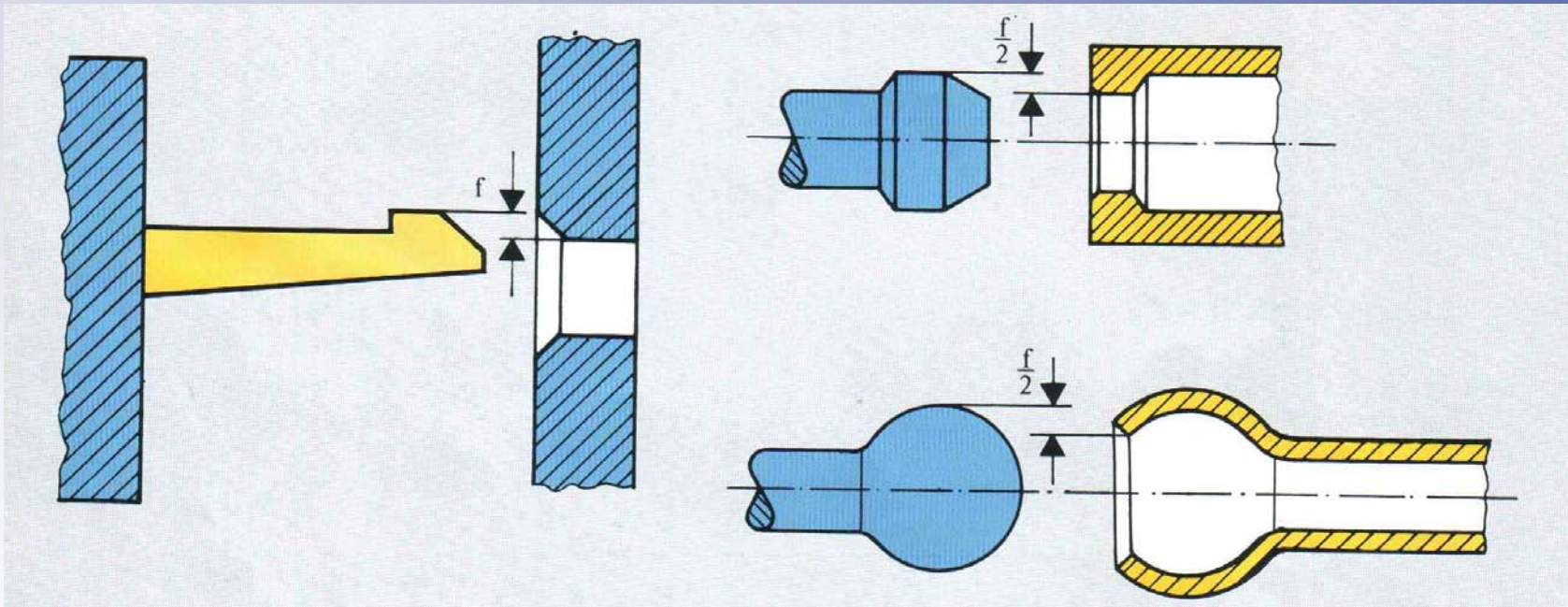
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

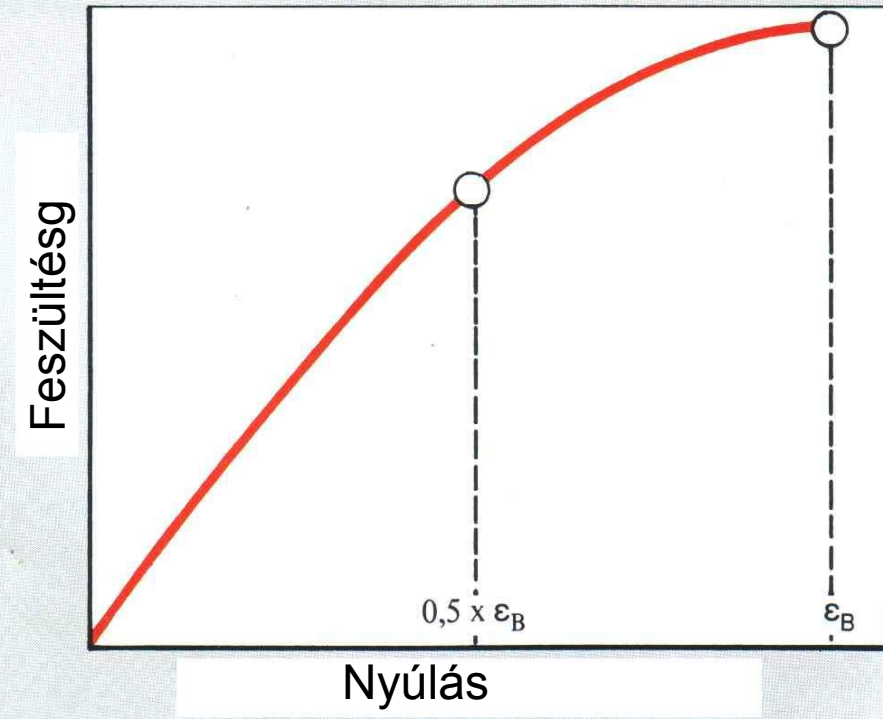
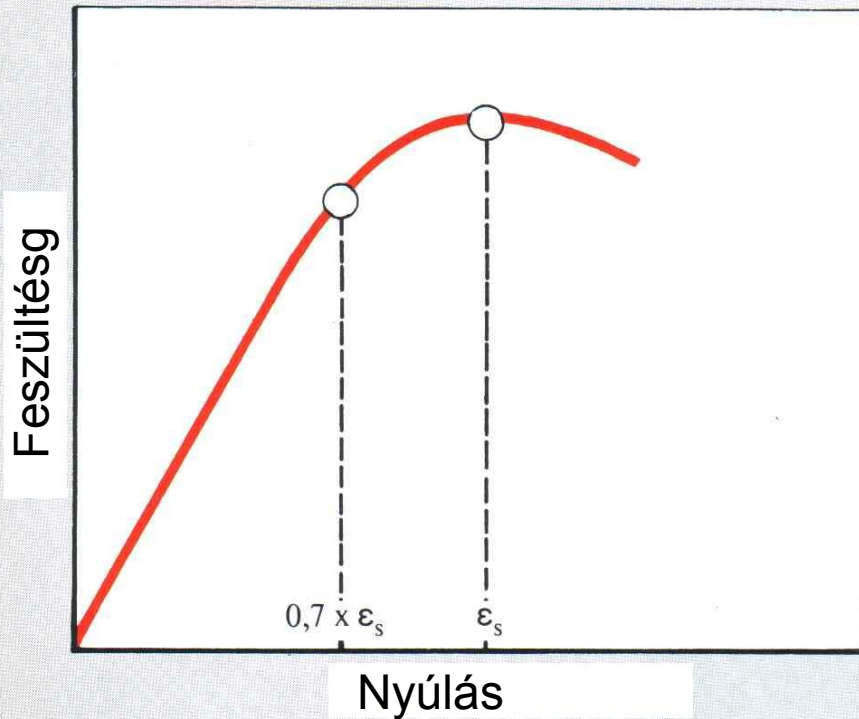




## Kötéskor a rugózó kar kitérése

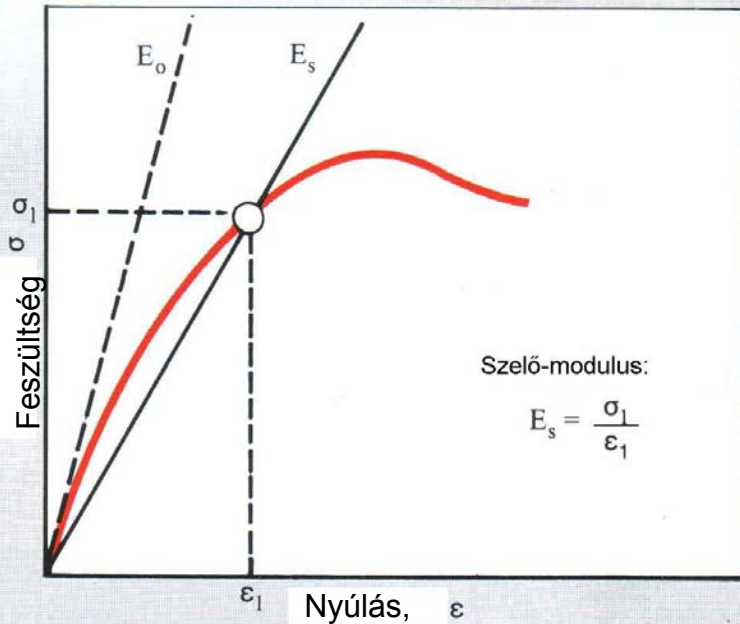


## Az alapanyag hatása

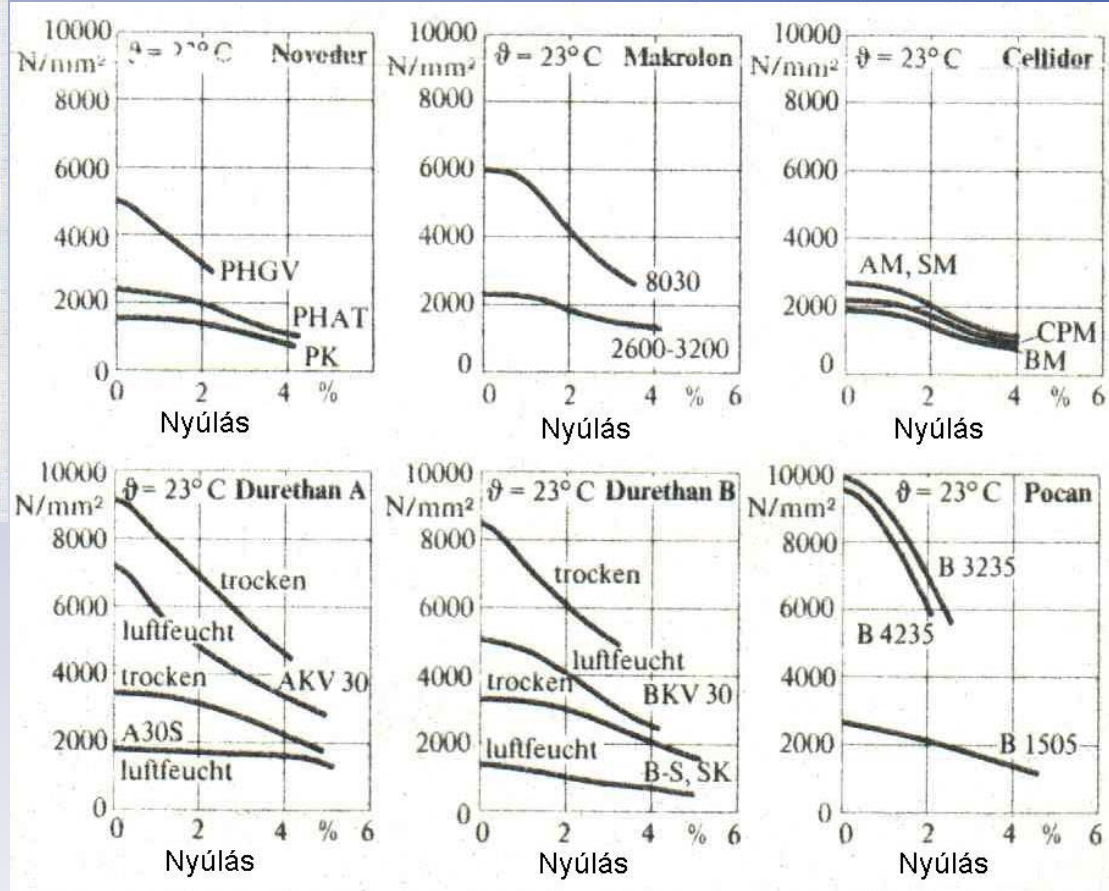




# Pattanókötések számítása

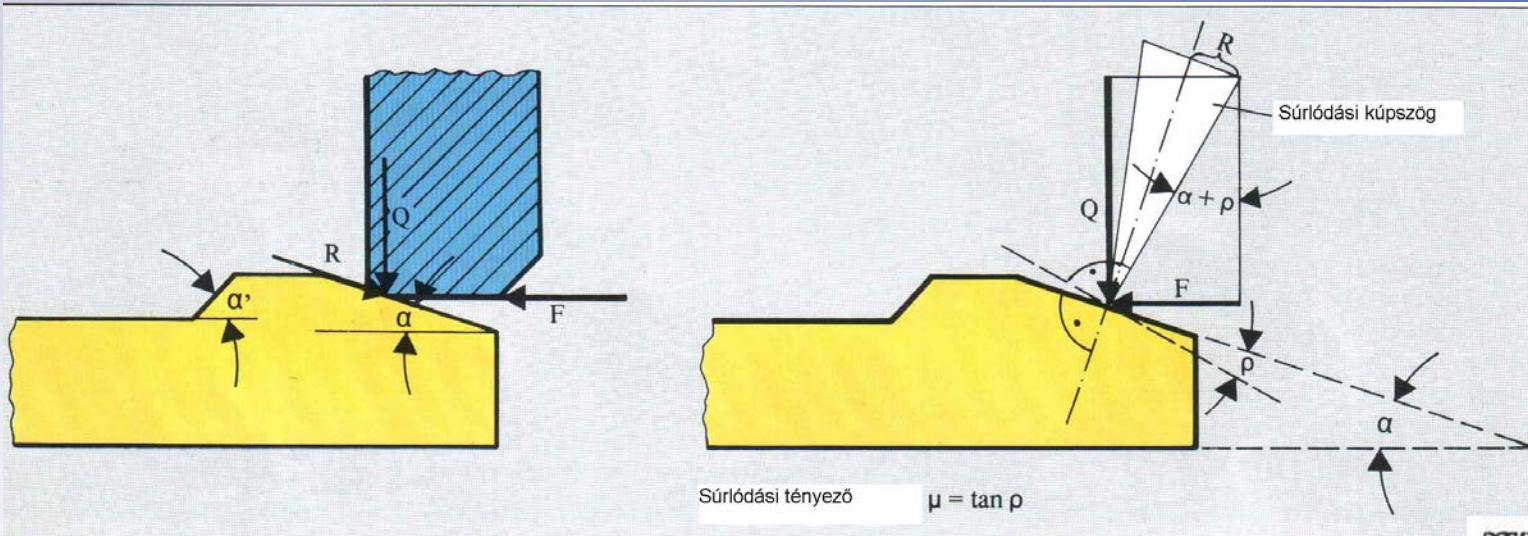


Különböző anyagokra a szelő rugalmassági modulus értékei a nyúlás függvényében



Kitérítő erőhöz a rugalmassági modulus meghatározása

## Szerelési és oldási erő számítása



$$F = Q \cdot \tan(\alpha + \rho) = Q \cdot \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$$

Súrlódási tényező  
irányértékei különféle  
polimerekre

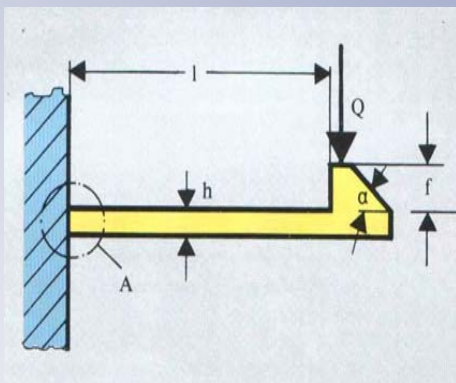
PTFE	0,12 ÷ 0,22
PE-hart	0,20 ÷ 0,25
PP	0,25 ÷ 0,3
POM	0,20 ÷ 0,35
PA	0,30 ÷ 0,40
PBTP	0,35 ÷ 0,40
PS	0,40 ÷ 0,50
SAN	0,45 ÷ 0,55
PC	0,45 ÷ 0,55
PMMA	0,50 ÷ 0,60
ABS	0,50 ÷ 0,65
PE-weich	0,55 ÷ 0,60
PVC	0,55 ÷ 0,60

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



# Nagyteljesítményű biztosítóaljzat válaszfalának tervezése

Polimer termékek tervezése 8. előadás



Alapanyag: Danamid

Konstruktív méretek

$$\varepsilon_{meg} = 2,5\%$$

$$l = 13 \text{ mm}$$

$$E_s = 1200 \text{ MPa}$$

$$f = 2 \text{ mm}$$

$$\mu = 0,525$$

$$\alpha = 30^\circ$$

A kar vastagságának (h) meghatározása a lehajlásból.

A kar szélessége  
 $b = 5 \text{ mm}$ .

$$f = 0,67 \frac{\varepsilon \cdot l^2}{h} \Rightarrow h = 0,67 \frac{\varepsilon \cdot l^2}{f} = 0,67 \frac{0,025 \cdot 13^2}{2} = 1,42 \text{ mm}$$

Kitérítő erő:

$$Q = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{E_s \cdot \varepsilon}{l} = \frac{5 \cdot 1,4^2}{6} \cdot \frac{1200 \cdot 0,025}{13} = 3,77 \text{ N}$$

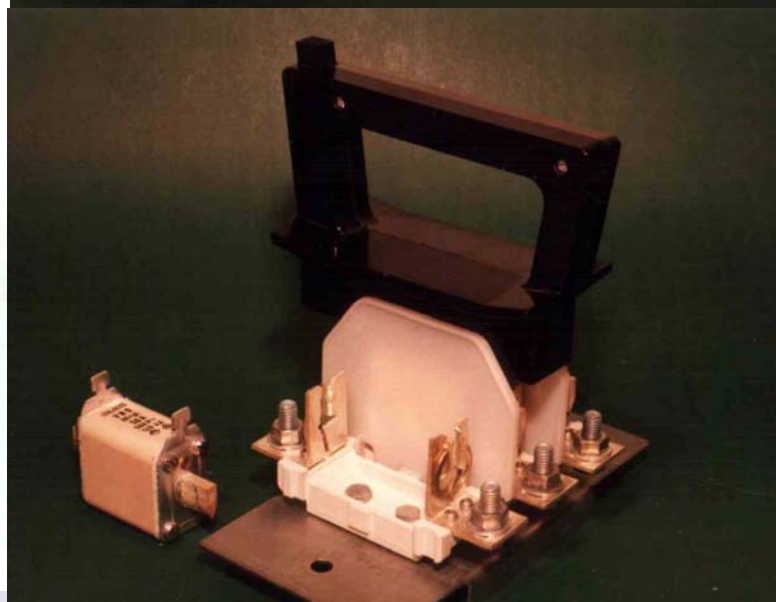
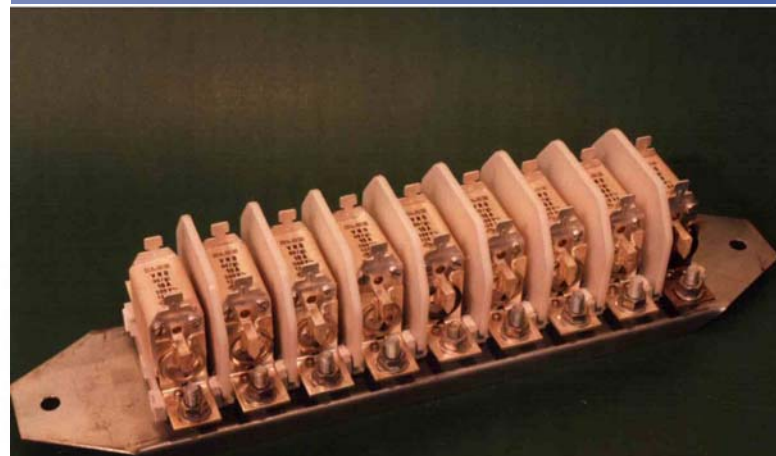
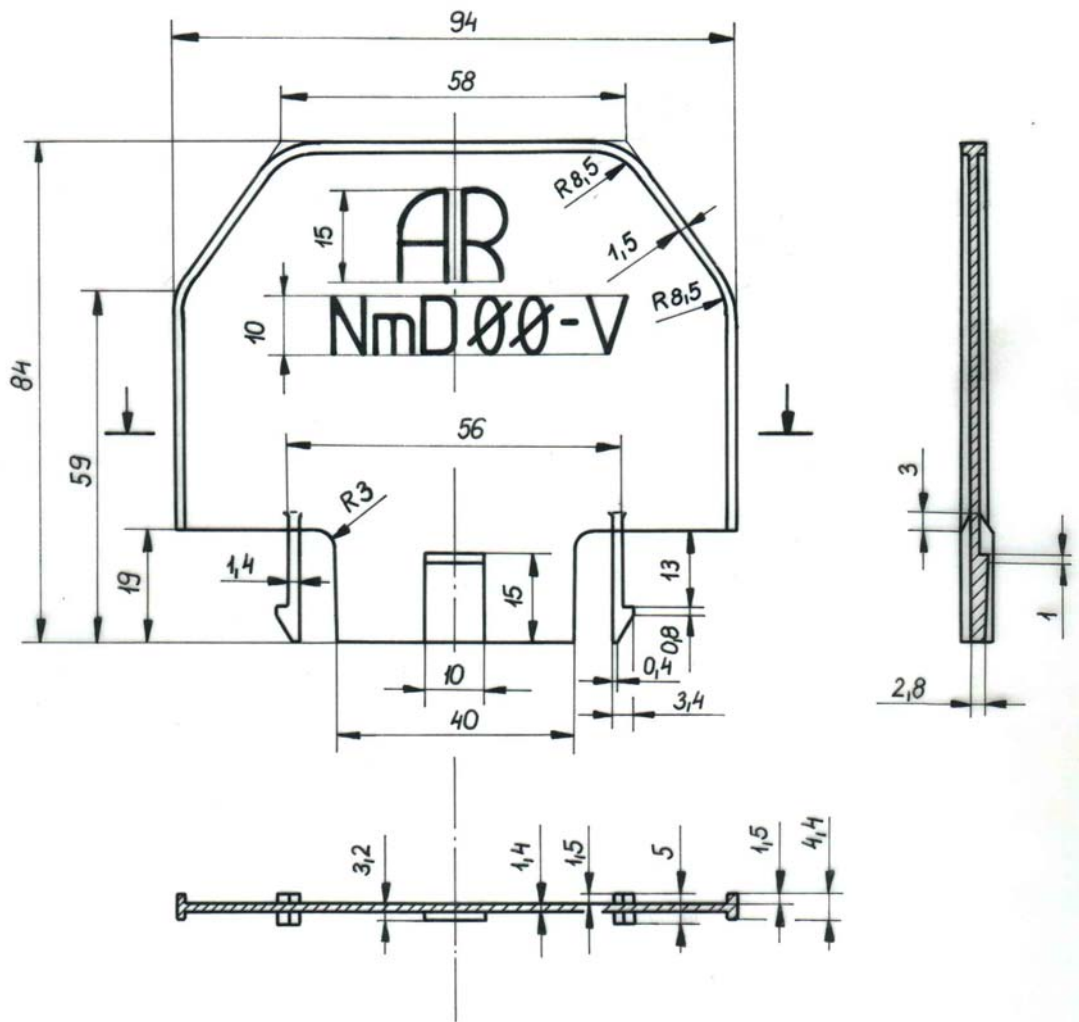
Szerelési erő:

$$F = Q \cdot \frac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha} = 3,77 \cdot \frac{0,525 + \operatorname{tg} 30^\circ}{1 - 0,525 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ} = 5,96 \text{ N}$$

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Nagyteljesítményű biztosítóaljzat válaszfalának tervezése

Polimer termékek tervezése 8. előadás



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépserkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 22 Fólia

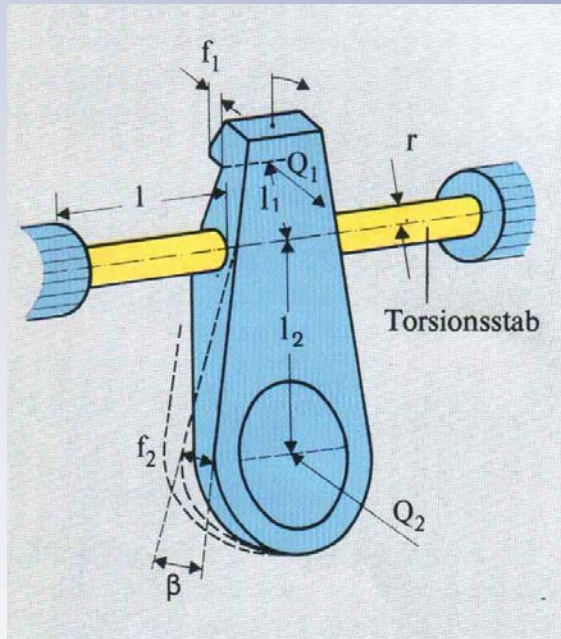
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Megengedhető torziós szög meghatározása



$$\sin \beta = \frac{f_1}{l_1} = \frac{f_2}{l_2}$$

$$\beta_{meg} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\gamma_{meg} \cdot l}{r}$$

$\gamma_{meg}$  : az anyagra megengedhető elfordulás

Szokásos keresztmetszetek esetén:

$$\gamma_{meg} \approx (1 + \nu) \cdot \varepsilon_{meg} \approx (1 + 0,35) \cdot \varepsilon_{meg} \approx 1,35 \cdot \varepsilon_{meg} \quad \beta_{meg} = \frac{K}{a} \cdot \gamma_{meg} \cdot l$$

## Torziós rúd elcsavarodása

$$\gamma = \frac{Q_2 l_2 \cdot l}{I_p \cdot G}, \text{ ahol } G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

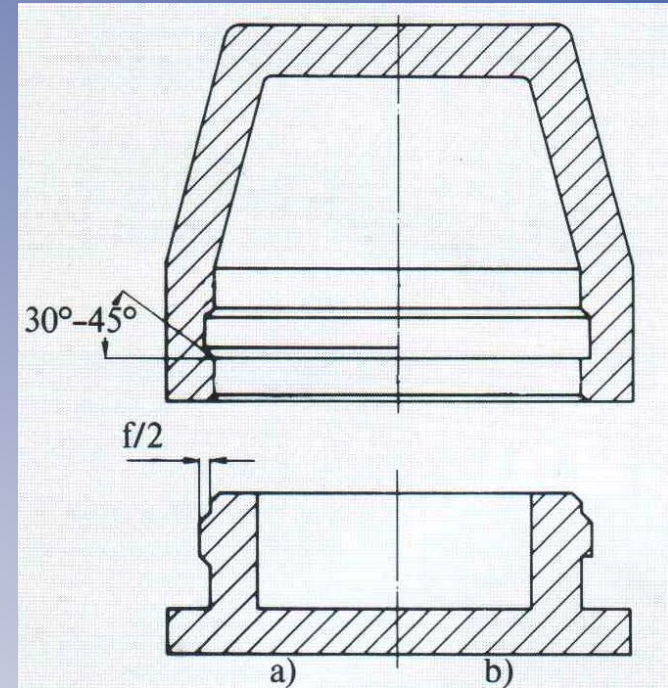
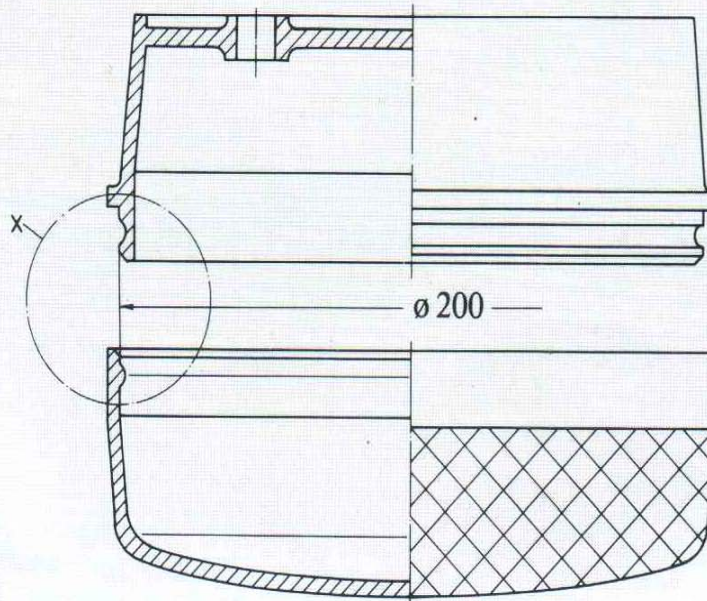
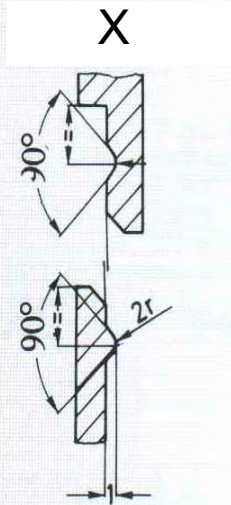
Oldási erő

$$Q_2 = \frac{\gamma \cdot I_p \cdot G}{l_2 \cdot l}$$



# Hengeres pattanókötés méretezése

Polimer termékek tervezése 8. előadás



oldható

nem  
oldható

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 25 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

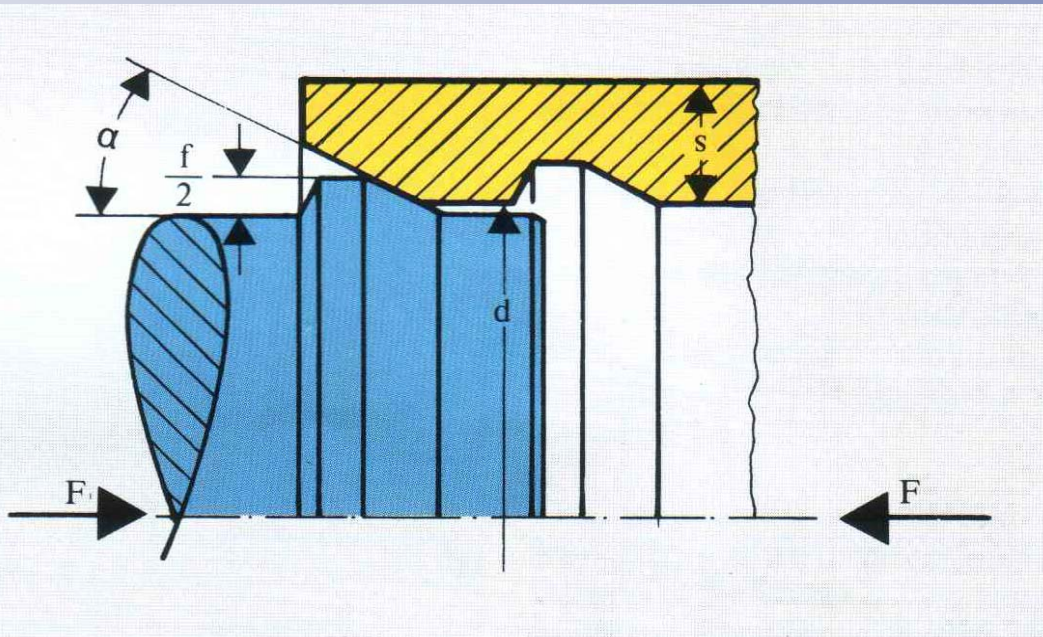
Magyarország célba ér



# Hengeres pattanókötés méretezése

Polimer termékek tervezése 8. előadás

## Megengedhető fajlagos alakváltozás



Részben kristályos Termoplaszt, töltetlen	%
PE	8
PP	6
PA (kondicionált)	6
PA (száraz)	4
POM	6
PBTP	5
Amorf termoplaszt töltetlen	
PC	4
ABS/SB	2,5
CAB	2,5
PVC	2
PS	1,8
Üvegszál erősítésű termoplaszt	
PA+30%GF (kond)	2
PA+30%GF (száraz)	1,5
PC+30% GF	1,8
PBTP + 30% GF	1,5
ABS+30% GF	1,2

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 26 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

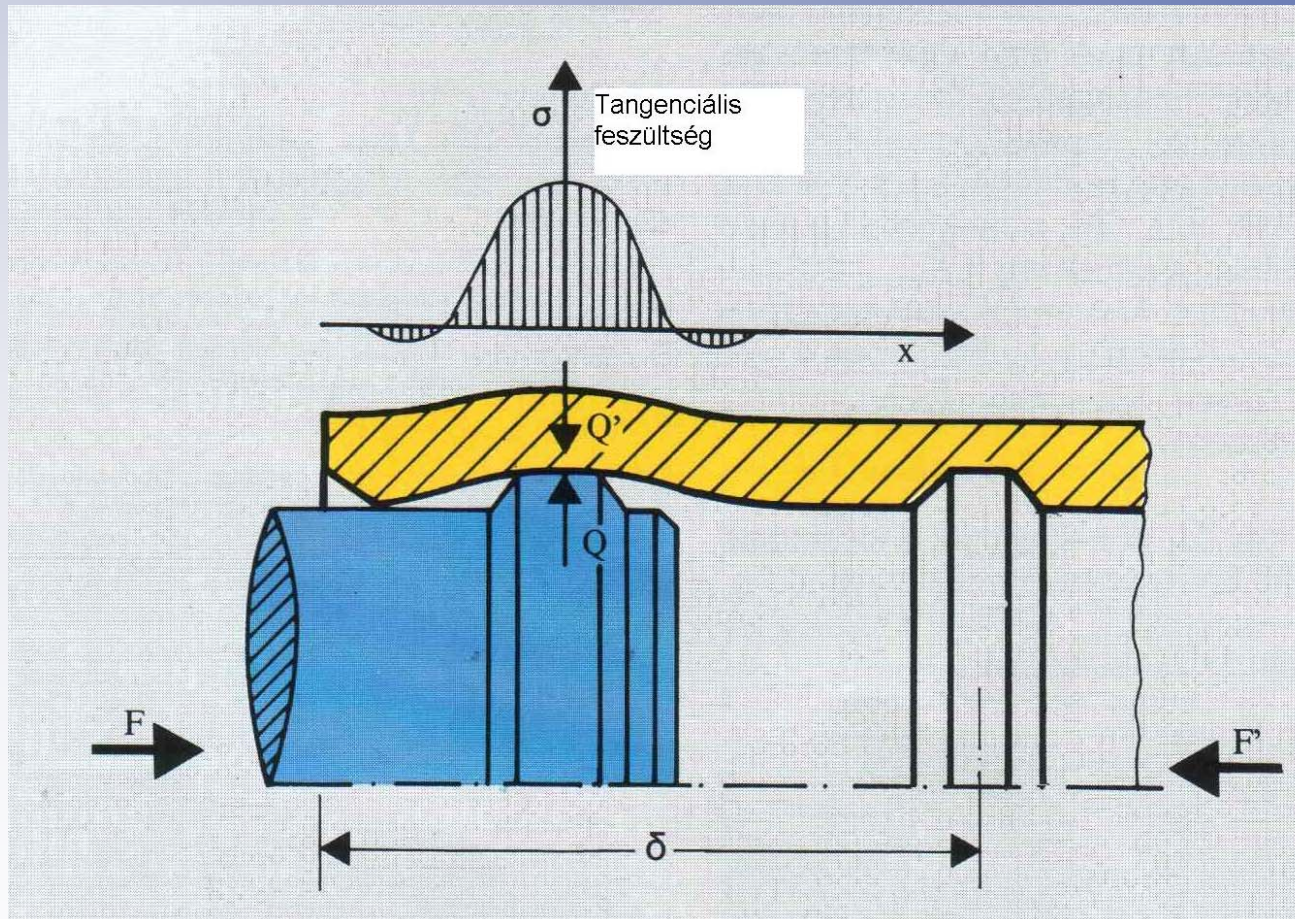




# Hengeres pattanókötés méretezése

Polimer termékek tervezése 8. előadás

## Szerelési és oldási erő számítása



Kötési folyamat során a tangenciális feszültség eloszlása

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 27 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Hengeres pattanókötés méretezése

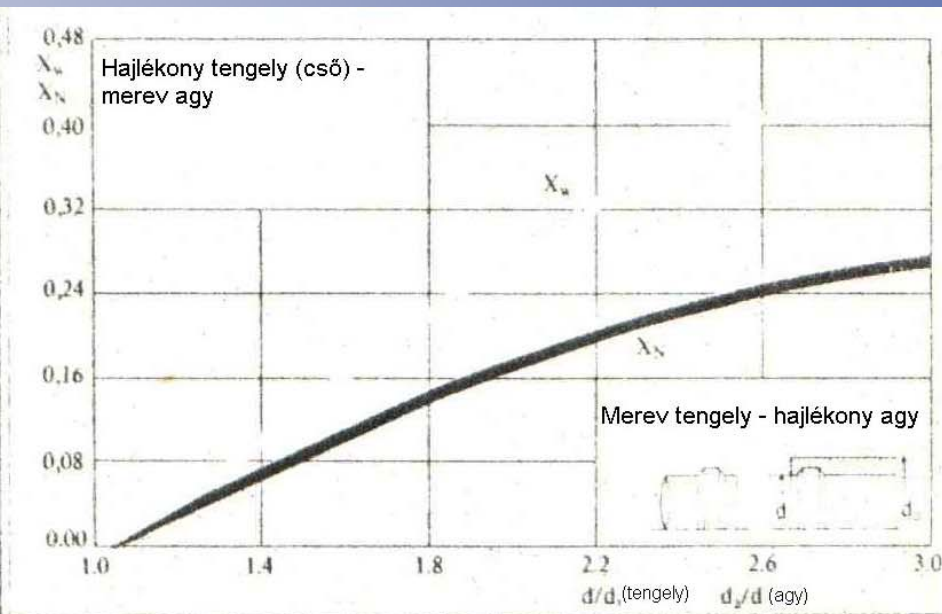
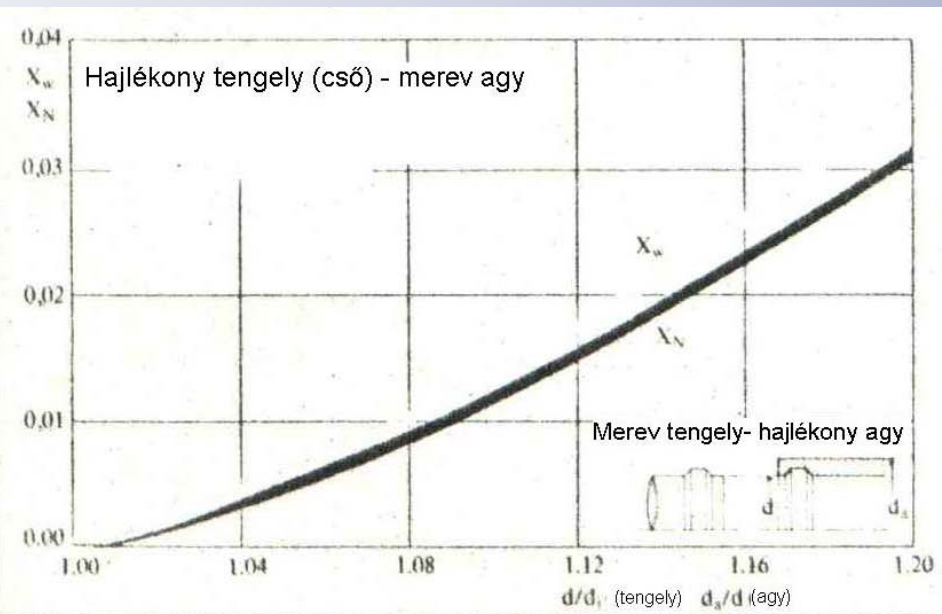
Polimer termékek tervezése 8. előadás

## Kitérítő erő meghatározása

$$Q = f \cdot d \cdot E \cdot X$$

$$\varepsilon = \frac{f}{d}$$

X: geometriai faktor



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 28 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





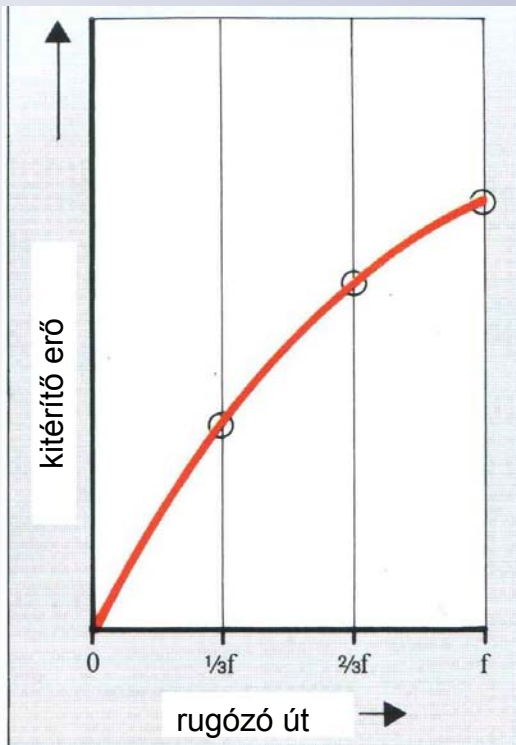
# Hengeres pattanókötés méretezése

Polimer termékek tervezése 8. előadás

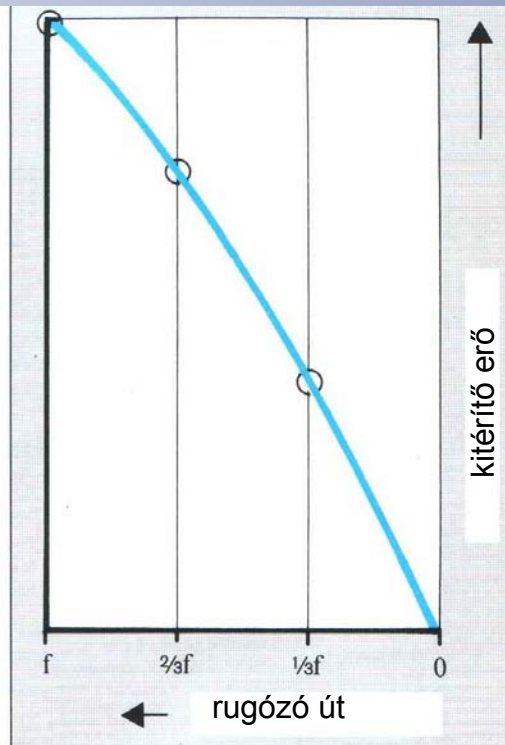
## Szerelési erő meghatározása

$$F = Q \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \tan \alpha}$$

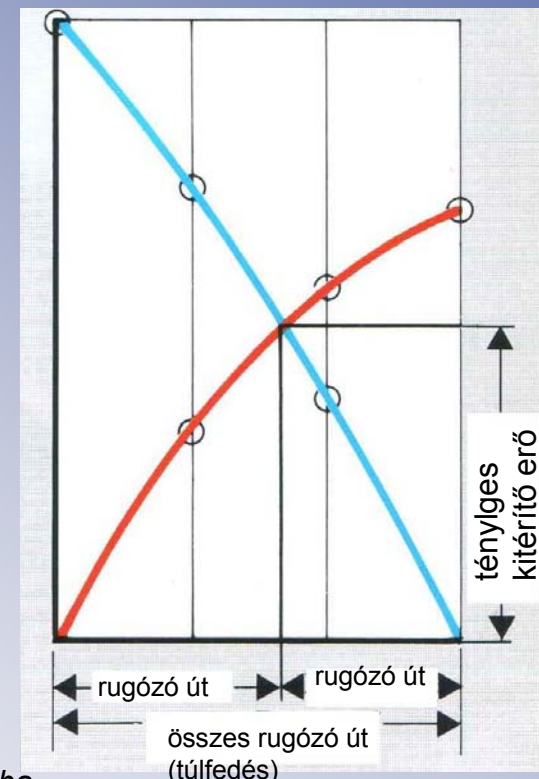
Kötés egyik elem



Kötés másik elem



Kötés mindkét elem



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## 9. előadás

# Anyag- és gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

## 1. rész. Alkatrésztervezés az anyagtulajdonságok tervszerű kihasználásával

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 1 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



Tervezői feladat: a követelmények ismeretében az alkatrész anyagának kiválasztása.

A szerkezeti anyagok közül választhat:

- öntöttvas,
- acél,
- alumínium,
- bronz,
- polimer,
- üveg, porcelán,
- kerámia stb.

Első közelítésben: a fizikai-mechanikai tulajdonságok nagyságrendi különbségei vezethetik gondolatainkat.

## A polimer tulajdonságok nagyságrendjei a fémekéhez képest

### Mechanikai tulajdonságok:

- sűrűség ( $\rho$ ): kb. 1/7-e,
- rug. modulus (E): 1/10-e,
- húzószilárdság ( $\sigma_B$ ): 1/10-e,
- fajlagos nyúlás ( $\varepsilon$ ): 10-20-szor nagyobb,
- csillapítóképesség ( $\text{tg}\delta$ ): 10-szer nagyobb,

### Termikus tulajdonságok:

- tartós üzemi hőmérséklet:  $<100\text{ }^\circ\text{C}$ ,
- hőtágulási együttható ( $\alpha$ ): 5-10-szer nagyobb,
- hővezetési tényező ( $\lambda$ ): 100-200-szor rosszabb
- fajlagos hőkapacitás ( $c_p$ ): 2-3-szor nagyobb.



## A polimer tulajdonságok nagyságrendjei a fémekéhez képest

### Villamos tulajdonságok:

- fajlagos ellenállás( $\rho$ ): a szigetelő anyagok nagyságrendjében,
- relatív dielektromos állandó( $\epsilon$ ): kondenzátor anyagok nagyságrendjében.

### Optikai tulajdonságok (üveghez képest):

- nagyobb törőszilárdság,
- kisebb sűrűség és felületi karcállóság,
- jó törésmutatók; jó fényáteresztő képesség.

### Tribológiai tulajdonságok:

- kis súrlódási tényezők; (fontos  $\mu_0 < \mu(v)$  ),
- jó beágyazó-képesség,
- jó szükségfutási-képesség.

A tervező feladata: kihasználni az előnyös tulajdonságokat és csökkenteni a hátrányosak káros hatásait.

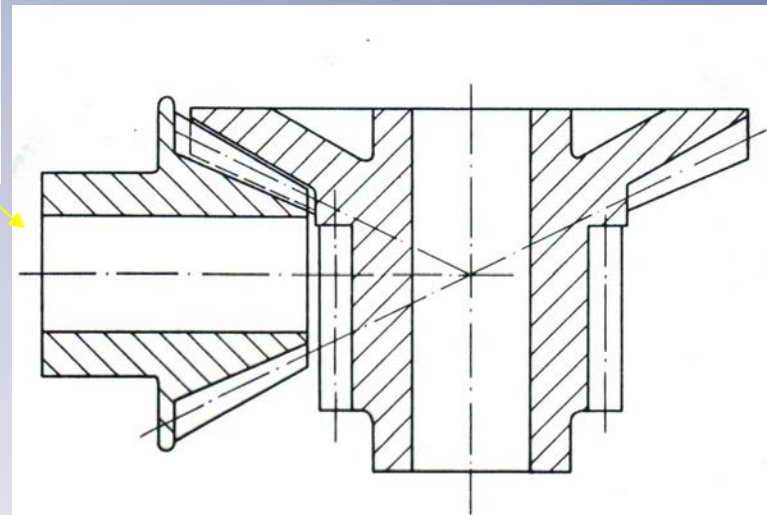
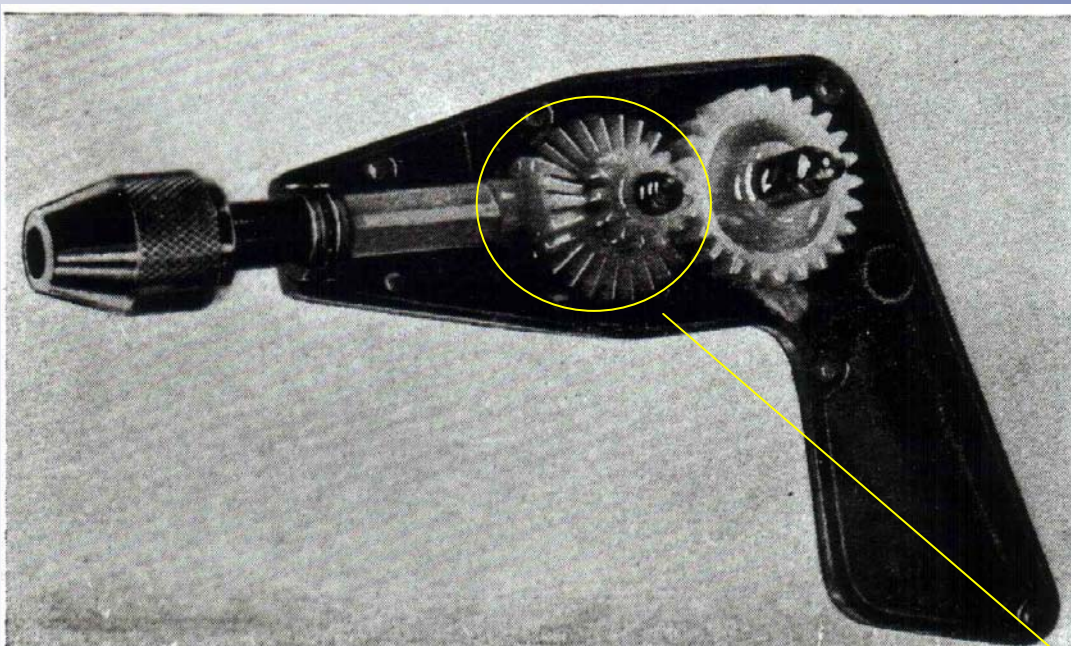
- [G. Pahl-W. Beitz: A géptervezés elmélete és gyakorlata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981]
- [Szombatfalvy Á.: Szerkezeti elemek tervezésének technológiai szempontjai. 7. Műanyag alkatrészek szerkesztése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981]
- [J. Fajgl: Műanyagtermékek tervezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967]
- [VDI- Richtlinien 2001; 2006]

És a tervező által összegyűjtött és rendezett tapasztalatok.

**Könnyen formázhatók** (pl. sajtolás; fröccsöntés; vákuumformázás; fúvás; stb.)

Gyárthatók:

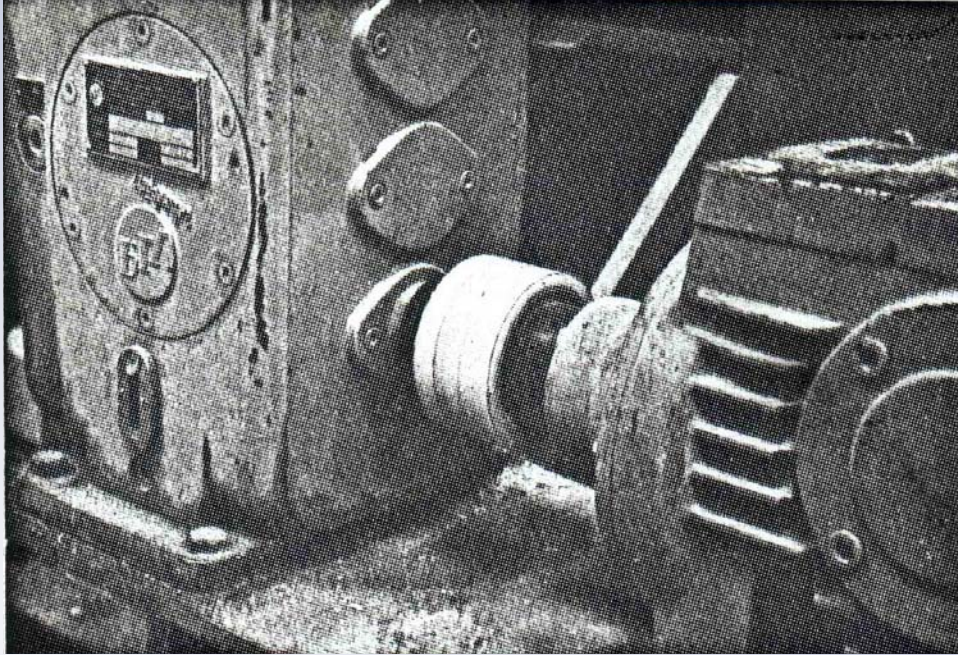
- integrált szerkezeti elemek  
pl. : kúpkerékpár fúrógéphez;  
golyóstoll mechanizmus; ...
- többcélú (multifunkcionális) elemek  
pl.: fogasgyűrűs tengelykapcsoló hüvely;  
villamos berendezések elemei;  
„hőhidak” megszüntetése polimer elemekkel;  
közvetlen csapágyazás a házban;  
rezgés és hőszigetelő elemek gépjárművekben; ...



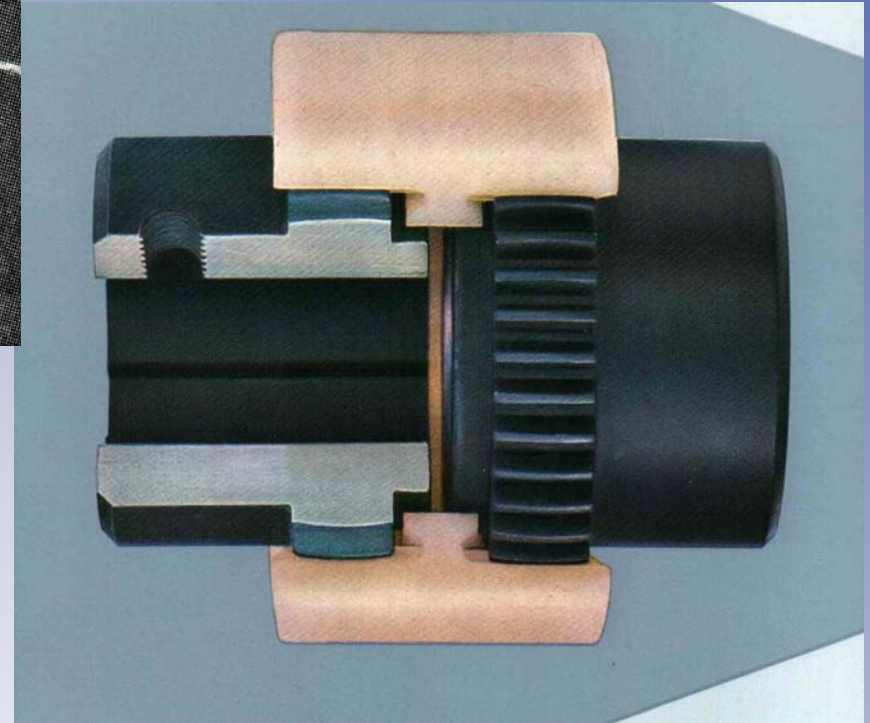
Kúpkerékpár fúrógéphez

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba





Fogasgyűrűs tengelykapcsoló



## Alakváltozási tulajdonságukat kihasználni.

- pattanó kötések alkalmazása
  - pl. : kukakerék;
  - bepattanó csapágyperselyek;
  - gördülőcsapágy kosár; ...
- hajlékony csukló („filmcsukló”) tervezése
  - pl.: kulcsjelzők;
  - villamos elemek; ...
- egy szerszám, többféle geometria
  - pl.: fóliacsapágy;
  - hajlékony fogasléc; ...

## Alakváltozási tulajdonságukat kihasználni. (folytatás)

- Rugózó elemek kialakítása.
  - pl.: kazettatartó;
  - különféle kapcsolók; ...

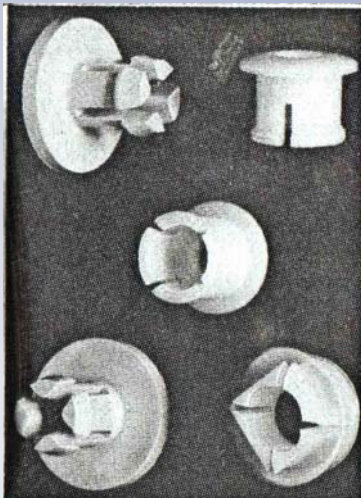
### Néhány betartandó szabály:

- úgy elrendezni, hogy alaphelyzetben terheletlen legyen,
- a terhelt időszakot terheletlen kövesse,
- maximum 15-20 Hz-ig,



# Tervezői elvek, módszerek

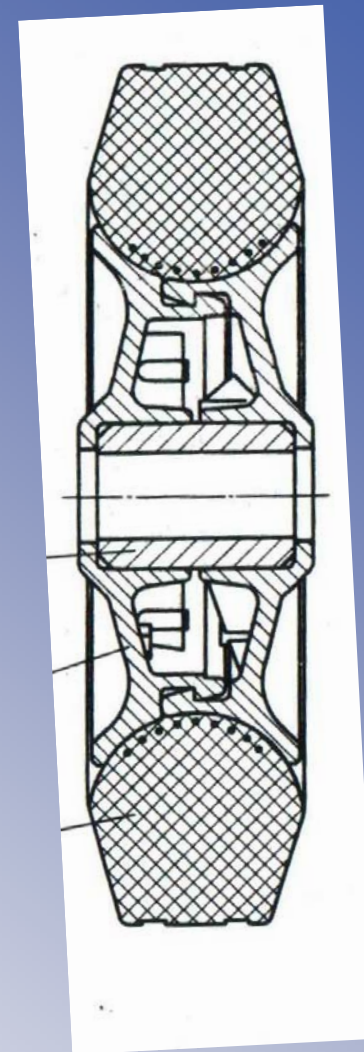
Polimer termékek tervezése 9. előadás



Bepattanó csapágypersely

Kukakerék

Különféle kábelrögzítők  
(A. Raymond elemek)



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 11 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

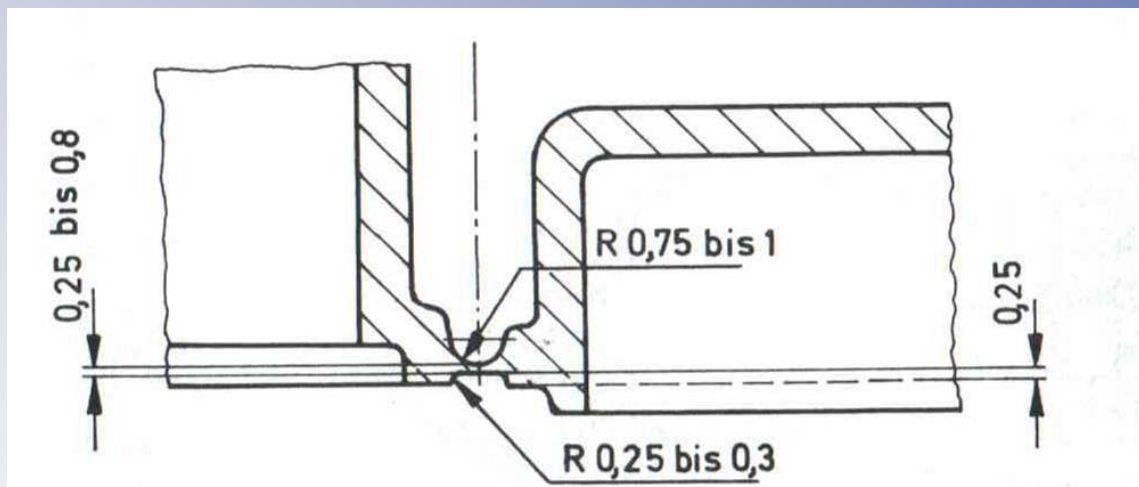
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



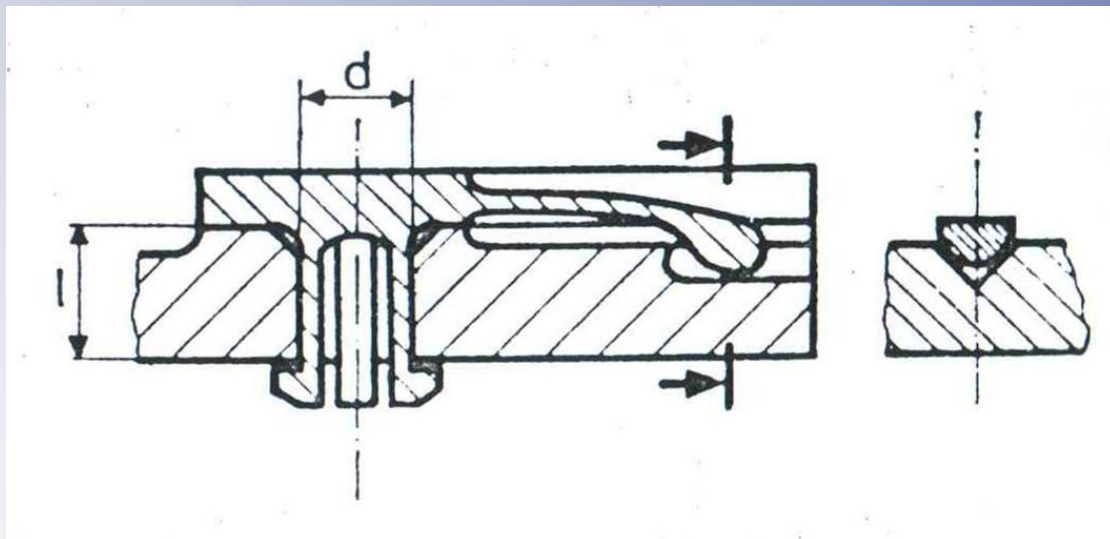


## Példák a nagy alakváltozó képességre



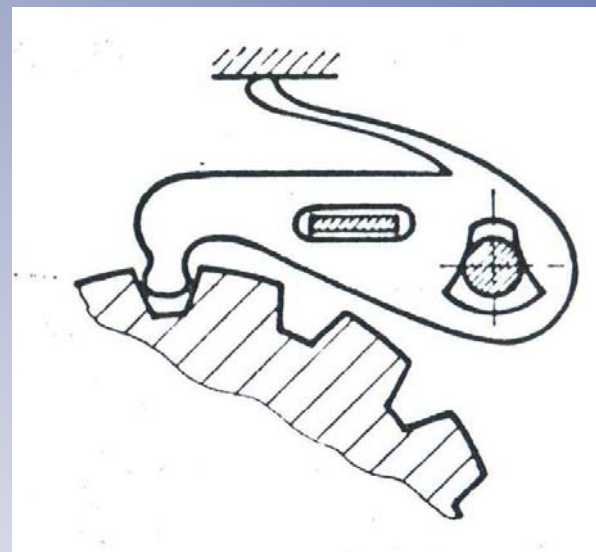
Filmcsukló

## Példák rugózó elemekre

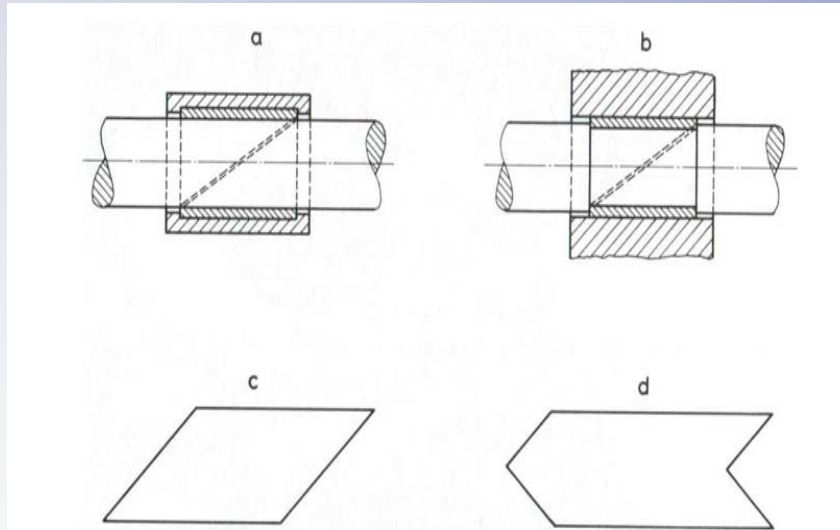


Forgató gomb

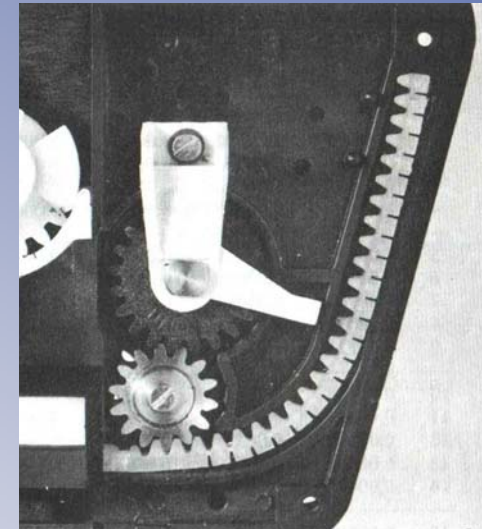
Léptetőtárcsa



## Egy szerszám, olcsóbb gyártás, többféle geometria lehetősége



Fóliacsapágyak



Fogasléc

## Ellensúlyozni a kisebb szilárdsági értékeket

- csökkenteni, korlátozni a max. terheléseket,
- ne a gyenge helyen legyen a max. terhelés,  
pl. SKF gömbfej
- csökkenteni a járulékos igénybevételeket,
- a keresztmetszeteket terhelés-orientáltan kialakítani,  
pl. hajlításra I tartó; csavarásra körszelvény;
- az erőfolyamot egyenletesen vezetni,
- alakváltozásokat (kúszást) csökkenteni,  
pl. traktorsaru csavarkötése

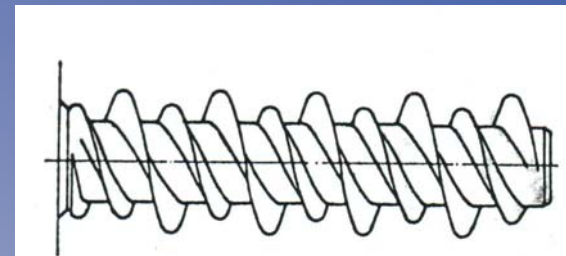
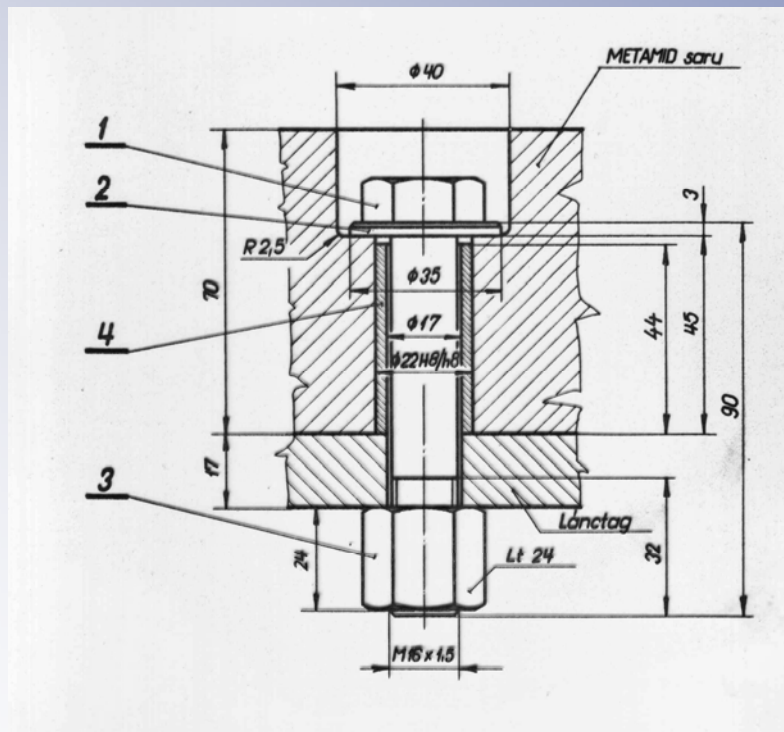
Az erőátadó felületeket a lehető legnagyobbra kialakítani.

Pl. Hi-Lo menet



# Tervezői elvek, módszerek

Polimer termékek tervezése 9. előadás



Hi-Lo csavar



SKF gömbfejek

Traktorsaru felerősítés

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

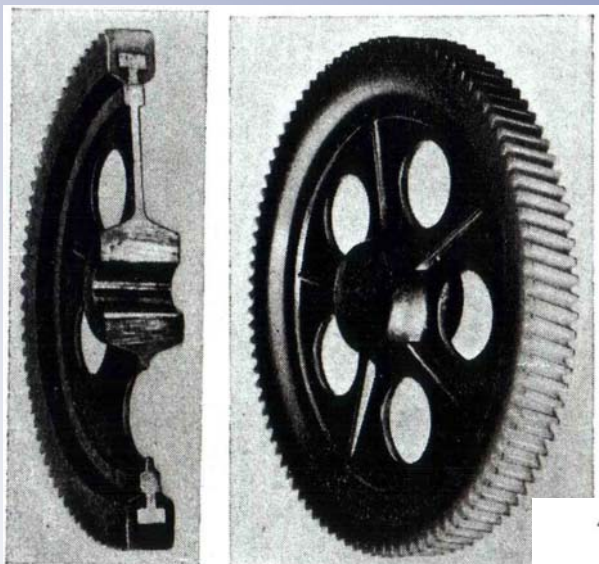
© BME, GSZI 2006.09.15 16 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

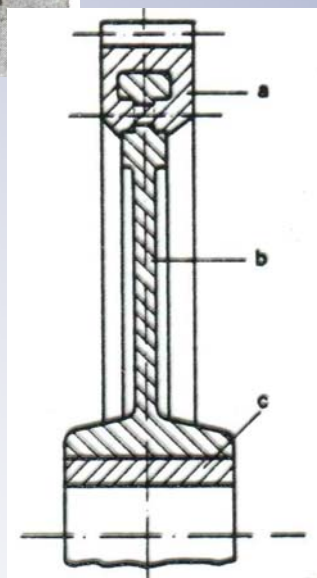
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

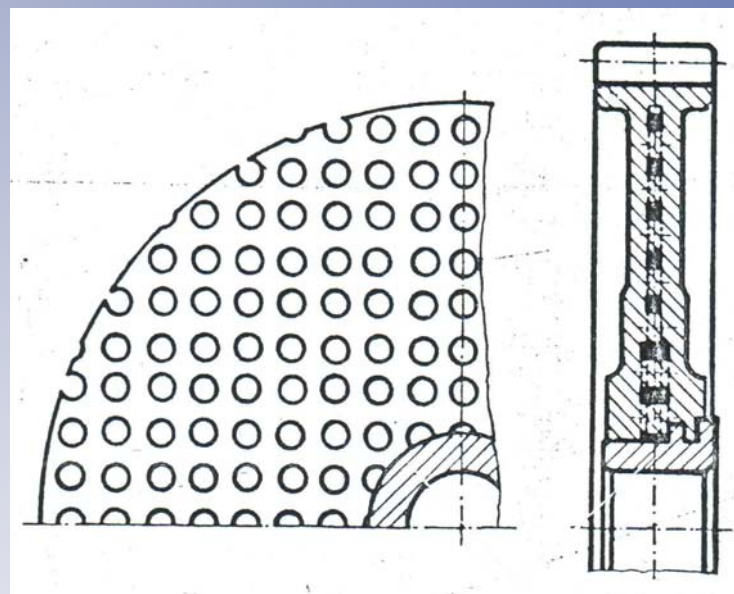




Fogaskerék  
koszorú

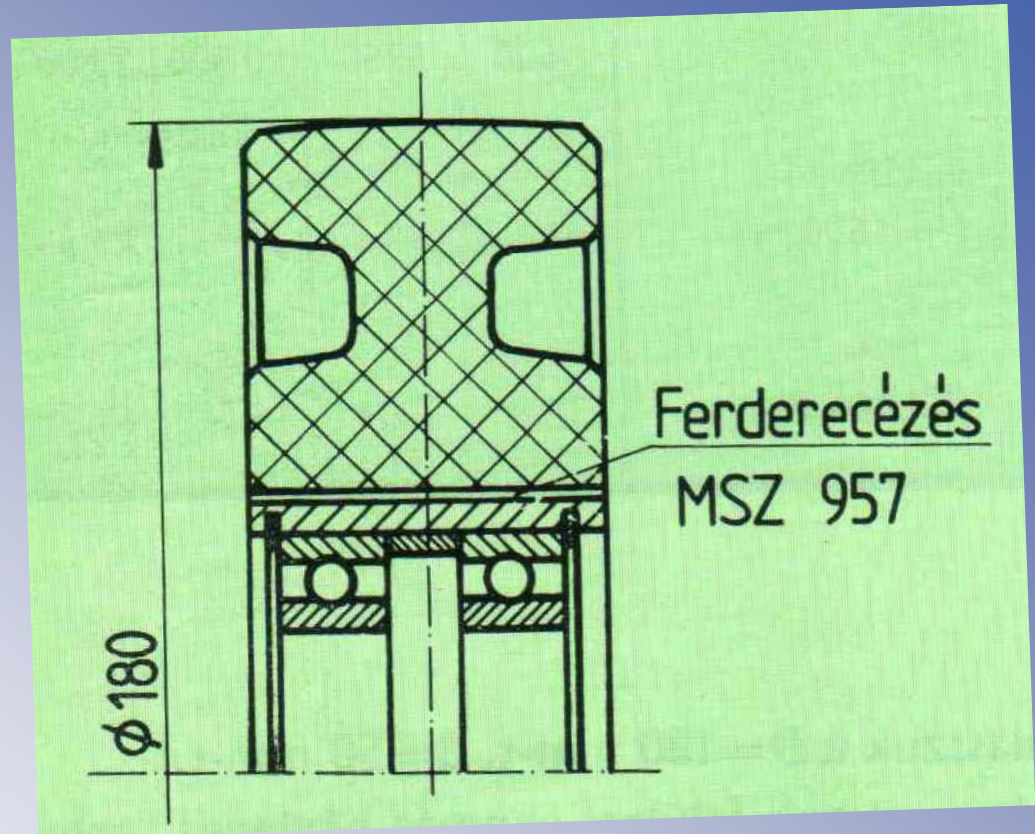


Fogaskerék tárcsabetéttel



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## Nagyméretű görgő esete



Nagyméretű görgők ágyazása fém betétbe sajtolt gördülőcsapágyakkal, alakkal záró kötéssel

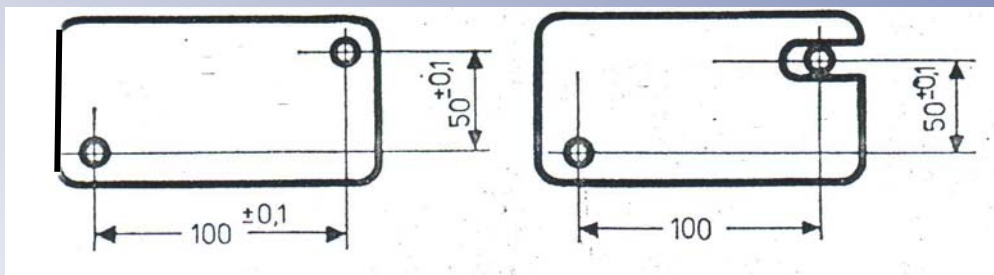


## Gazdaságos gyártás – méretpontosság, egymásnak ellentmondó követelmények. Feloldani ha lehet:

- a tűréseket az abszolút méretben kisebb méretekre „bízni”,
- a méretpontatlanságokat rugózó elemekkel „áthidalni”,
- a „kettős” tűréseket elkerülni,
- csökkenteni az elemek számát, hogy a tűrésláncban kevesebb elem legyen, ...

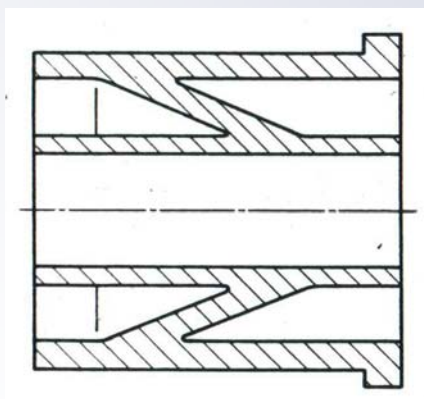


## Különféle példák

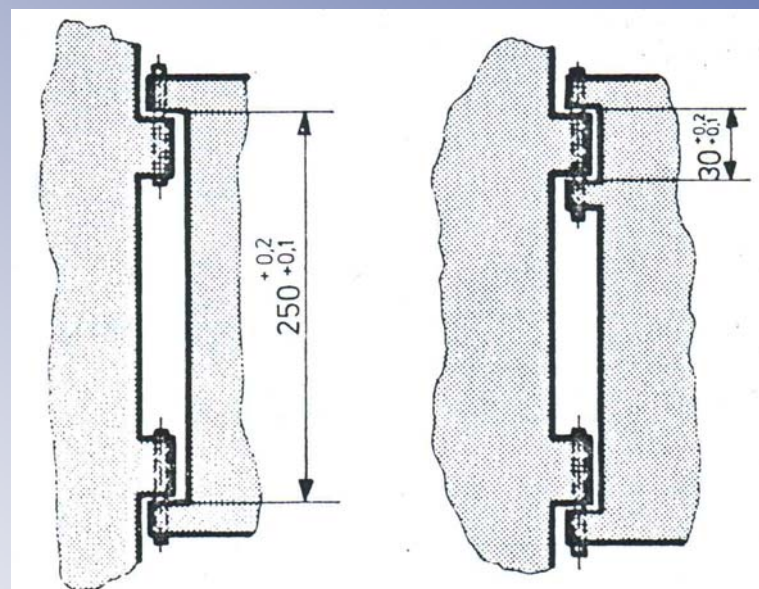


Kettős tűrés nélkül

Fészektürések kiegyenlítése  
rugózó csapágypersellyel



Tűrés a  
kisebb  
méreten



Polimer alkatrészek elvárható, szokásos tűrésértékei:

Hőre keményedő sajtolt műanyag tárgyak szerszámtól függő mérettűrései

(az MSZ 7255–60 alapján)

Névleges mérete		Tűrések			Megjegyzés
felett	-ig	durva	közepes	finom	
0	6	±0,2	±0,1	±0,05	A darab falvastagsága mérettűrésének minimuma 0,4 mm. Mérettűrés nélküli legömbölyítések csak közelítőleg tartandók be. A táblázat közepes értékei besajtott fémrészek középtávolságára, valamint idomkeresztmetszetű lyukakra is vonatkoznak.
6	18	±0,3	±0,1	±0,06	
18	30	±0,4	±0,15	±0,08	
30	50	±0,5	±0,2	±0,1	
50	80	±0,6	±0,3	±0,15	
80	120	±0,8	±0,4	±0,2	
120	180	±1,0	±0,5	±0,3	
180	250	±1,3	±0,7	±0,4	
250	315	±1,6	±0,9	±0,5	
315	400	±2,0	±1,2	±0,6	
400	500	±2,5	±1,5	±0,8	

**Megjegyzések:** Egyoldali tűrés esetén a  $\pm$  eltérések abszolút értéke összegezendő (pl.:  $\pm 0,2$  helyett  $+0,4$  mm vagy  $-0,4$  mm).

Az MSZ 202, 203 és 204 mérettűrések csak az  $l \times d$  menethosszúságú darabokhoz tarthatók be

# Tervezői elvek, módszerek

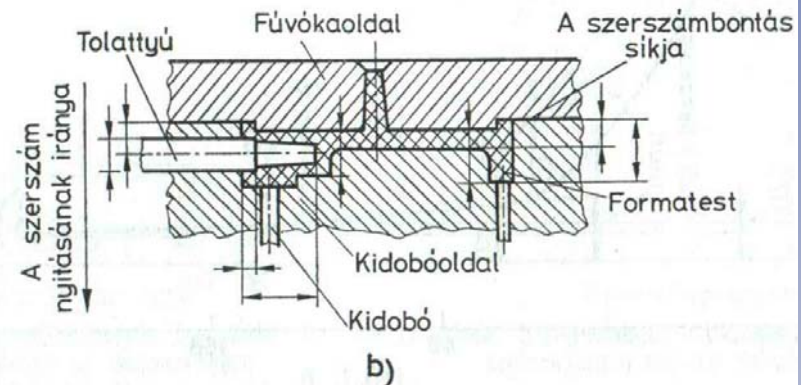
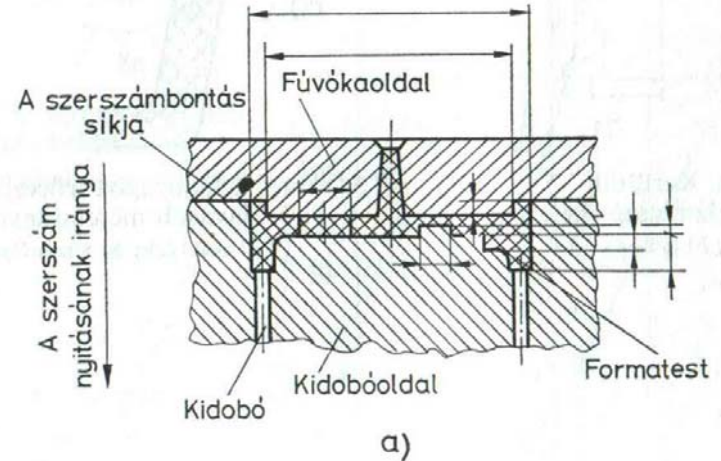
Polimer termékek tervezése 9. előadás

Polimer alkatrészek elvárható, szokásos tűrésértékei:

Mérethatárok		A szerszám mozgásától független méretek előírható tűrései a) ábra		A szerszám mozgásától függő méretek előírható tűrései b) ábra
felett	-ig	Minden méret (falvastagság és menet kivételével)*	Menet	Minden méret (falvastagság kivételével)*
0	6	$\pm 0,1$	Métermenet esetén az MSZ 204 szerinti durva minőség, Whitworth menet esetén az MSZ 201 szerinti durva minőség	$\pm 0,2$
6	18	$\pm 0,16$		$\pm 0,25$
18	30	$\pm 0,2$		$\pm 0,3$
30	50	$\pm 0,3$		$\pm 0,5$
50	80	$\pm 0,4$		$\pm 0,7$
80	120	$\pm 0,6$		$\pm 0,9$
120	180	$\pm 1,0$		$\pm 1,2$
180	250	$\pm 1,2$		$\pm 1,5$
250	500	Megegyezés szerint		Megegyezés szerint

*Megjegyzések:* \*A falvastagság tűréseire a gyártó és a felhasználó közötti esetekénti megállapodás előírásai vonatkoznak. A megengedett eltérések legfeljebb 2,5 mm falvastagságú tárgyakon tarthatók be.

Hőre lágyuló, fröccsöntött műanyagalkatrészek mérettűrései  
(az MSZ 7756-61 alapján)



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 22 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





A környezeti hatások okozta nagyobb méretváltozásokat kiegyenlíteni.

Pl.:

- töltőanyagok alkalmazása ( $\alpha$  csökkentése),
- fémfegyverzet vagy beültetett merevítés,
- külső-külső fogazat helyett külső-belső fogazat,



# 10. előadás

## Anyag- és gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

### 2. rész. Anyag-konstrukció-gép- szerszám-eljárás

Gyártáshelyesnek az a működési követelményeknek megfelelő termék tekinthető, amely az adott vállalati körülmények között és adott gyártási mennyiség esetén a legkisebb gyártási költséggel állítható elő.

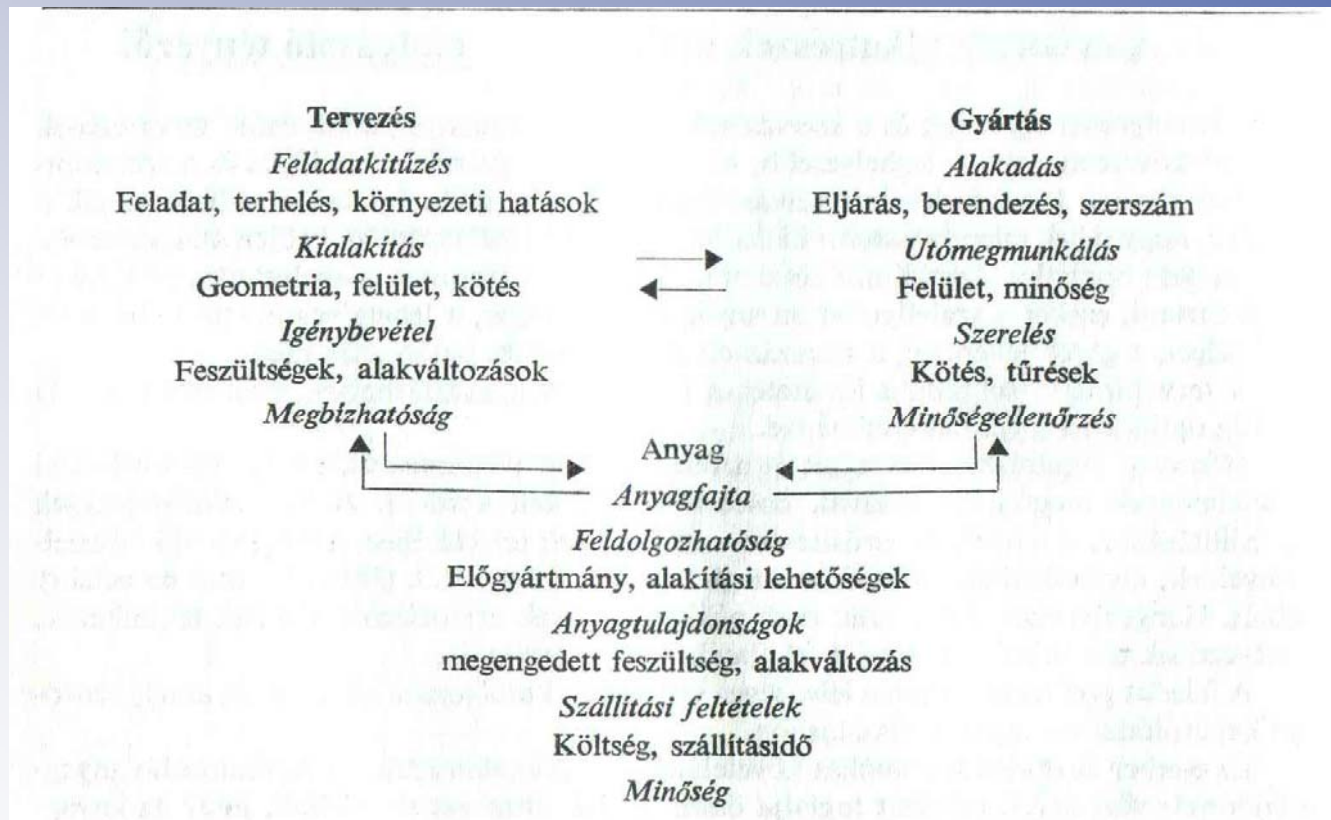
Az alkatrész geometriai kialakítására (tervezésére) ható tényezők:

- követelmények, óhajok, kívánságok;
- anyagtulajdonságok;
- a lehetséges eljárások kötöttségei, gépek jellemzői;
- szerszámok kialakítása, szerkezete;
- gazdasági, kereskedelmi tényezők;
- külső, geometriai kialakítás;
- esetleges további követelmények.

Belátható:

a tervezés sokoldalú ismereteket igényel, a gyártáshelyes alkatrész-kialakítás mindig egy optimálási folyamat eredménye.

## Az anyagválasztás, a tervezés és a gyártás kapcsolatrendszer



„Ültessük egy asztalhoz” az érdekelt szakembereket

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10 előadás

## Hőre keményedő műanyag alkatrészek gyárthatósága (Ellenőrzési segédlet)

### *Lehetséges anyagok*

### *Lehetséges eljárások*

Sajtolás  
Fröccsajtolás  
Fröccsöntés  
Egyéb (pl. extrudálás stb.)

### *Gazdasági és kereskedelmi tényezők*

Darabszám: egyedi gyártás  
kissorozat  
nagyszorozat

Költségtényezők  
Raktárkészlet  
Beszerezhetőség

### *Külső kialakítás*

Darabrajz: fő méretek,  
csatlakozó méretek,  
tűrések,  
tömeg  
Szerszámosztás lehetősége  
Falak lejtése, ill. kúposága  
Megfelelő falvastagság, ill. falvastagsági arány

### *Elkerülhető anyagtorlódás*

Megfelelő anyagáramot lehetővé tevő átmenetek  
(vékonyodás, élek, sarkok lekerekítése stb.)

### *Elkerülhető felöntések*

Megfelelő szem- és bordakiképzés

### *Elkerülhető alámetszések*

Elkerülhető magok, betétek, oldalbetétek

### *Szélek és peremek kialakítása*

Elkerülhető nagy sík felületek (pl. felfekvésnél,  
talpaknál stb.)

### *Menetes részek kialakítása, pontossága*

Betétek, csavarok elhelyezése, alakja

### *Felületi követelmények*

Tűrések, méretpontosság, illeszkedő részek

### *Megmunkálási ráhagyás*

### *Egyedi kívánások*

### *Irodalom*

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

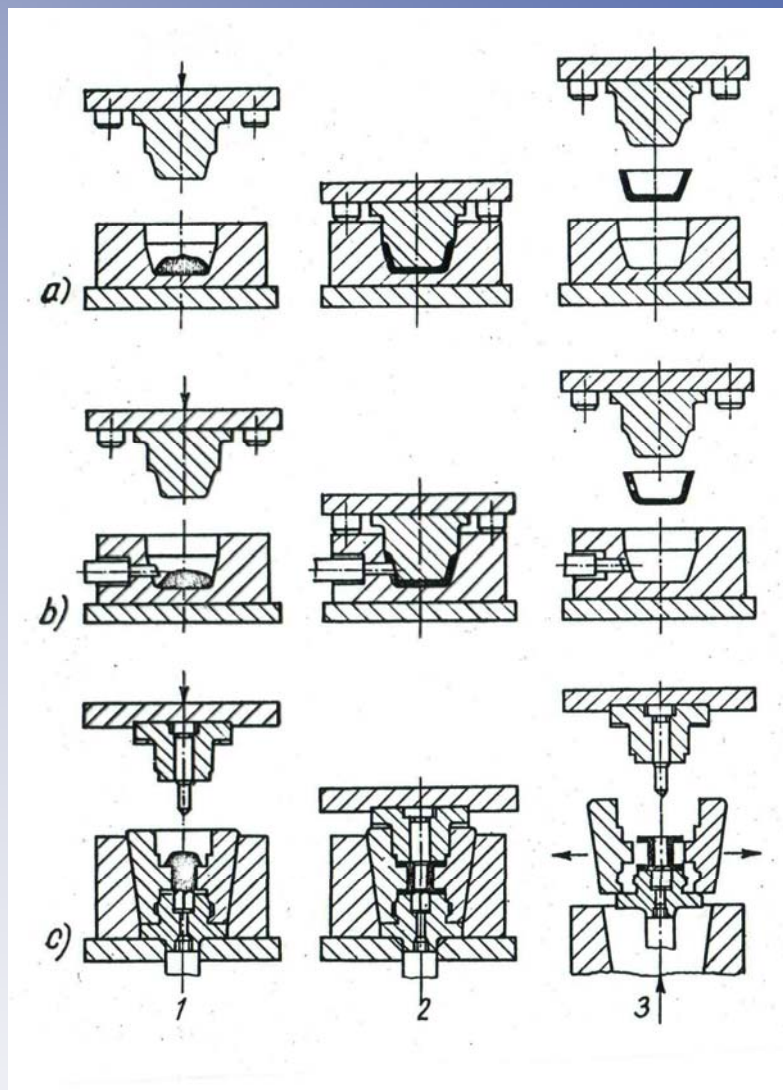
Polimer termékek tervezése 10.előadás

Lehetséges  
eljárások példái

rögzített szerszámos eljárás

oldalbetétes sajtolószerszám

éketbetétes sajtolószerszám



1: sajtolóanyag  
betöltése;

2: alakadás és  
keményítés;

3: nyitás,  
kidobás és  
tisztítás.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépészerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 6 Fólia

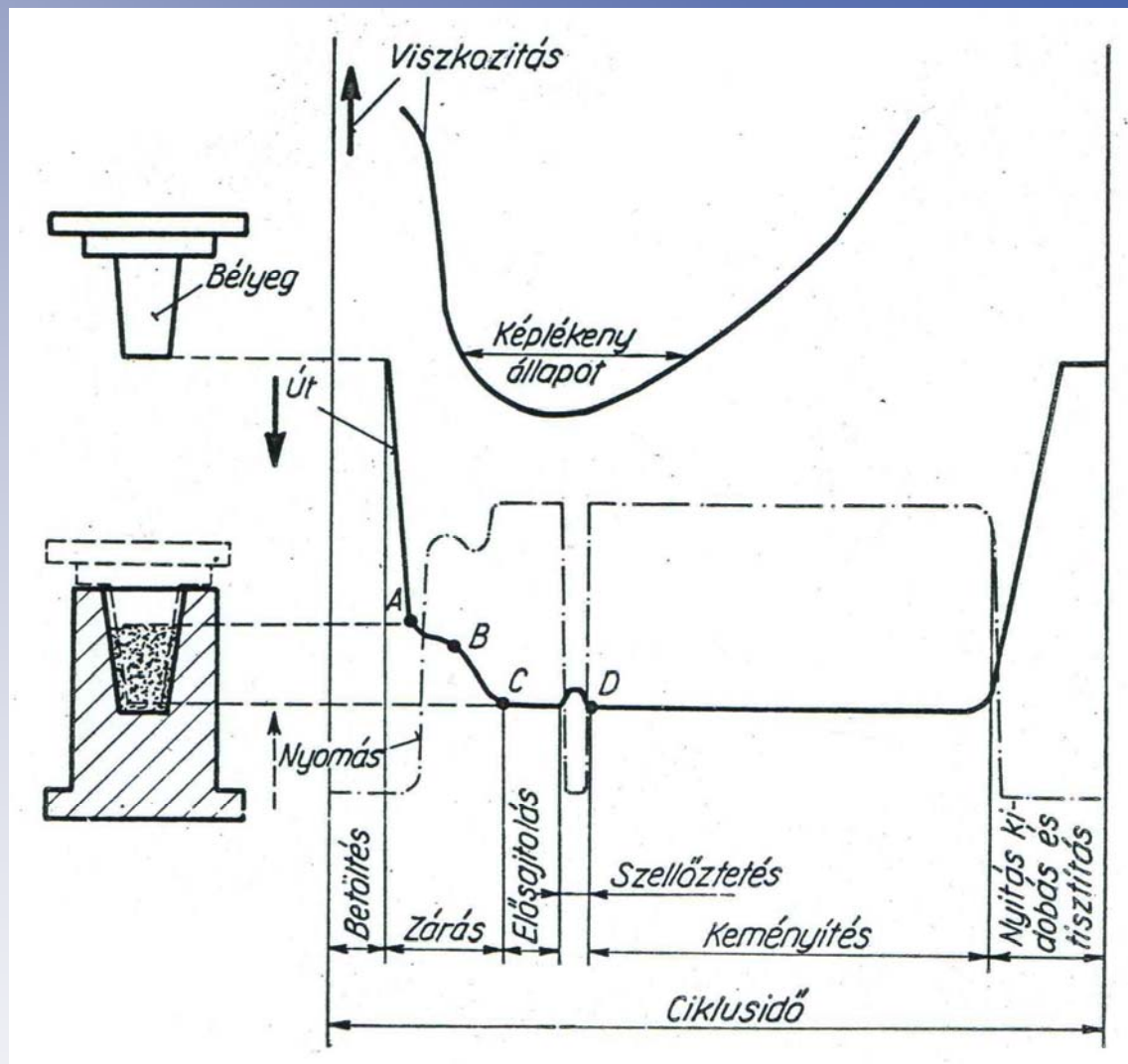
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## A sajtolás folyamata



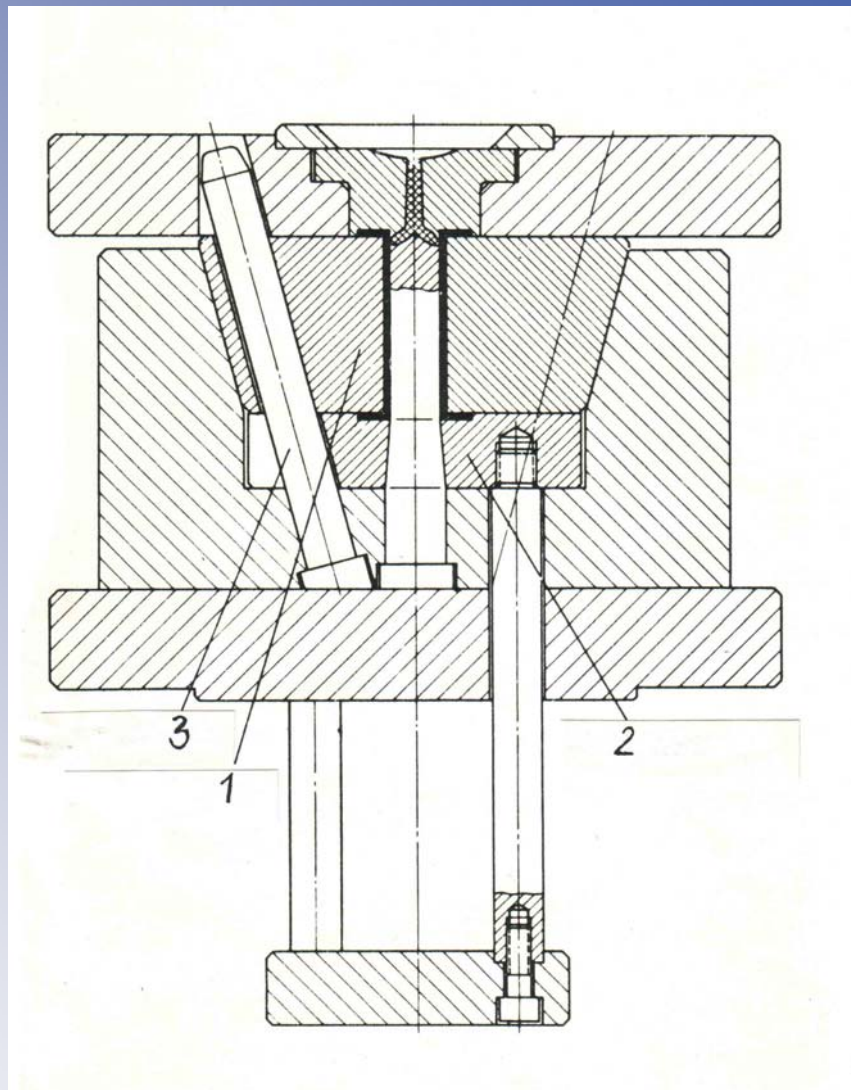
Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10.előadás

Példa egy ékbetétes  
sajtolószerszámra



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszl.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv

HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





# Fröccssajtolás elve csigás előképlékenyítés esetén

Polimer termékek tervezése 10. előadás

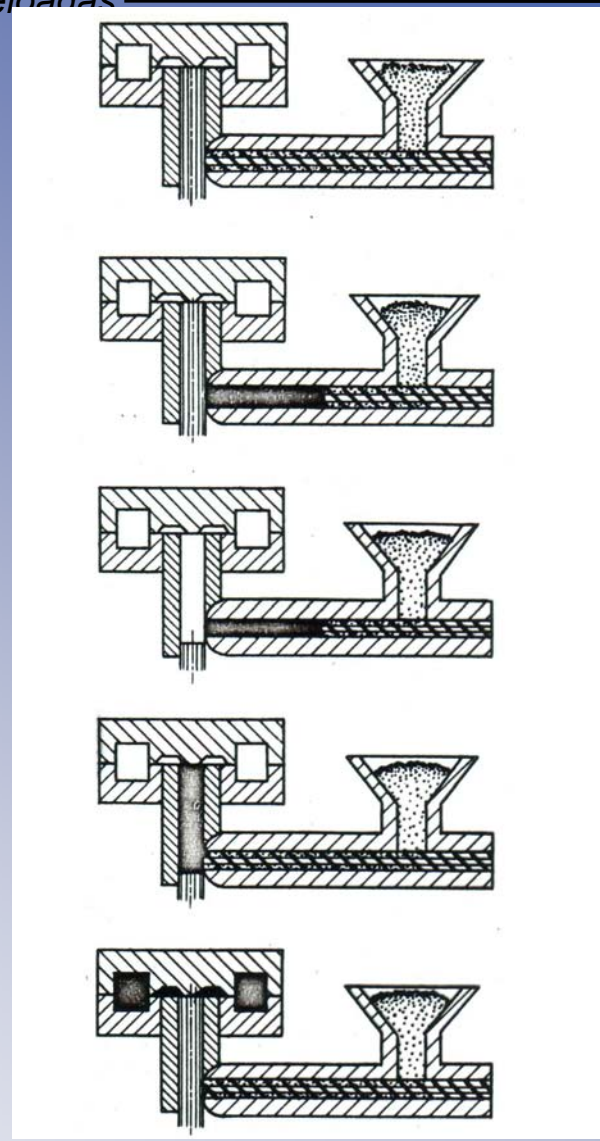
## Szerszám zár

A csiga forgás közben hátramoszog, miközben a képlékenyített anyag előreáramlik

A fröccsdugattyú visszatér a kiinduló helyzetébe, befejeződi az adag képlékenyítése

A csiga dugattyúkényt előremozog, átnyomva a képlékeny anyagot a fröccshengerbe

A fröccsdugattyú befröccsönti az anyagot a szerszámba, miközben lezárja az előképlékenyítő teret és a csiga megkezdi az előképlékenyítés

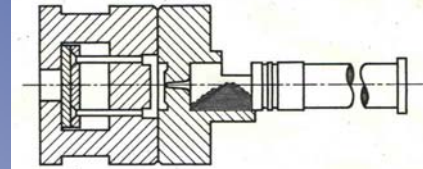


Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

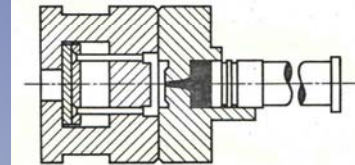
# Fröccssajtolás elve csigás vízszintes elrendezésű dugattyú esetén

Polimer termékek tervezése 10.előadás

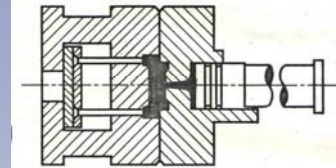
Anyagbetöltés



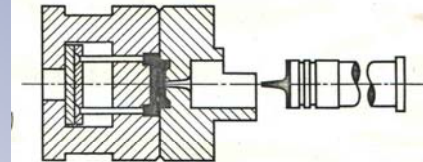
Képlékenyítés



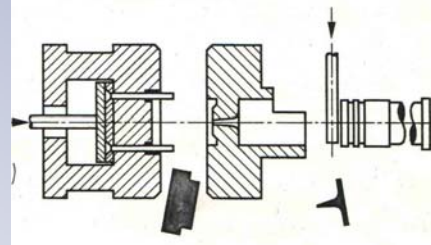
Fröccsöntés



Keményítés és a dugattyú hátramo­z­gása



Szerszámnyitás, a darab és a felöntés eltávolítása



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Fröccsöntés műveletelemei csigadugattyús gépen

Polimer termékek tervezése 10.előadás

szerszám zár

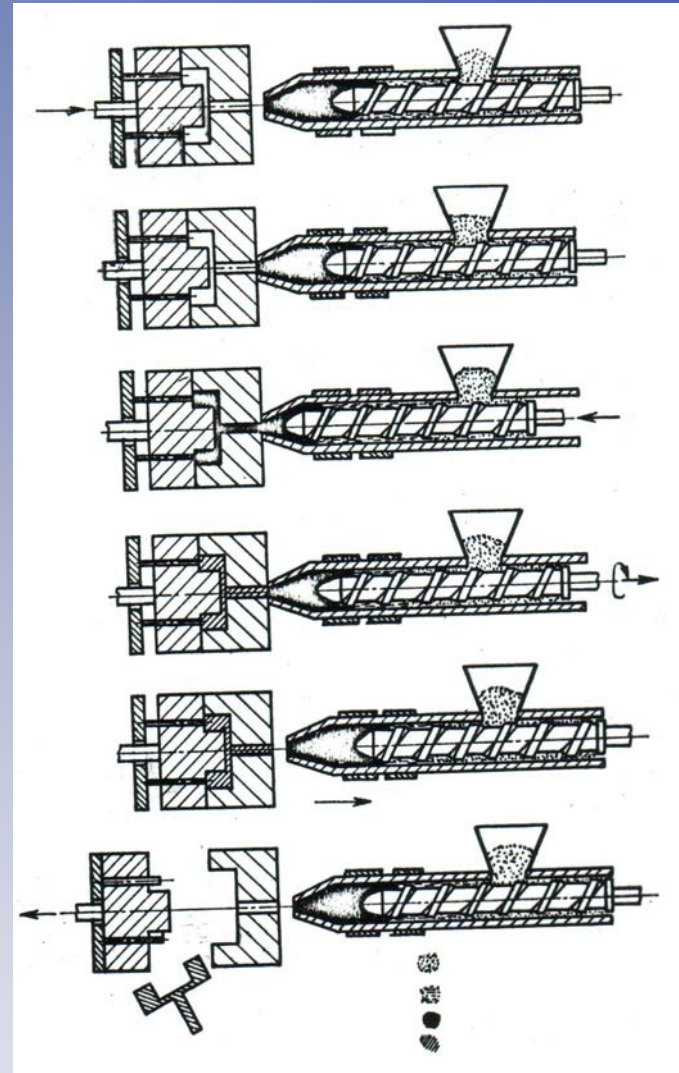
henger előre mozog

a képlékenyített anyag  
fröccsöntése és utánnyomása

a fröccsdarab megszilárdul, közben  
végbemenny az adagolás és megkezdődik a  
képlékenyítés

a henger hátramoszog

szerszám nyit, a  
fröccsdarab kilöködik



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 11 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

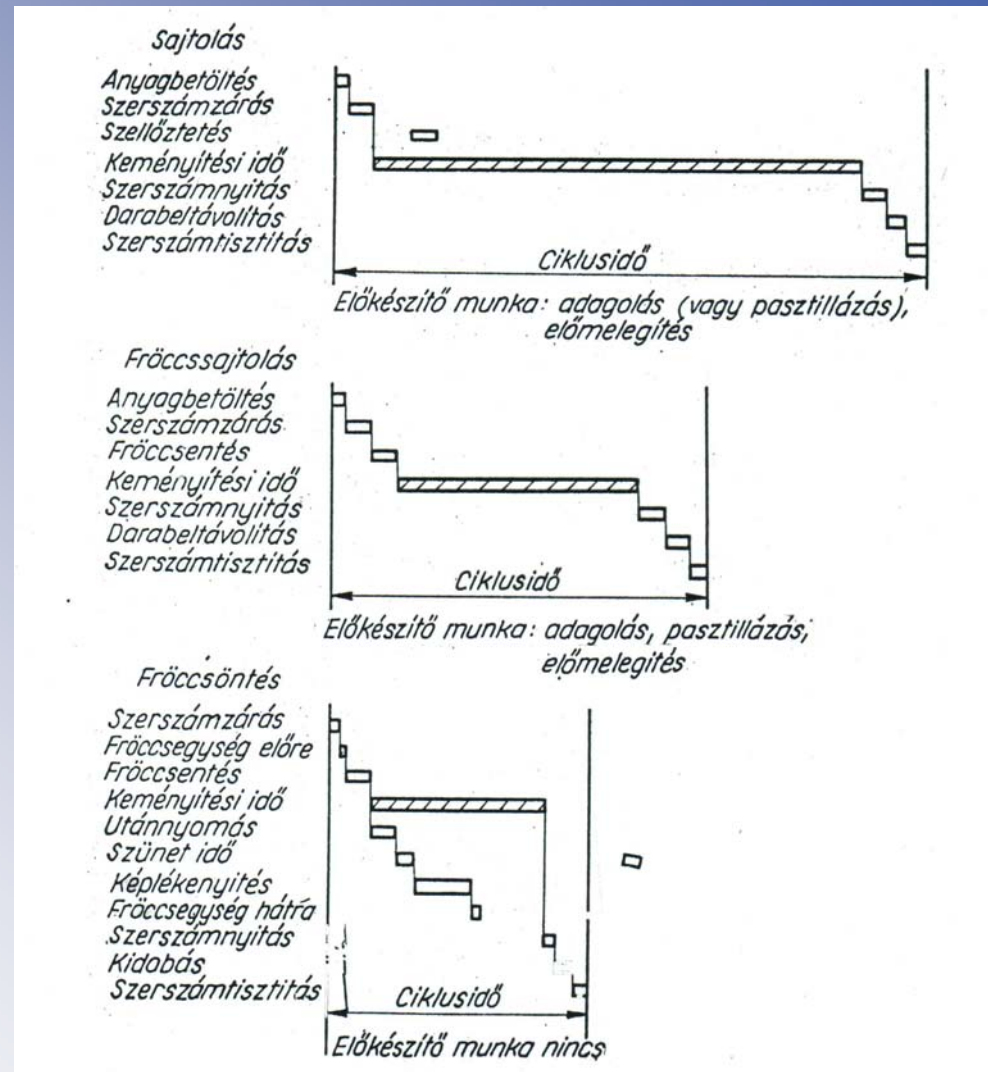
Magyarország célba ér



# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10.előadás

Műveleti idők hőre  
keményedő  
műanyagok különféle  
eljárással való  
feldolgozásakor



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 12 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



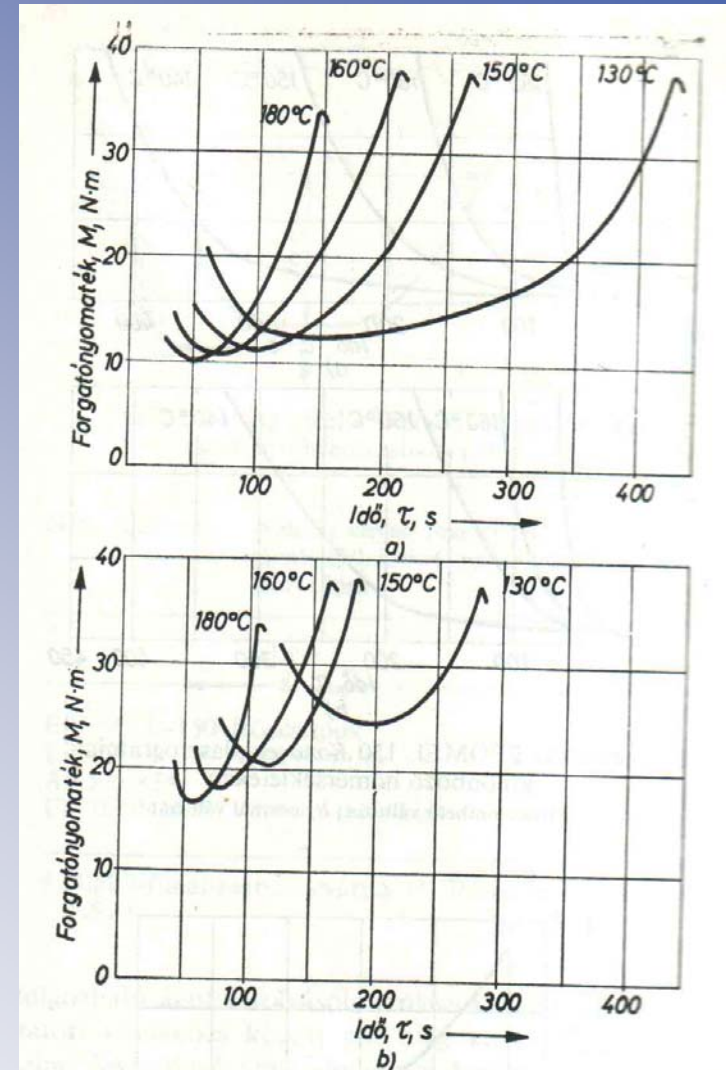


# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10.előadás

Egy hőre keményedő polimer  
a) fröccsönthető,

b) normál változata



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 13 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



- az alkatrész célköltsége,
- rendszerszemléletű költségszámítást kell végezni: valamely alkatrész előállításával kapcsolatos tevékenységeket ill. annak költségeit mindig abból a szempontból kell vizsgálni, hogy az milyen hatással van a végtermék (alkatrész, szerkezeti egység, berendezés, stb.) költségeire,
- vonjunk be kontrollert.

- az alkatrész gyártási költség számításának módjai:
  - pl: egyszerű, pótlékoló,  
összetett, a folyamatot tükröző.
- az egyszerű, pótlékoló (pl. az anyagárra, munkabérre) számítás elfedheti:
  - polimerekkel jó anyagkihasználás érhető el (pl. a hulladék, esetleg a selejt is újrafeldolgozható)
  - az eljárások termelékenyek (pl. többfészkés szerszámok, intergált alkatrészek, stb.)
  - kis járulékos költségek (pl. gyártási energia, utánmunkálás elmaradása, stb.)
- egy zárszerkezet példája.

# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10.előadás

## Hőre keményedő műanyag alkatrészek gyárthatósága (Ellenőrzési segédlet)

### *Lehetséges anyagok*

### *Lehetséges eljárások*

Sajtolás

Fröccsajtolás

Fröccsöntés

Egyéb (pl. extrudálás stb.)

### *Gazdasági és kereskedelmi tényezők*

Darabszám: egyedi gyártás  
kissorozat  
nagyszorozat

### *Költségtényezők*

Raktárkészlet

Beszerezhetőség

### *Külső kialakítás*

Darabrajz: fő méretek,  
csatlakozó méretek,  
tűrések,  
tömeg

Szerszámosztás lehetősége

Falak lejtése, ill. kúposága

Megfelelő falvastagság, ill. falvastagsági arány

### *Elkerülhető anyagtorlódás*

Megfelelő anyagáramot lehetővé tevő átmenetek  
(vékonyodás, élek, sarkok lekerekítése stb.)

### *Elkerülhető felöntések*

Megfelelő szem- és bordakiképzés

### *Elkerülhető alámetszések*

Elkerülhető magok, betétek, oldalbetétek

### *Szélek és peremek kialakítása*

Elkerülhető nagy sík felületek (pl. felfekvésnél,  
talpaknál stb.)

Menetes részek kialakítása, pontossága

Betétek, csavarok elhelyezése, alakja

Felületi követelmények

Tűrések, méretpontosság, illeszkedő részek

Megmunkálási ráhagyás

### *Egyedi kívánások*

### *Irodalom*

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet

<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 16 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv

HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





7.14. táblázat

**Hőre keményedő sajtolt műanyag tárgyak szerszámtól függő mérettűrései**  
(az MSZ 7255 – 60 alapján)

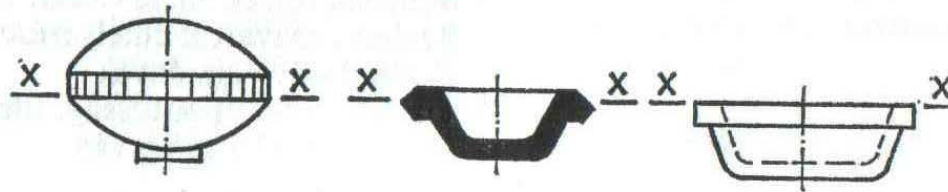
Névleges mérete		Tűrések			Megjegyzés
felett	-ig	durva	közepes	finom	
0	6	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	A darab falvastagsága mérettűrésének minimuma 0,4 mm. Mérettűrés nélküli legömbölyítések csak közelítőleg tartandók be. A táblázat közepes értékei besajtoló fémrészek középtávolságára, valamint idomkeresztmetszetű lyukakra is vonatkoznak.
6	18	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$	$\pm 0,06$	
18	30	$\pm 0,4$	$\pm 0,15$	$\pm 0,08$	
30	50	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	
50	80	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$	$\pm 0,15$	
80	120	$\pm 0,8$	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	
120	180	$\pm 1,0$	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$	
180	250	$\pm 1,3$	$\pm 0,7$	$\pm 0,4$	
250	315	$\pm 1,6$	$\pm 0,9$	$\pm 0,5$	
315	400	$\pm 2,0$	$\pm 1,2$	$\pm 0,6$	
400	500	$\pm 2,5$	$\pm 1,5$	$\pm 0,8$	

**Megjegyzések:** Egyoldali tűrés esetén a  $\pm$  eltérések abszolút értéke összegezendő (pl.:  $\pm 0,2$  helyett  $+0,4$  mm vagy  $-0,4$  mm).

Az MSZ 202, 203 és 204 mérettűrések csak az  $l \times d$  menethosszúságú darabokhoz tarthatók be

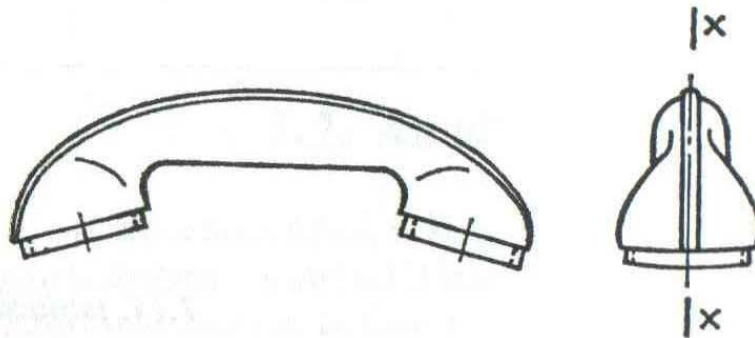
# A szerszámosztás lehetőségei

Polimer termékek tervezése 10.előadás

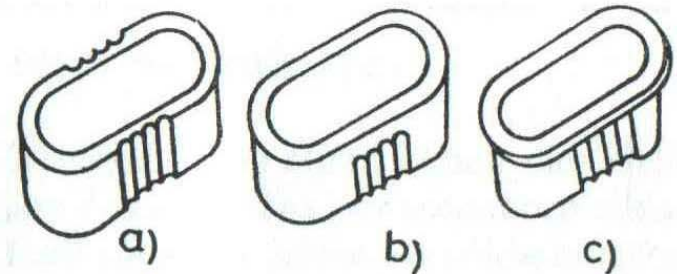


Alkatrészek fő osztósíkja

Az osztósík legyen minél kisebb, lehetőleg szabályos, egyszerű mértani alakú, jól illeszthető



Az osztósík lehetőleg a darab élein vagy ívelt felületein haladjon át, mert a keletkező sorja ekkor egyszerűbben távolítható el



Sajtolt alkatrész átszerkesztése az osztósík szempontjából  
a) hibás; b) megfelelő; c) helyes

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 18 Fólia

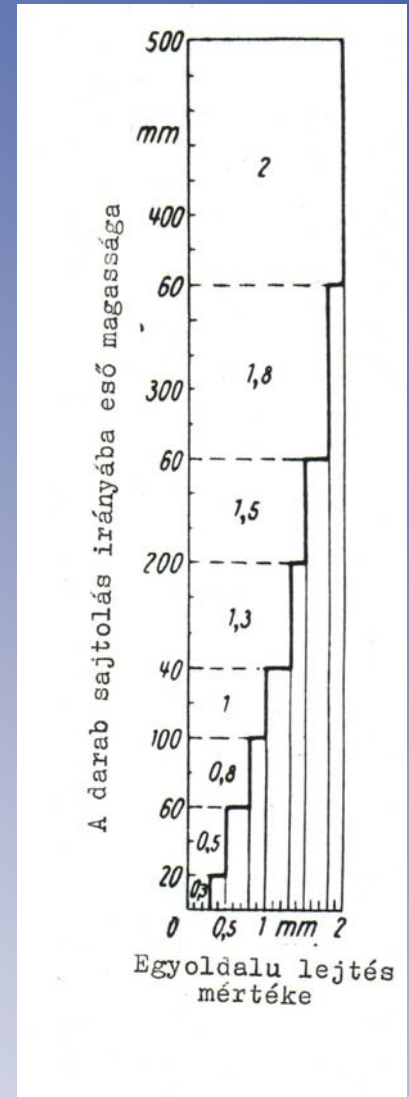
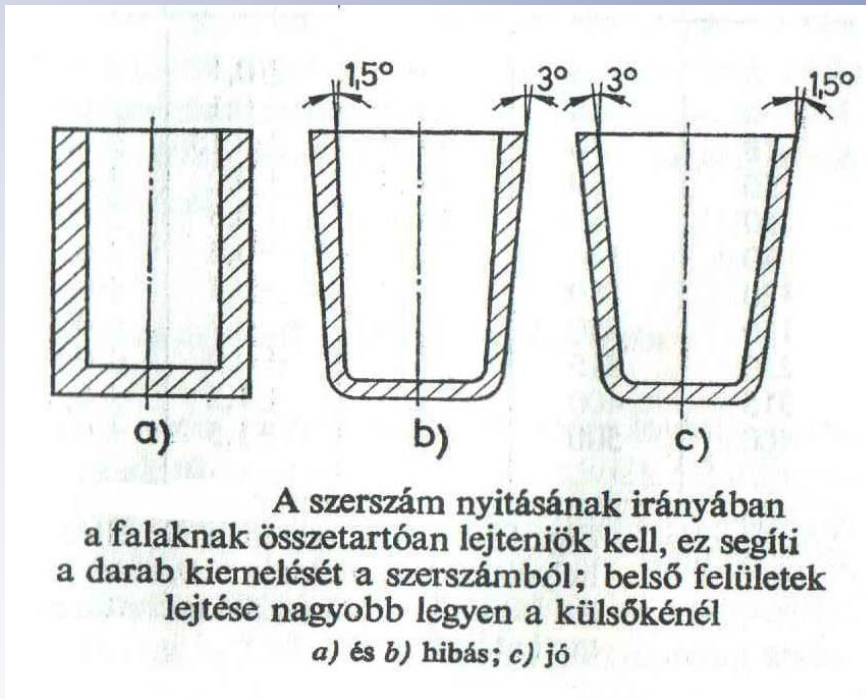
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



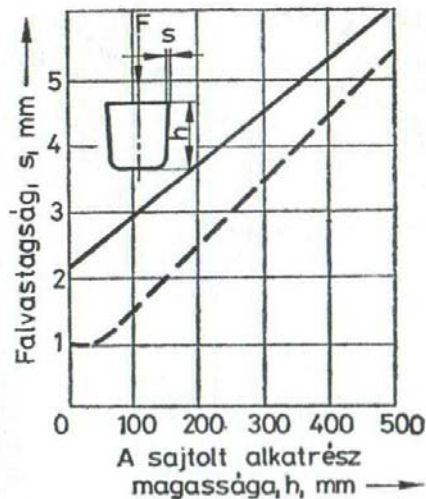
## A falak lejtése és kúposága





# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10.előadás

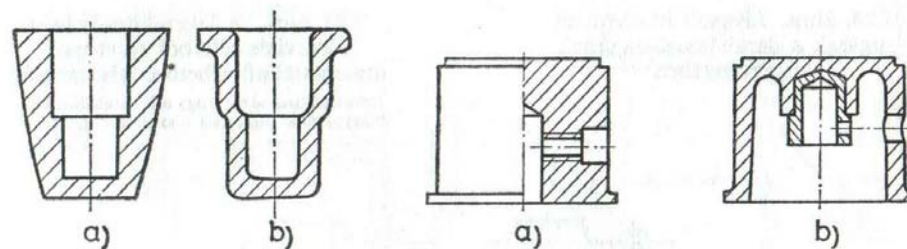


A javasolt legkisebb falvastagság

— por alakú sajtolóanyagból készítendő (pl. 31) alkatrésze  
 - - - - - durvább szerkezetű töltőanyagot tartalmazó (pl. 54) anyagra;  
 F a sajtolás iránya



A túlságosan vastag fal hosszú idő alatt keményedik ki  
 a) hibás; b) helyes



Az alkatrész egész keresztmetszetében egyenletes falvastagságra kell törekedni  
 a) hibás; b) helyes

A falvastagság meghatározásakor mind a működési, mind a gyártási követelményeket figyelembe kell venni  
 a) szilárdságilag indokolt, de technológiailag hibás kialakítás; b) helyes; egyenletes falvastagság, besajtoló fémperemmel

## Megfelelő falvastagság ill. falvastagsági arányok

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 20 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

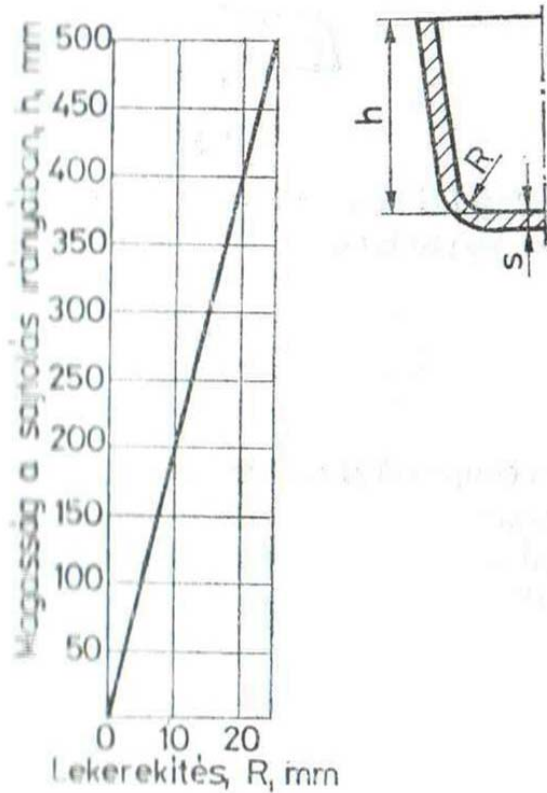
Magyarország célba ér



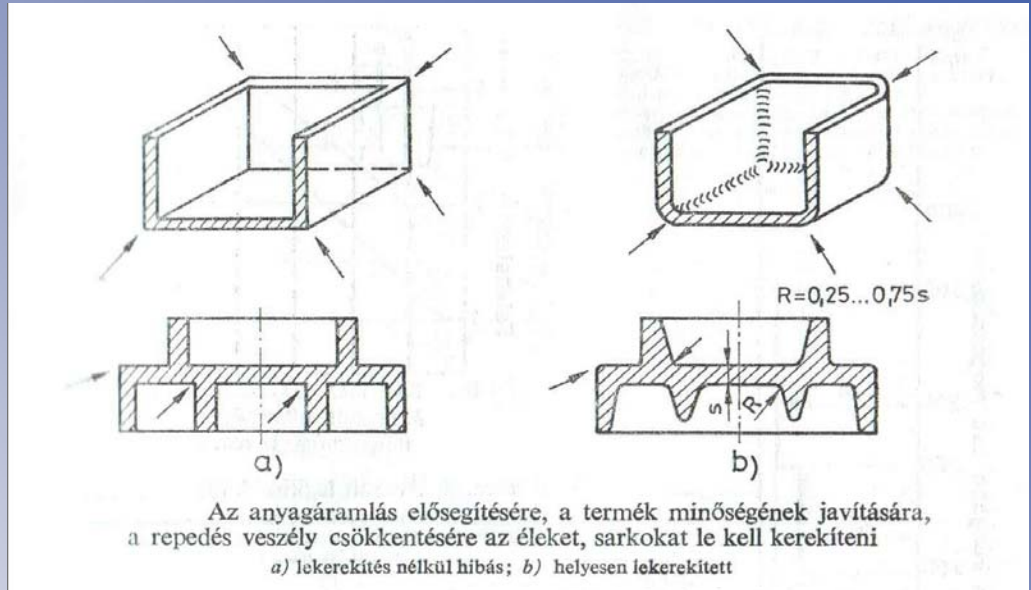


# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

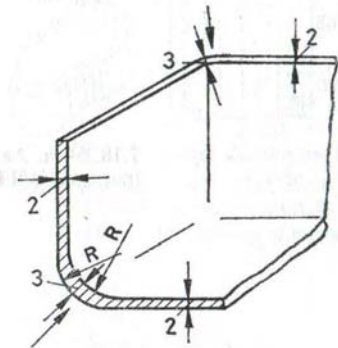
Polimer termékek tervezése 10.előadás



Javasolt lekerekítési sugarak a darab magasságának függvényében



## Megfelelő anyagáramot lehetővé tevő átmenetek



7.25. ábra. A lekerekítés helyén merevítés céljából folytonos átmenettel növelhető a falvastagság törekedjünk arra, hogy a lekerekítések ne bonyolítsák túlzottan a szerszám gyártását

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 21 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

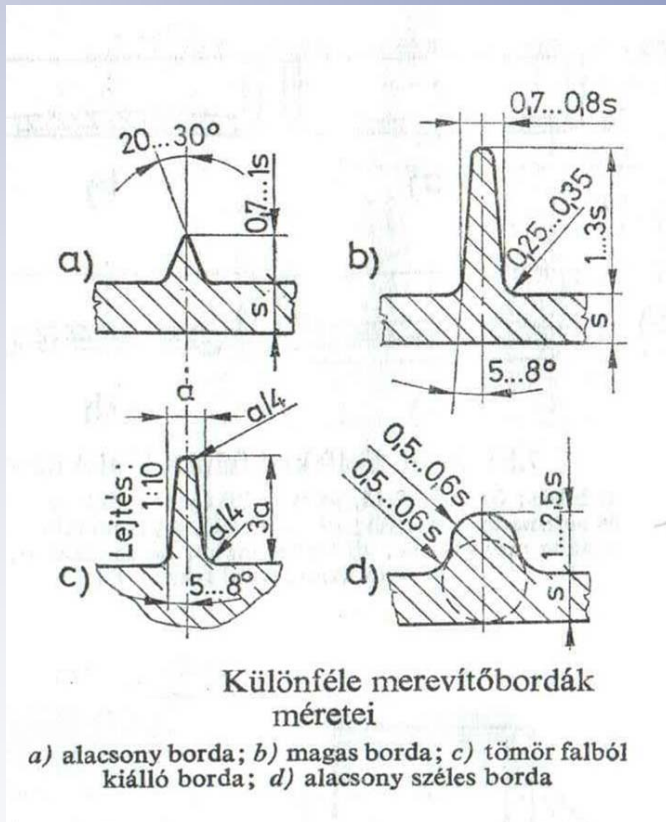
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

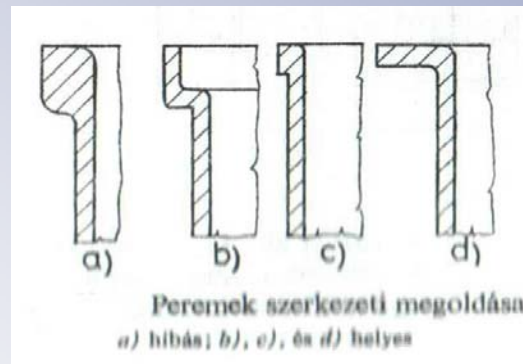
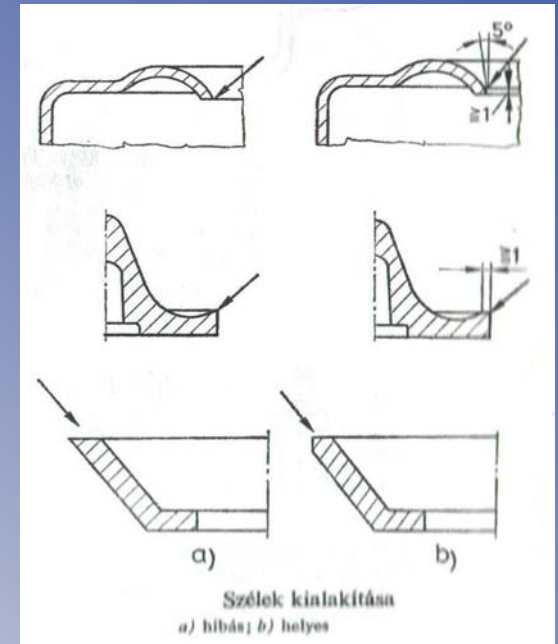


# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

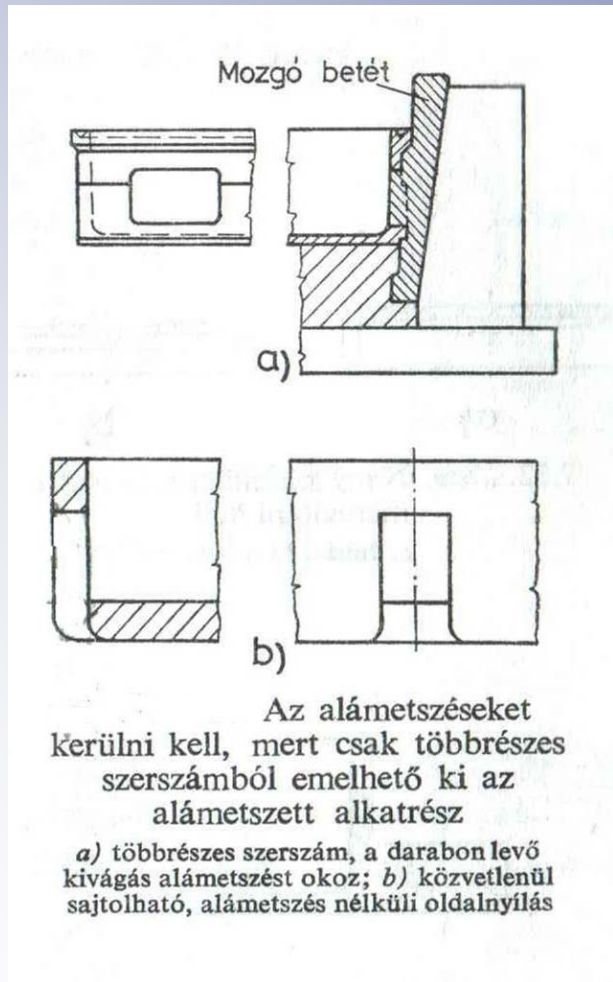
Polimer termékek tervezése 10.előadás



## Bordák, peremek, szélek kialakítása



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

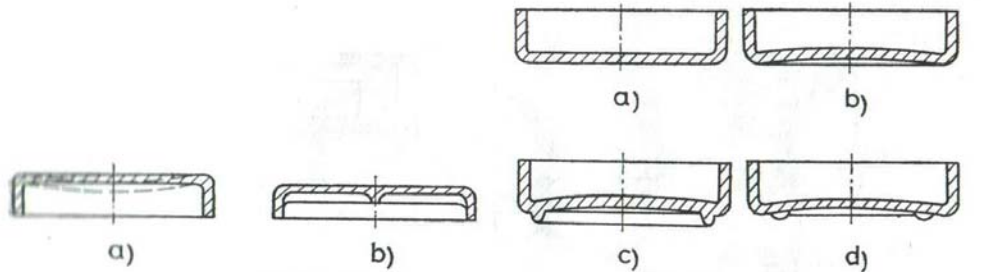


## Alámetszések hátrányai:

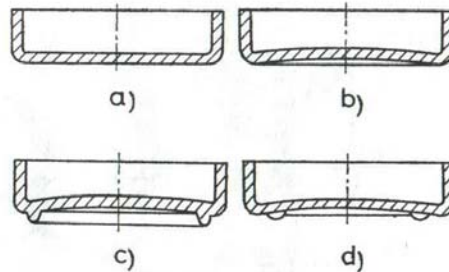
- bonyolítják a szerszámot,
- munkaigényesebb a szerszámkészítés,
- csökkentik a pontosságot,
- hosszabbítják a sajtolási ciklust,
- növekszik a sorjaképződés,
- stb.

# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10.előadás

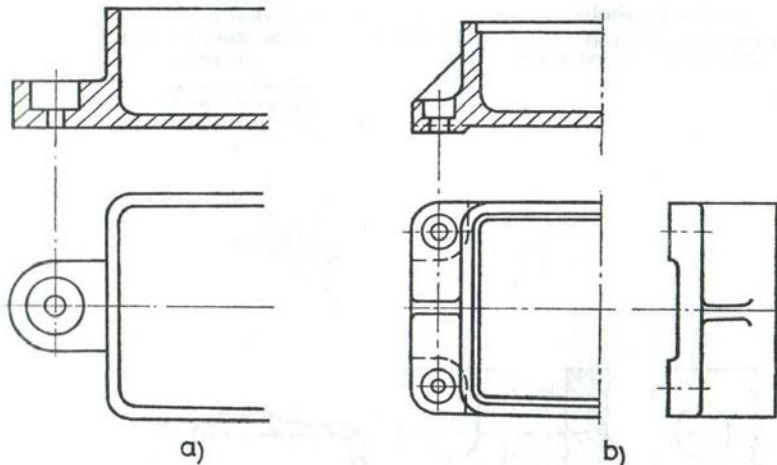


Nagy síkfelület vetemedik, merevíteni kell  
a) hibás; b) helyes



Felfekvő felület kialakítása

a) hibás; b) megfelelő, az ívelt kiképzés csökkenti a billegés és vetemedés veszélyét; c) megfelelő, a perem lehetőséget ad a síkba munkálásra; d) leghelyesebb, ha az alkatrész három ponton (szemeken) fekszik fel



Talpak kialakítása  
a) hibás; b) helyes

## Nagyméretű sík felületek kialakításai

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 24 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

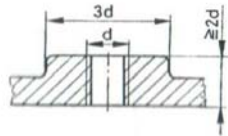
Magyarország célba ér



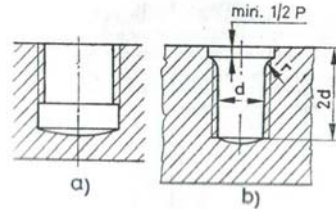


# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 10.előadás



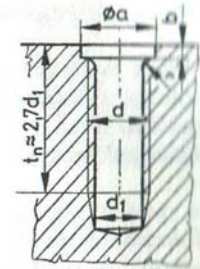
Rögzítőmenet környezetének kialakítása sajtoló alkatrészben



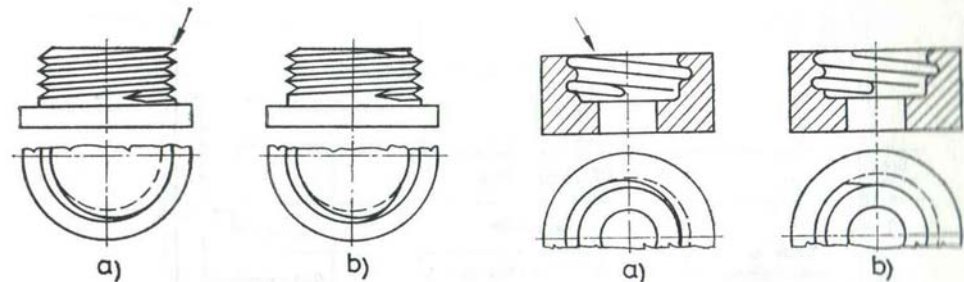
Meneteket M 2,6-tól sajtolunk, és a sajtoló meneteket előnyben kell részesíteni a metszett menetekkel szemben  
a) hibás; b) helyes

Metszett menetek javasolt méretei a VDI 2001 szerint

$d$	$d_1$	$r_n$	$a$	$b$	$r$
M 2,6	2,2	6	2,9	0,2	0,2
M 3	2,5	7	3,4	0,3	0,2
M 3,5	2,9	8	4,0	0,3	0,3
M 4	3,3	9	4,5	0,4	0,3
M 5	4,1	11	5,5	0,4	0,4
M 6	4,9	13	6,5	0,5	0,5
M 8	6,6	18	8,6	0,6	0,6
M 10	8,3	22	10,7	0,8	0,7



## Menetes részek kialakítása



Külső menet kialakítása

a) hibás, a jelölt helyen törik a menetet; b) helyes

Belső menet kialakítása

a) hibás, a jelölt helyen törik a menetet; b) helyes

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezetek Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 25 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

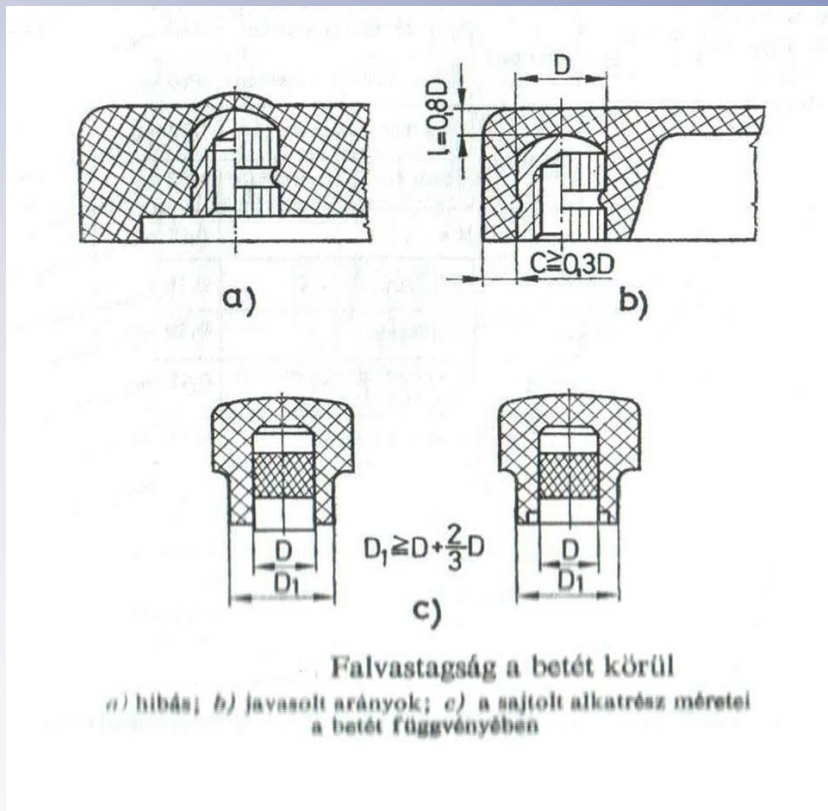
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Betétek tervezési alapelvei

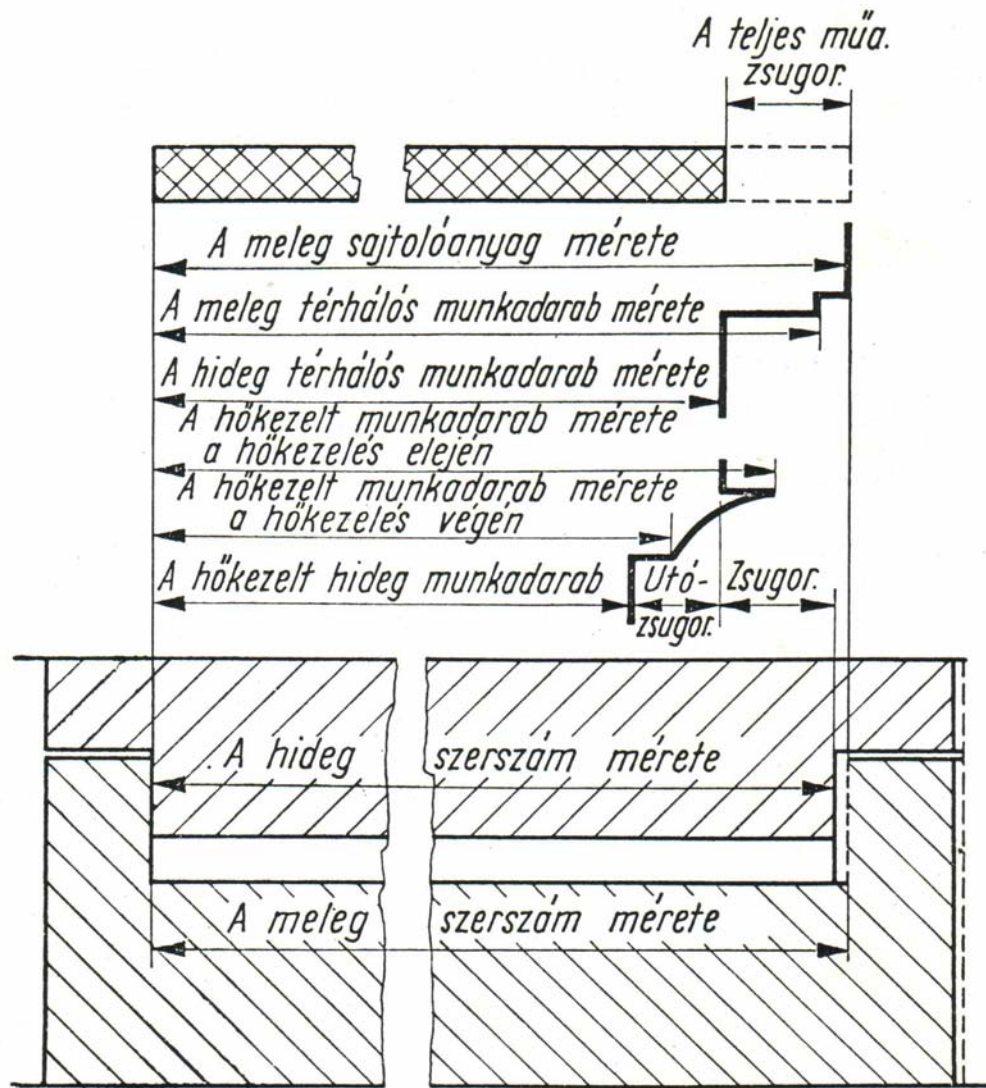
- nem olcsóbb-e utólag beültetni?
- a betét tömege minél kisebb legyen,
- ne helyezzük a betétet túl közel a darab széléhez,
- alakkal záró kapcsolatot tervezni,
- a szerszámba könnyen betehető legyen,
- ne mozdulhasson el a szerszámban,
- a betétet körülvevő fal ne legyen túl vékony.



## Betétek elhelyezési arányai

# Polikondenzációs műanyagok zsugorodása és utózsugorodása

Polimer termékek tervezése 10.előadás



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

## Megjegyzés:

Bár az adatokat a különféle szabványok és műszaki irányelvek gondos elemzése, valamint a gyakorlati tapasztalatok alapján állítottuk össze, azok csak irányelveknek tekinthetők, és nem helyettesítik az alkotó gondoldást, a tervezői találékonyságot, az újszerűre való törekvést.

Az irányelveket, a javaslatokat, a gyártmányszerkesztő a saját tapasztalataival kiegészítve hasznosíthatja a legjobban.



# 11. előadás

## Anyag- és gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

### 3. rész. Hőre lágyuló polimerek

Gyártáshelyesnek az a működési követelményeknek megfelelő termék tekinthető, amely az adott vállalati körülmények között és adott gyártási mennyiség esetén a legkisebb gyártási költséggel állítható elő.

## Fröccsöntött alkatrészek gyárthatósága

(Ellenőrzési segédlet)

*Lehetséges anyagok*

*Lehetséges eljárások, gépek*

*Gazdasági és kereskedelmi tényezők*

Darabszám: egyedi gyártás,  
kissorozat,  
nagyszorozat

Költségtényezők (komplex elemzés)

Raktárkészletek: anyag,  
szerszámelemek

Beszerezhetőség

*Külső kialakítás*

Darabrajz: fő méretek,  
csatlakozó méretek,  
tűrések,  
tömeg

Beömlőrendszer: helye,  
módja

A szerszámosztás lehetősége, sorja-  
képződés

Összekapcsolási helyek

Falak lejtése, ill. kúposága

Megfelelő falvastagság, ill. falvastagsági  
arányok, folyási úthossz

Elkerülhető anyagtorlódás

Megfelelő anyagáramot lehetővé tevő átmenetek.  
(vékonyodás, élek, sarkok lekerekítése stb.)

Elkerülhető részletek (pl. felöntések)

Megfelelő szem-, perem- és bordakiképzés

Elkerülhető alámetszések

Elkerülhető magok, betétek, oldalbetétek

Furatok, nyílások, kimetszések kialakítása

Menetes részek kialakítása, pontossága

Betétek, csavarok elhelyezése, alakja

Felületi követelmények

Tűrések, méretpontosság, illeszkedő részek

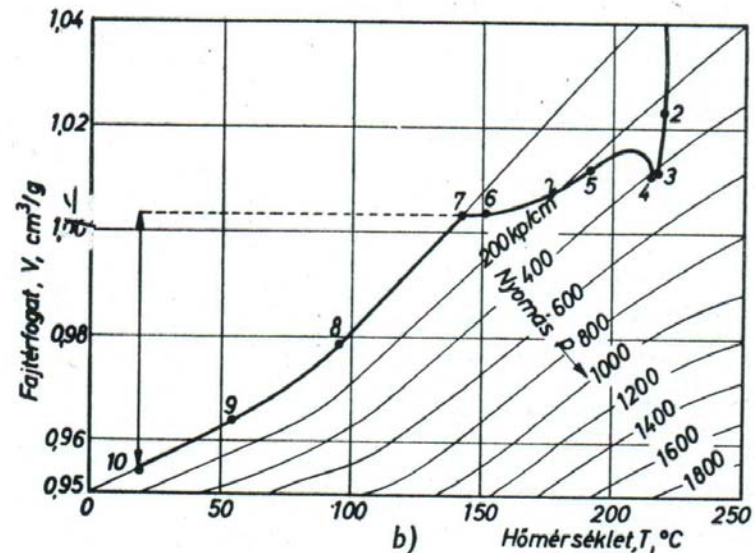
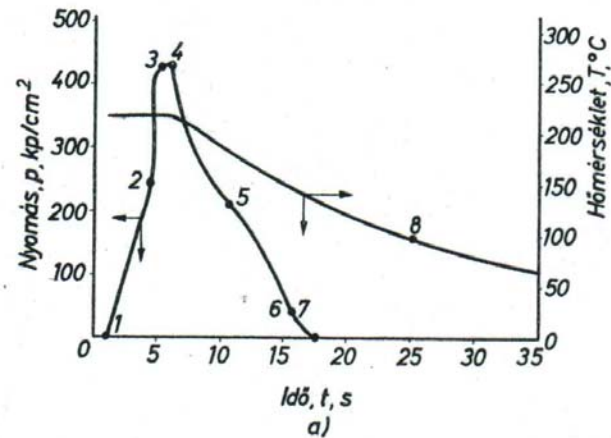
Megmunkálási ráhagyás

*Egyedi kívánások*

*Irodalom*

# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



pVT diagram

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszl.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 4 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

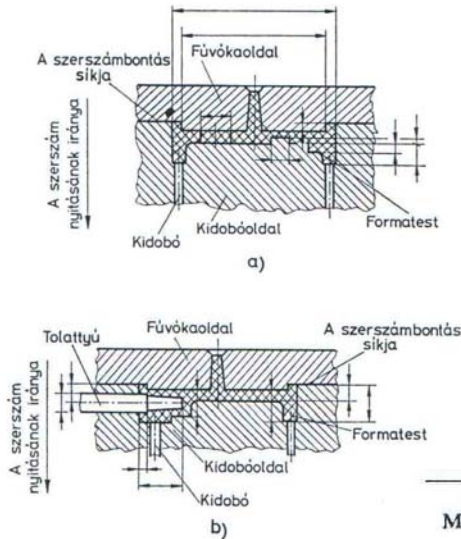




# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás

## Hőre lágyuló fröccsöntött termékek mérettűrései



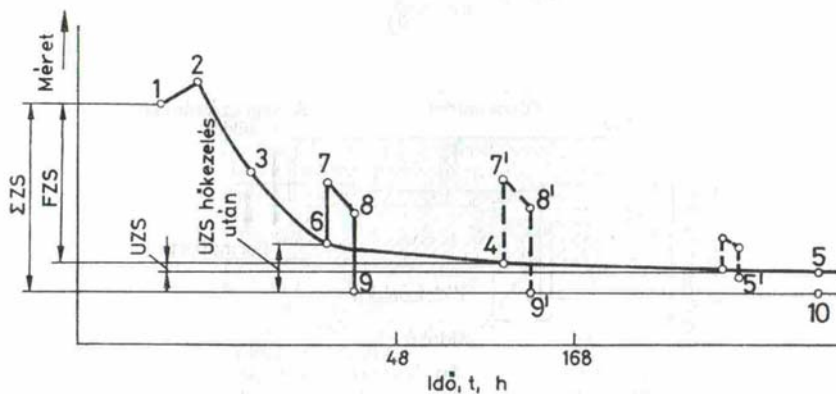
Mérethatárok		A szerszám mozgásától független méretek előírható tűrései a) ábra		A szerszám mozgásától függő méretek előírható tűrései b) ábra
felett	-ig	Minden méret (falvastagság és menet kivételével)*	Menet	Minden méret (falvastagság kivételével)*
0	6	$\pm 0,1$	Métermenet esetén az MSZ 204 szerinti durva minőség, Whitworth menet esetén az MSZ 201 szerinti durva minőség	$\pm 0,2$
6	18	$\pm 0,16$		$\pm 0,25$
18	30	$\pm 0,2$		$\pm 0,3$
30	50	$\pm 0,3$		$\pm 0,5$
50	80	$\pm 0,4$		$\pm 0,7$
80	120	$\pm 0,6$		$\pm 0,9$
120	180	$\pm 1,0$		$\pm 1,2$
180	250	$\pm 1,2$		$\pm 1,5$
250	500	Megegyezés szerint		Megegyezés szerint

**Megjegyzések:** \*A falvastagság tűréseire a gyártó és a felhasználó közötti esetekénti megállapodás előírásai vonatkoznak.  
A megengedett eltérések legfeljebb 2,5 mm falvastagságú tárgyakon tarthatók be.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



7.55. ábra. Az egyes tényezők hatása a fröccstermék összehúzódására

1 a hideg szerszám mérete; 2 a meleg szerszám mérete; 3 a fröccsöntött alkatrész mérete röviddel a formázás után; 4 az alkatrész mérete szabványban előírt idő után (pl.; az alkatrész gyártása után 24...168 h)  
 1-4 (FZS) feldolgozási zsugorodás 5 ill. 5' az alkatrész igen hosszú, 5 szobahőmérsékleten, ill. 5' melegmegmunkálás után; 4-5(5') UZS utózsugorodás, 6 az alkatrész mérete esetleges melegen tartás (hőkezelés) előtt; 9 az alkatrész mérete a melegen tartás után; 6-9 utózsugorodás a melegen tartás miatt (7, 8 a méret a melegen tartás alatt); 10 a rövid ideig hőkezelt alkatrész mérete hosszú raktározási idő után; 9-10 utózsugorodás hőkezelés után, 1-9 a hőkezelt alkatrész teljes FZS + UZS zsugorodása

## Különbféle műanyagok FZS zsugorodása feldolgozáskor

Műanyag	Zsugorodás, FZS, %
Polisztirol (PS)	0,3...0,6
Sztirol-akrilnitril kopolimer	0,4...0,7
Akrilnitril-butadien-sztirol	0,4...0,7
Polietilén (PE)	1,2...2,8
Polipropilén (PP)	1,2...2,5
Poli(metil-metakrilát) (PMMA)	0,3...0,7
Poliamid (PA)	0,7...2,0
Cellulóz-acetát (CA; CAB; CP)	0,4...0,7
Polikarbonát (PC)	0,6...0,8
Kemény-PVC (H-PVC)	0,4...0,7
Poliacetal (PoM)	1,8...3,0
Poliuretán-elastomer (PUR)	0,8...1,8
Polietilén-tereftalát (PETP)	1,2...2,0

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 6 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
 HEFOP 3.3.1

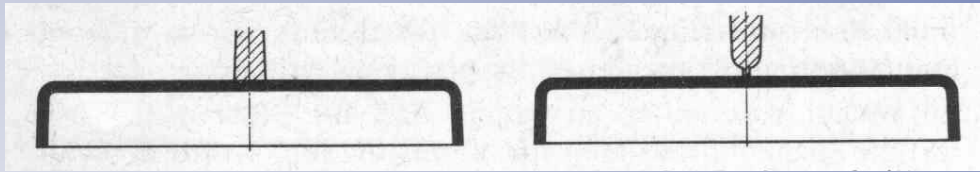
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



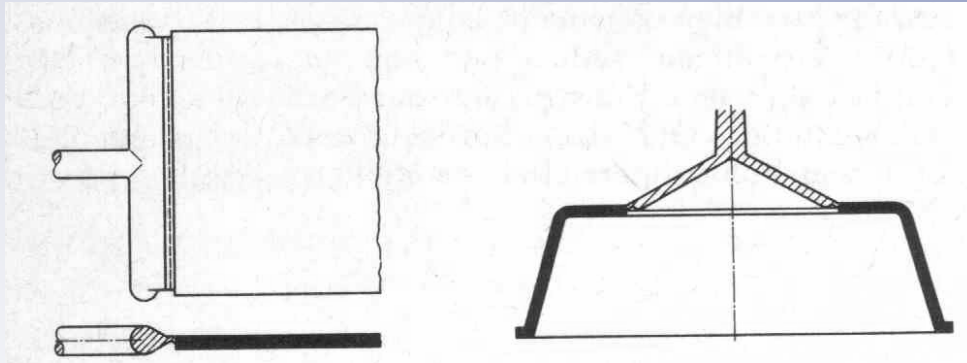
# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



Rúdbeömlés

Pontbeömlés



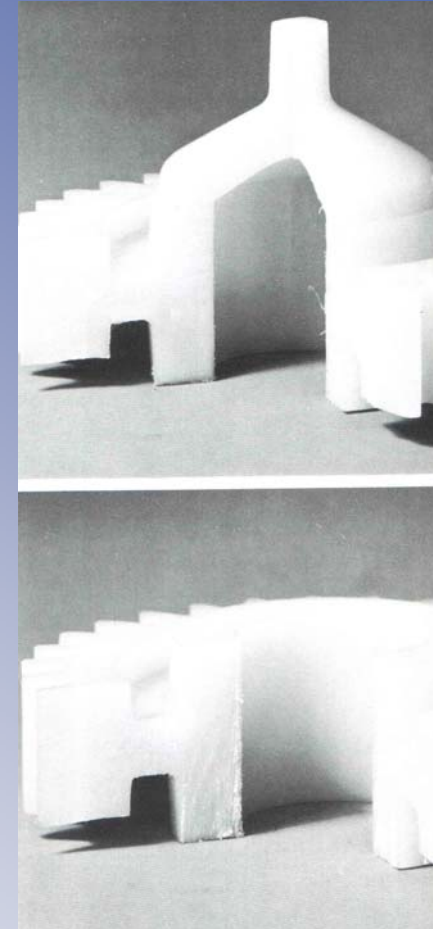
Filmbeömlés

Ernyőbeömlés



Jó

Különleges



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 7 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

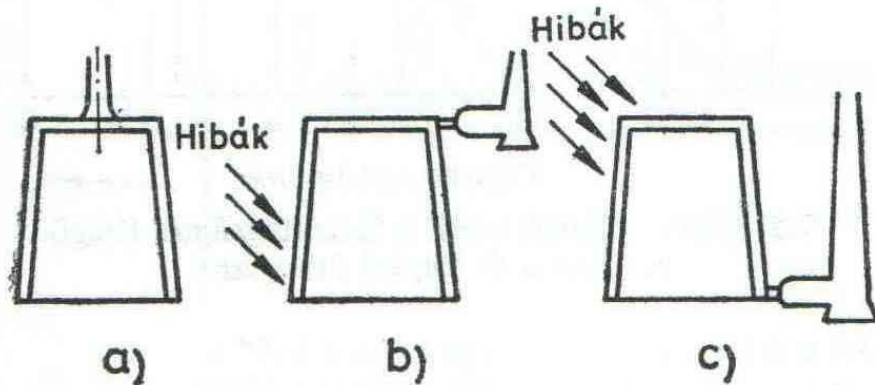
Magyarország célba ér





# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

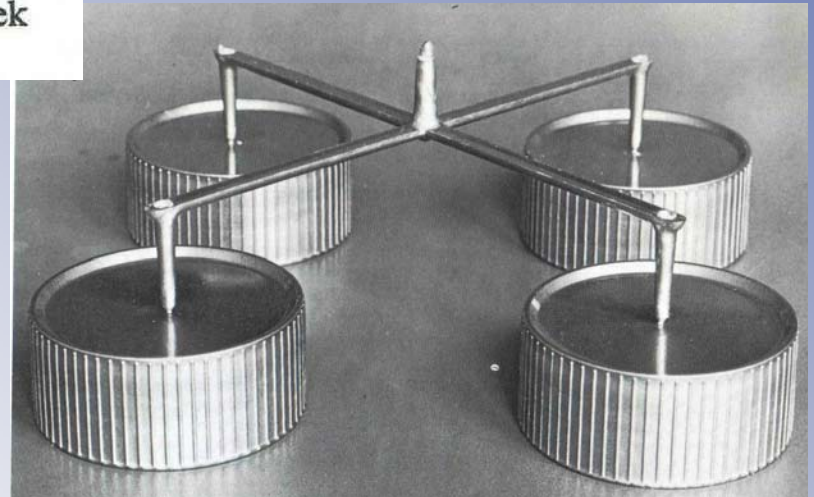
Polimer termékek tervezése 11.előadás



Csésze alakú darabon célszerű középre tenni a pont- (tű-)beömlést, mert különben légzárványok és a minőséget rontó összecsapási felületek képződhetnek

a) helyes; b) kevésbé helyes; c) hibás

## A beömlő rendszer helye, módja



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 8 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

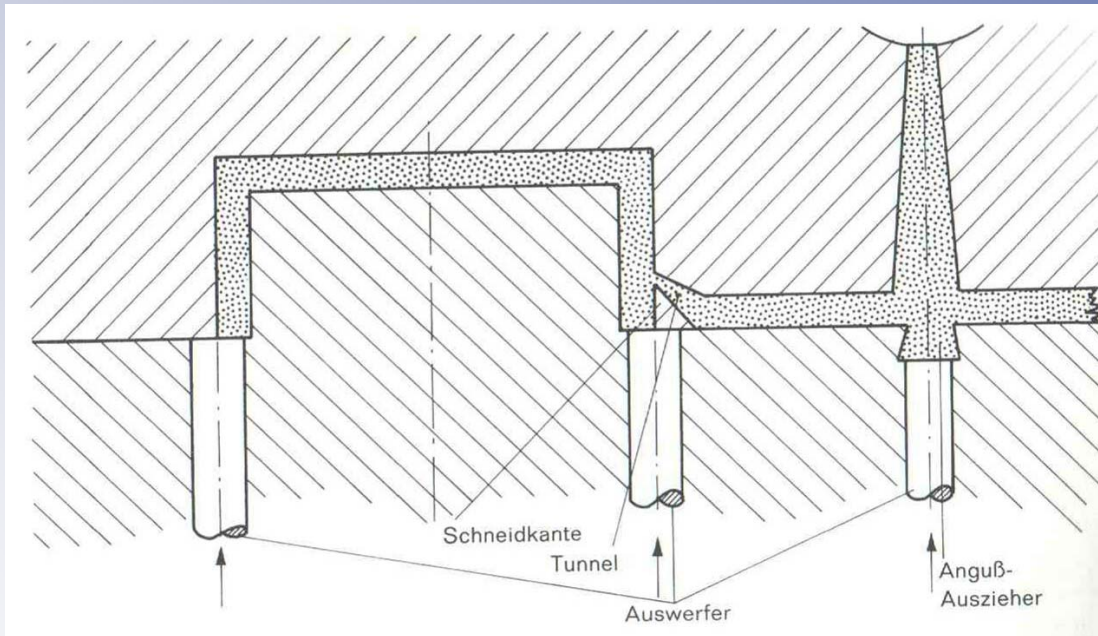
Magyarország célba ér





# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



## Beömlőrendszer helye és módja

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 9 Főlia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

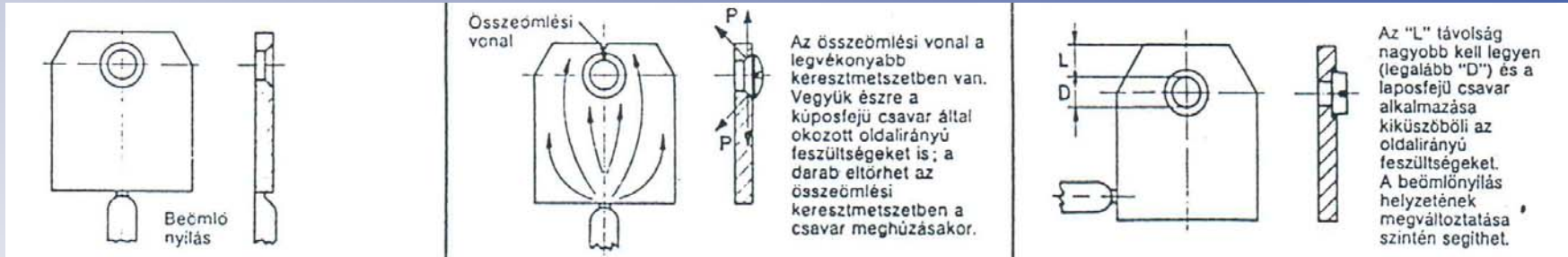
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

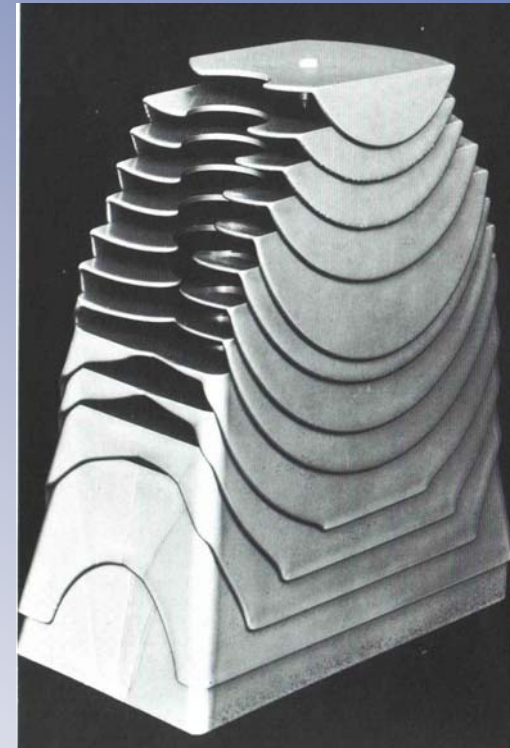


# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



Összecsapási gond, gyenge hely, esztétikai hiba



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

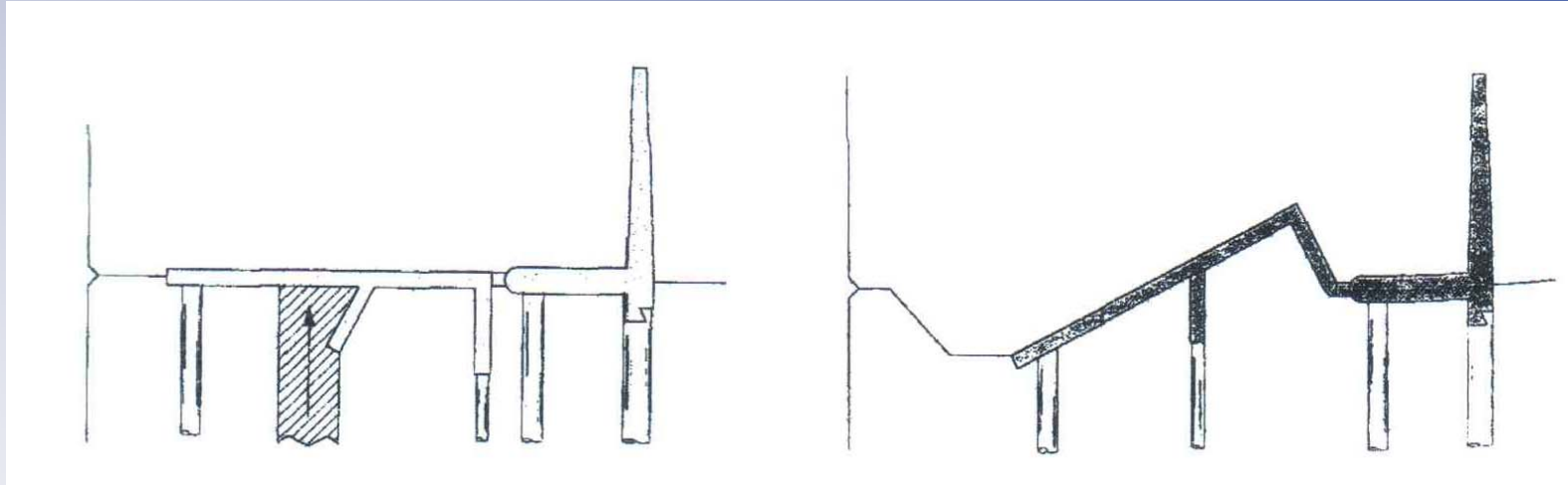
© BME, GSZI 2006.09.15 10 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

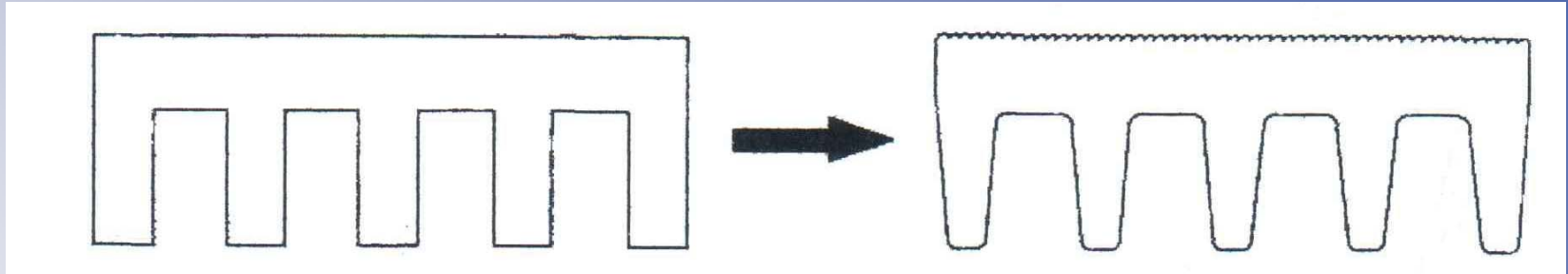
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





Szerszámosztás lehetőségei, osztósík kiválasztása  
Összetettebb osztósík



Falak lejtése, kúpossága, sarkok lekerekítése



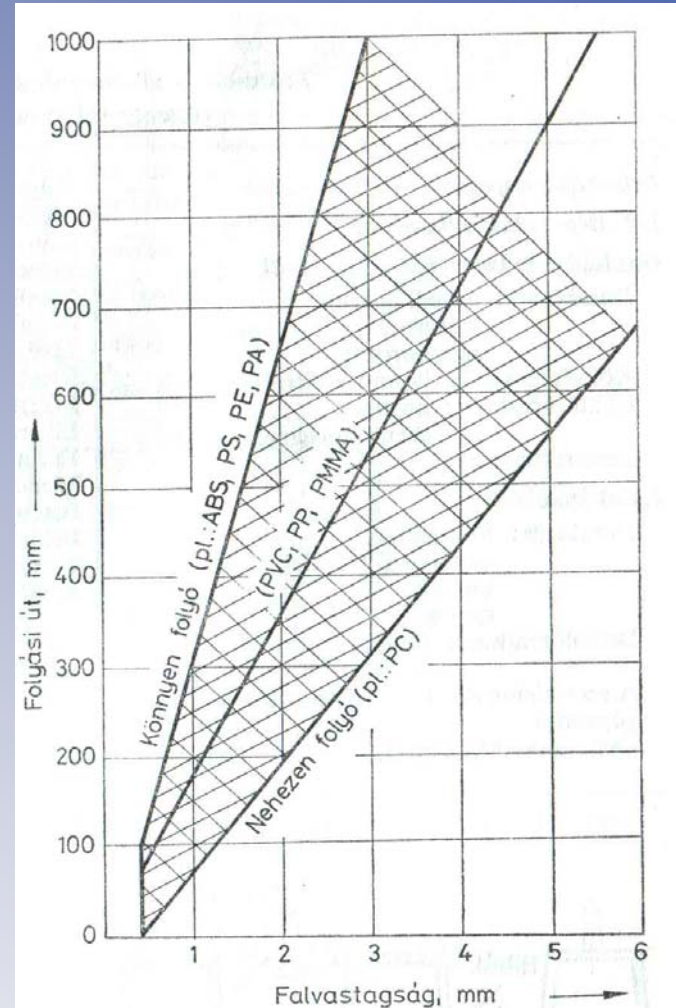
Irányelvek a falvastagságra ill. a falvastagsági arányokra

- általában: ne tervezzünk 0,4-0,5 mm-nél vékonyabb, 6-8 mm-nél vastagabb falú fröccstermékeket,
- a fröccsdarabok érzékenyek a falvastagságbeli különbségekre,
- törekedjünk egyenletes falvastagságra.
- fröccsdaraboknál a megengedett legnagyobb falvastagság eltérés max. 50%.

# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás

Irányértékek a falvastagságtól függő leghosszabb folyási úthosszra



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gsz i.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 14 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

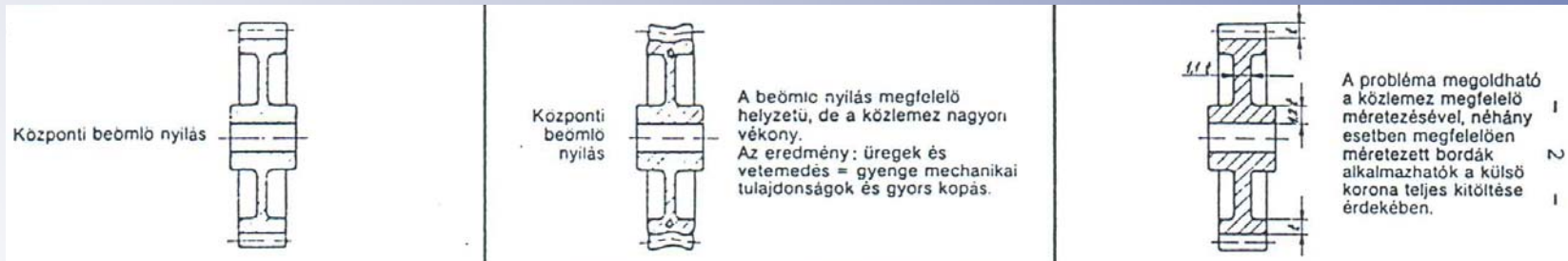
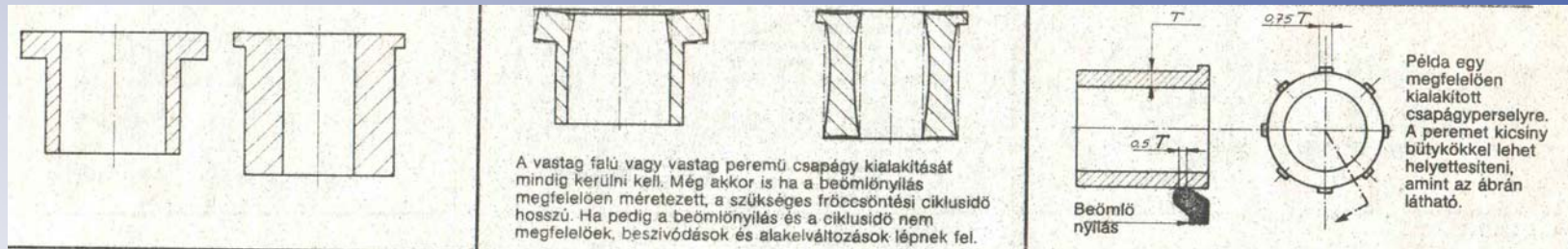
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépészerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 15 Fólia

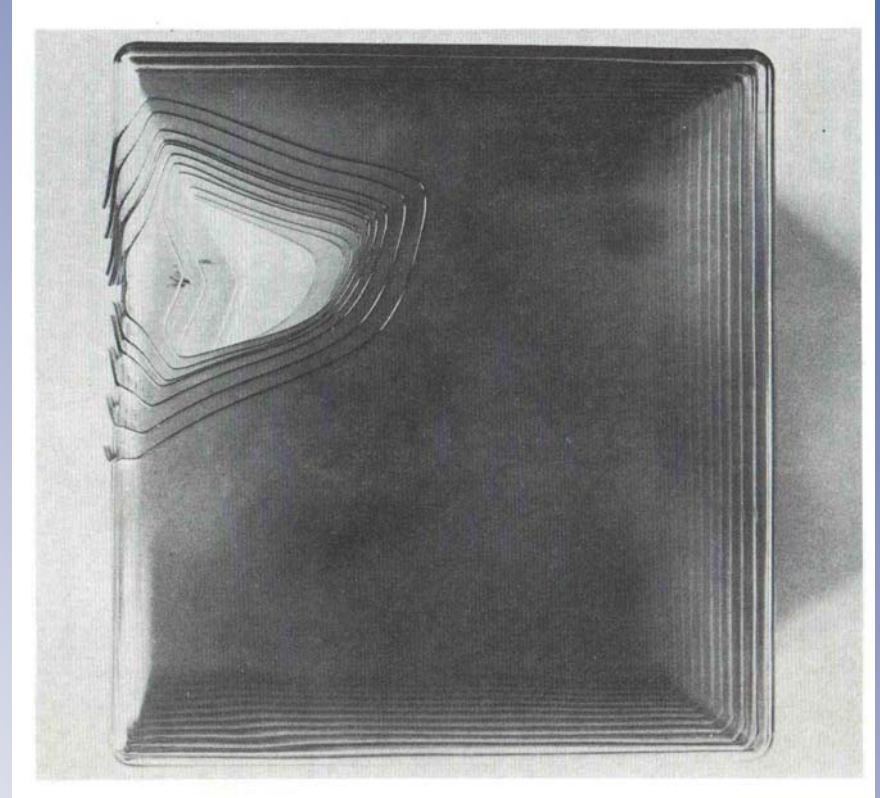
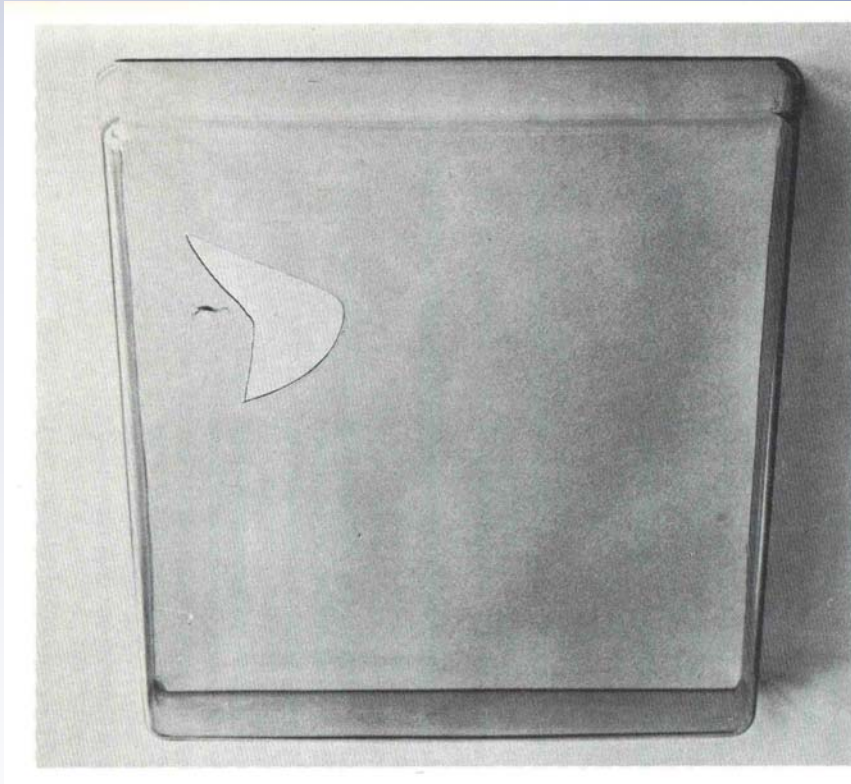
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Irányelvek a falvastagságra ill. a falvastagsági arányokra

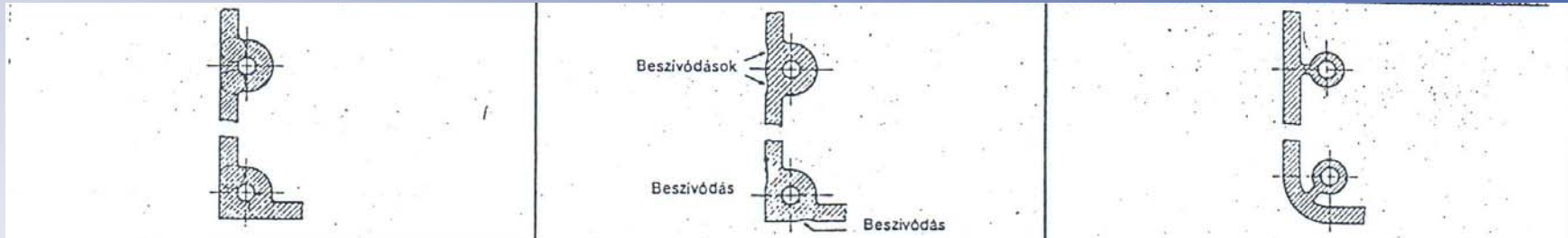


Rosszul választott peremvastagság, az anyag „előreszalad”



# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



Kerüljük az anyagtorlódásokat, mert beszívódásokat, vetemedéseket okoz



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 17 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

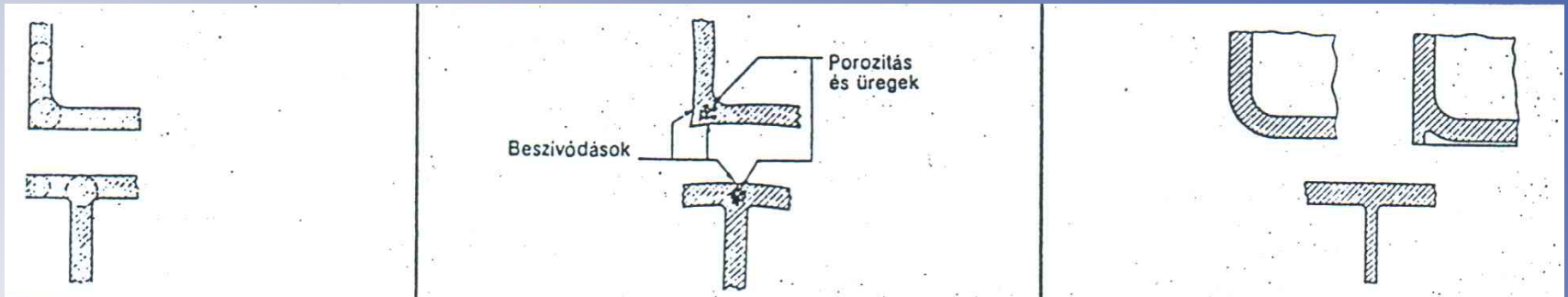
Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



Megfelelő anyagáramot biztosító átmeneteket tervezzünk.

Kerüljük az éles sarkokat.

Alkalmazzuk a „beírt körök” módszerét.

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 18 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

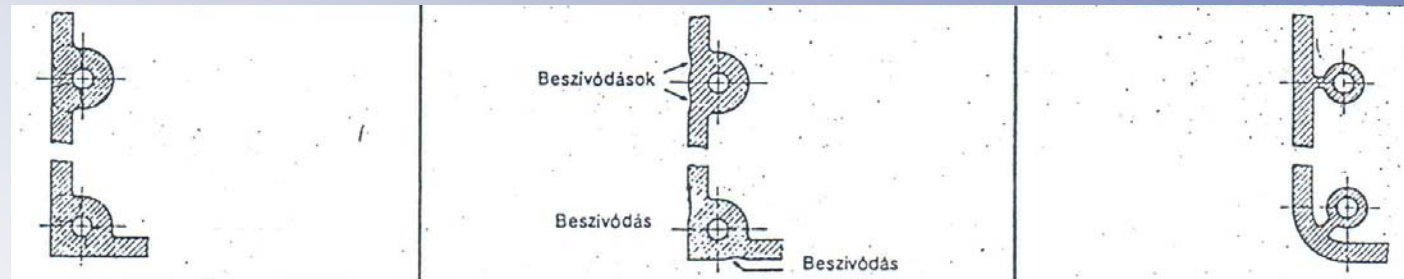


## Példák a megfelelő

perem

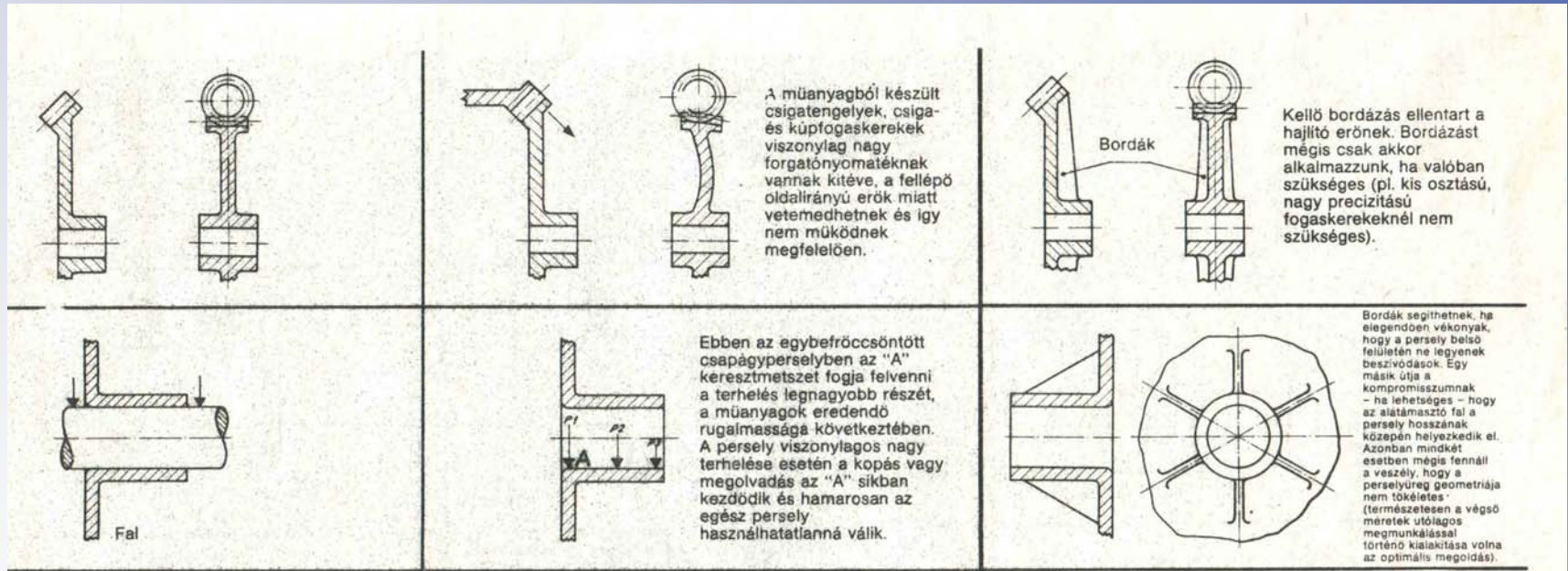


szem



kialakításra

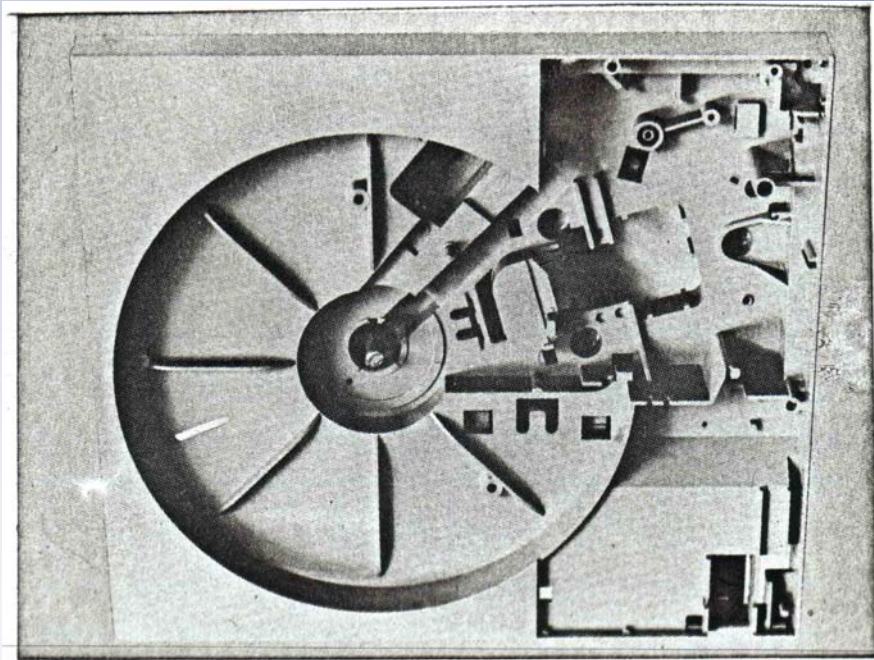
## Példák bordakialakításokra



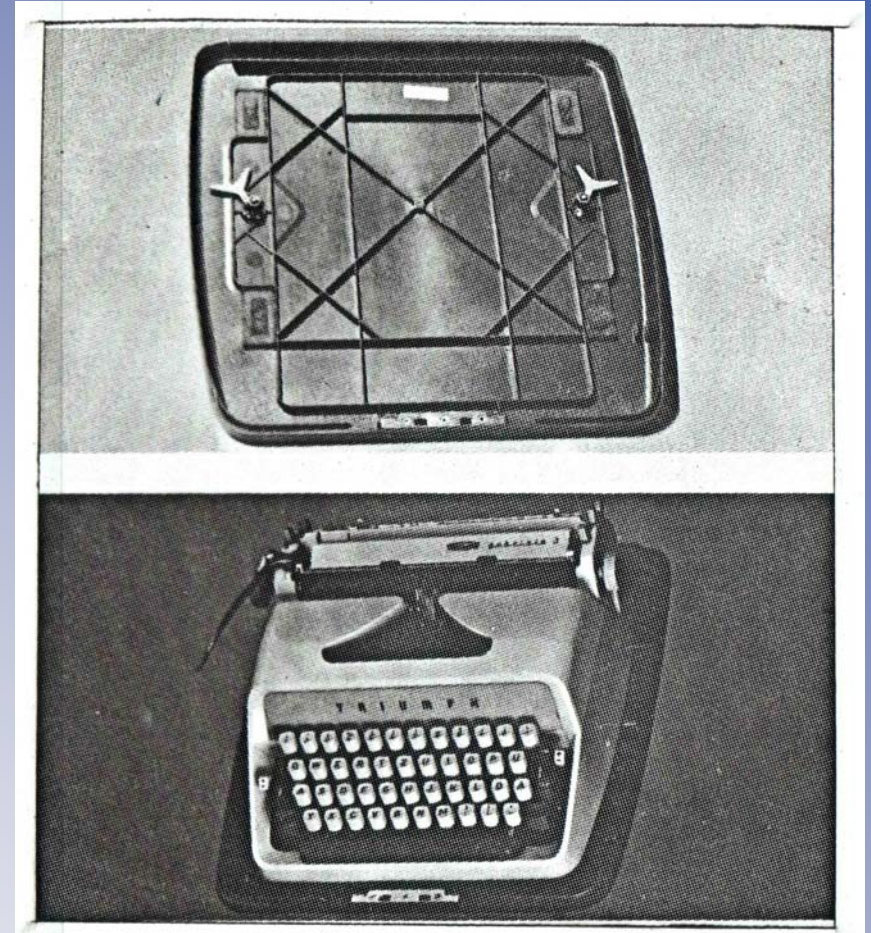


# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás



Nagy sík felületek  
bordázása



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet-tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 21 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

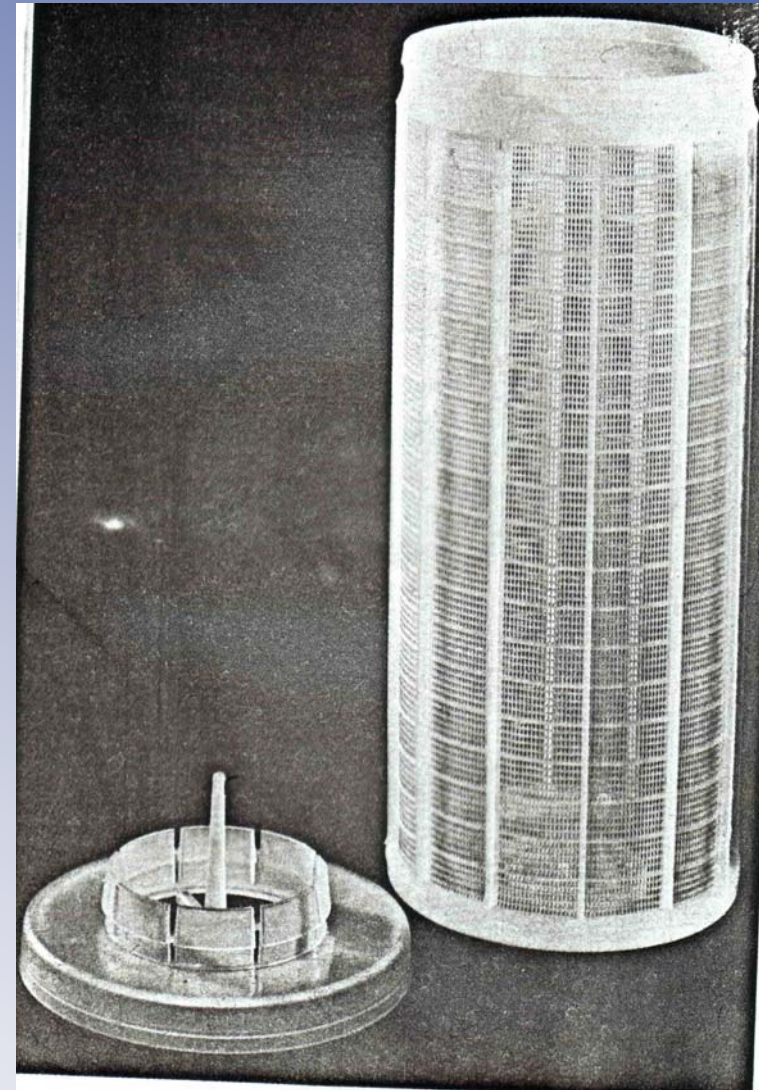
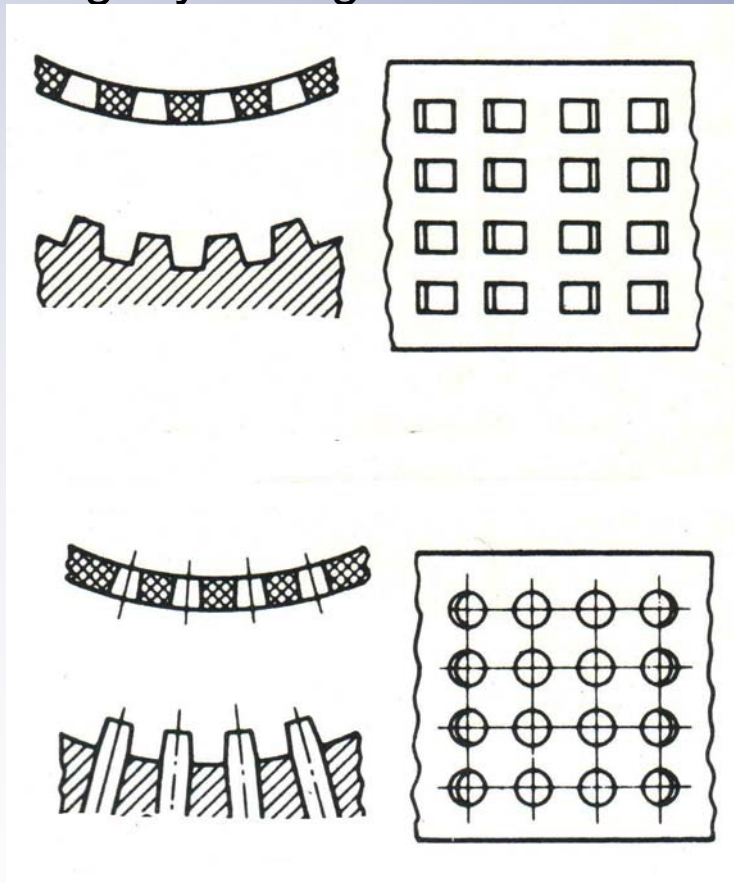




# Gyártáshelyes alkatrésztervezés elvei és módszerei

Polimer termékek tervezése 11.előadás

Kerüljük a szerszámban az  
oldalbetéteket, magokat  
igénylő megoldásokat



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 22 Fólia

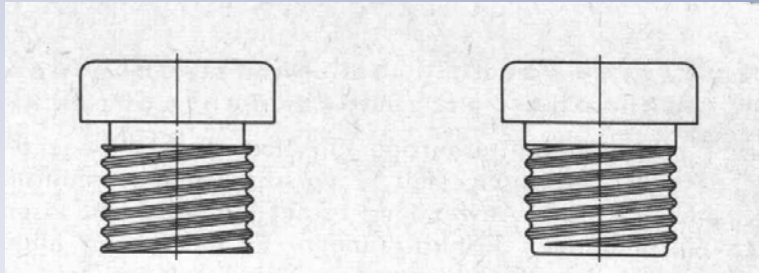
Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

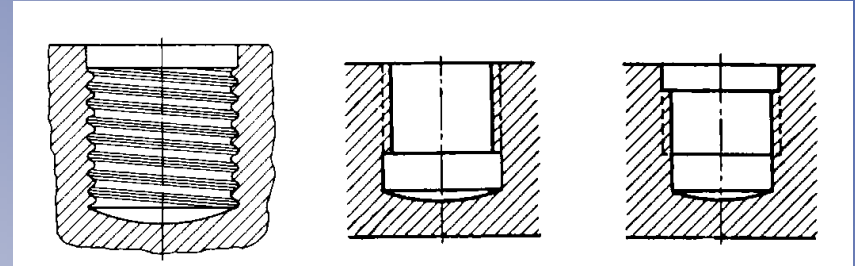


## Példák menetes részek kialakítására



Hibás

Jó

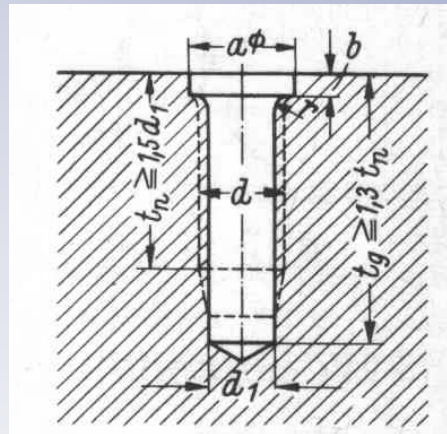


Jó

Hibás

Jó

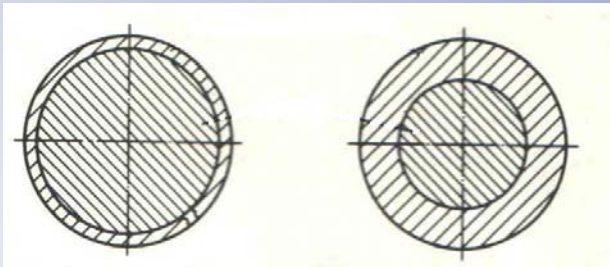
Irányértékek  
menetkialakításra



$d^*)$	$d_1$	$t_g$	$t_n$	$a$	$b$	$r$
M 2,6	2,16	4	3	2,9	0,2	0,2
M 3	2,55	4,5	3,5	3,4	0,3	0,2
M 3,5	2,95	5,5	4	4,0	0,3	0,3
M 4	3,3	6	4,5	4,5	0,4	0,3
M 5	4,2	8	6	5,5	0,4	0,4
M 6	4,9	9,5	7	6,5	0,5	0,5
M 8	6,6	13	9,5	8,6	0,6	0,6
M 10	8,3	16	12,5	10,7	0,8	0,7

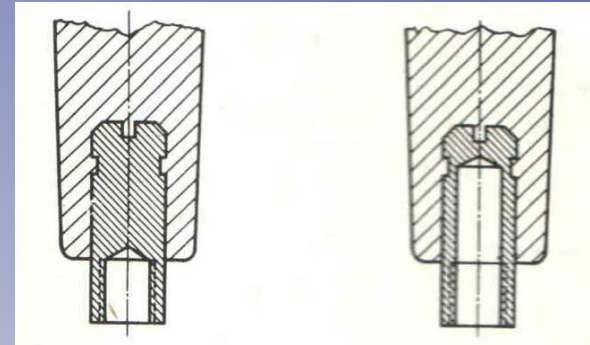


## Betétek csavarok elhelyezése, kialakítási elvei



Hibás

Jó



Hibás

Jó

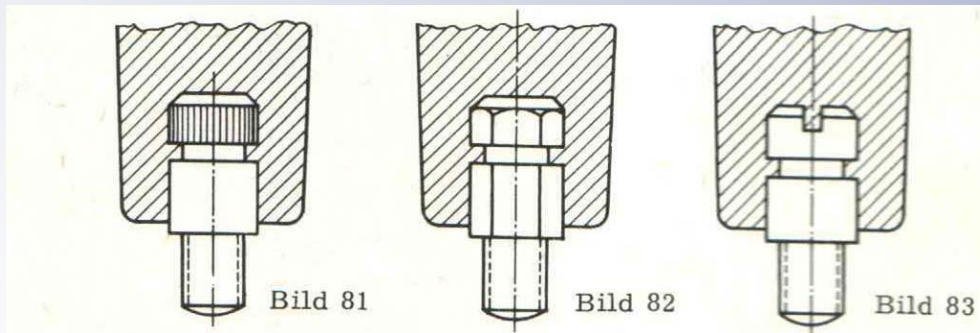


Bild 81

Bild 82

Bild 83

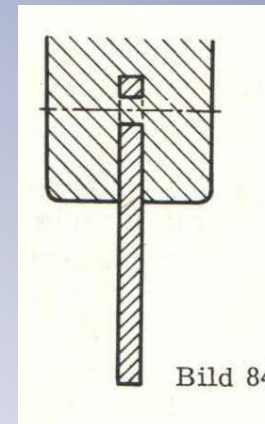


Bild 84

## Elcsavarodás ellen alakkal záró kötések



# 12. előadás

## Polimer szerkezeti elemek tervezése szakaszosan változó terhelésre

### Axiális járókerék (ventilátor) példája

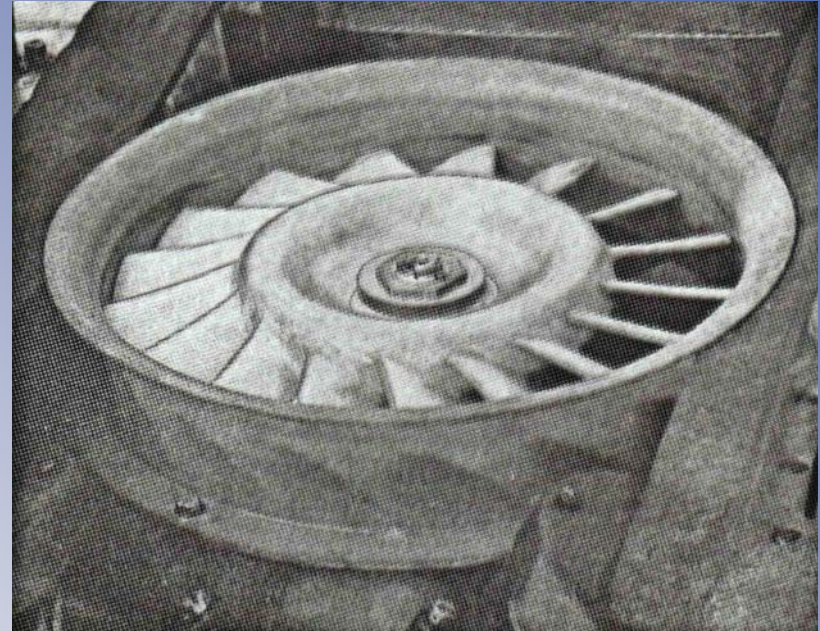
(Tantermi gyakorlat)

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



**8-19. ábra.** Fémkokillába öntött METAMID ventilátorlapát

Lapáthossz: 190 mm. Lapáttó szélesség: 145 mm.  
(Ganz-MÁVAG)



## Axiális járókerekek

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 2 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Elemzés szempontjai:

- Alkalmazási területek, követelmények!
- A tönkremenetel lehetőségei?
- Anyagválasztás?
- Gyártási eljárás?
- Méretezés/ellenőrzés elvei, modelljei, módszerei?
- Minőség-ellenőrzés (verifikálás/validálás) módszere?

# 13. előadás

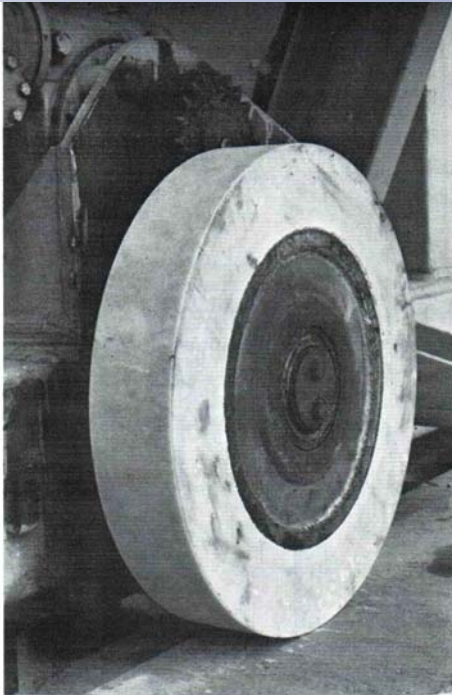
## Polimer szerkezeti elemek tervezése ismétlődő igénybevételre

### Görgők, fogazott elemek példái

(Tantermi gyakorlat)

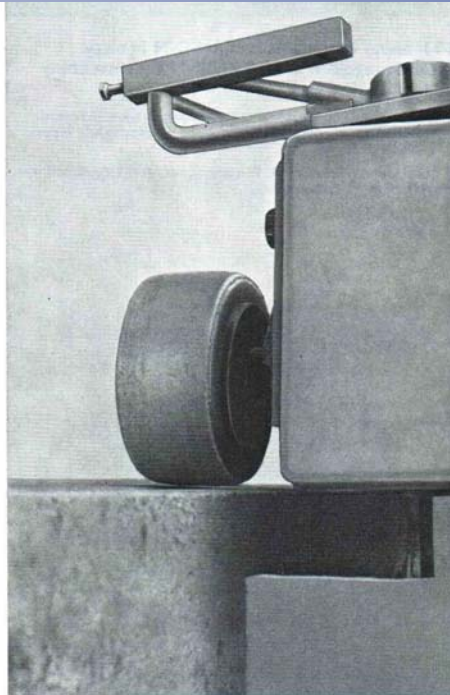
*Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba*





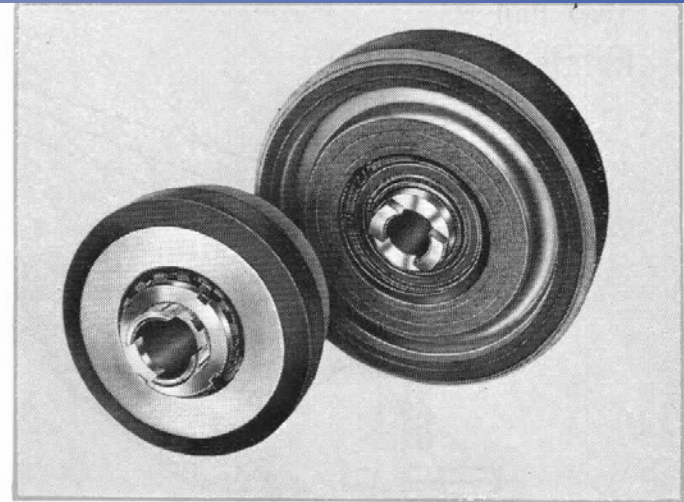
**8-11. ábra.** Szennyvíztisztítómű hídszerkezetének görgői METAMID-L-ből

Főméretei: átmérő: 400 mm; szélesség: 70 mm; koszorúvastagság: 70 mm. A koszorút az acélagyra közvetlenül ráöntötték (Szekszárdi Víztisztítómű)



**8-12. ábra.** Szennyvíztisztítómű hídszerkezetének vezetőgörgője

A 200 mm átmérőjű és 30 mm vastagságú METAMID-L koszorút fémagra öntötték (Szekszárdi Víztisztítómű)



**8-10. ábra.** A metró-mozgólépcsők szállító- (a) és segéd- (b) görgői

Főméretei: a) 180 × 50 mm; b) 105 × 20 mm. A segédgörgők futófelületének fele szélességére gumit vulkanizáltak (Kalloplast). Egyenes szakaszon a gumin, kanyarban a METAMID-on gördül. Élettartam legalább 100 000 km. Futópálya hidegen hengerelt, fényes, C45 minőségű acélszalag. Névleges terhelés 1500 N.

## Különféle görgők

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 2 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





## Szállító-rostély görgők

Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 3 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv

HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér

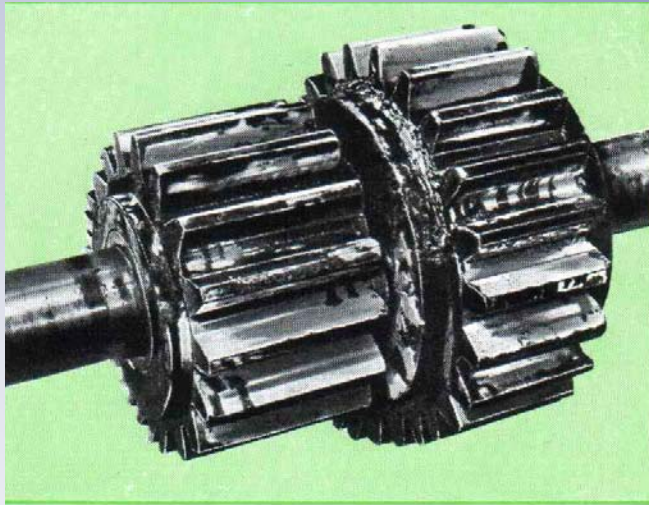


## Elemzés szempontjai:

- Alkalmazási területek, követelmények!
- A tönkremenetel lehetőségei (FMEA)?
- Geometriai/mechanikai modellek?
- Anyagválasztás?
- Gyártási eljárás?
- Méretezés/ellenőrzés elvei, modelljei, módszerei?
- Minőség-ellenőrzés (verifikálás/validálás) módszere?



## Fogazott elemek példái



**16. ábra.** Finomító hengerszék fogaskerekei évi üzem után kiserelve

$P=31$  kW;  $n=975$ /min; modul=16; fogsám: 21, ill. 16.  
fogaskerekek  $T=50..60$  °C-on üzemeltek. Számottevő kopás,  
nyelvény felületi rongálódás nem tapasztalható  
(GV Tauril Gumigyár)



**17. ábra.** Globoid csigakerék koszorú ETAMID-N-ből

$P=7$  kW;  $n=25$ /s; modul=6 mm; kerékfogsám=31;  
méréhányados=6; tengelytáv=120 mm; hatásfok 80%; [27]  
tervező és felhasználó: Építőgépgyártó Vállalat 4. sz. Gyáregysége



## Elemzés szempontjai:

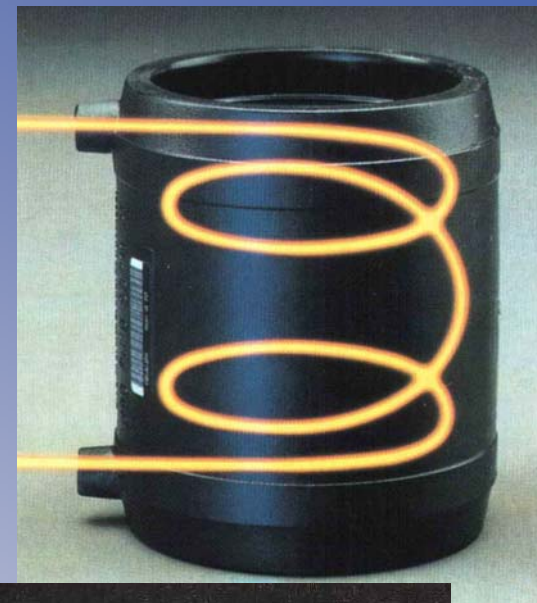
- Alkalmazási területek, követelmények!
- A tönkremenetel lehetőségei (FMEA)?
- Geometriai/mechanikai modellek?
- Anyagválasztás?
- Gyártási eljárás?
- Méretezés/ellenőrzés elvei, modelljei, módszerei?
- Minőség-ellenőrzés (verifikálás/validálás) módszere?

# 14. előadás

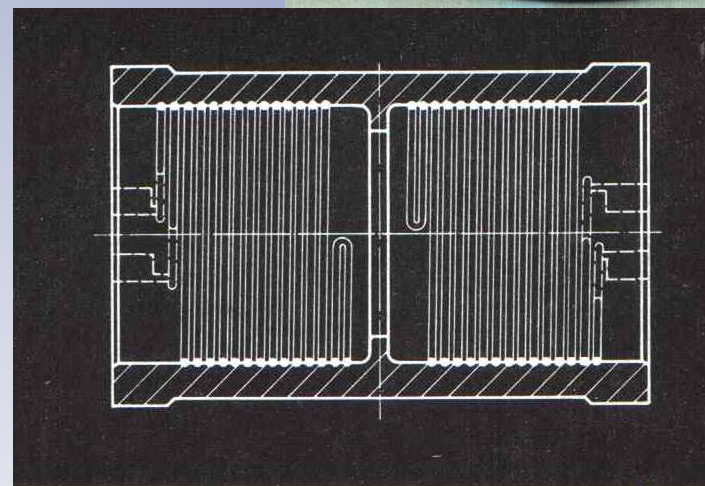
## Polimer-fém kapcsolatok (kötések) tervezése/ellenőrzése

### Hegesztett csőkötések; ragasztott kötések

(Tantermi gyakorlat)



## Hegesztett csőkötések és élettartam vizsgálatauk



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gép szerkezet tani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 2 Folia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Hegesztett gázcsövek példája

### Elemzés szempontjai:

- Alkalmazási területek, követelmények!
- A tönkremenetel lehetőségei (FMEA)?
- Anyagválasztás?
- Gyártási eljárás?
- Méretezés/ellenőrzés elvei, modelljei, módszerei?
- Minőség-ellenőrzés (verifikálás/validálás) módszere?



## Ragasztott kötés példája pl. Ikarusz karosszéria-elemek



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 4 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér



## Polimer-fém ragasztott kötések

### Elemzés szempontjai:

- Alkalmazási területek, követelmények!
- A tönkremenetel lehetőségei (FMEA)?
- Anyagválasztás?
- Gyártási eljárás?
- Méretezés/ellenőrzés elvei, modelljei, módszerei?
- Minőség-ellenőrzés (verifikálás/validálás) módszere?

Példa hegesztett berendezés tönkremenetelére

Földbe fektetett, hegesztett, szennyvíztisztító berendezés



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba

BME Gépszerkezettani Intézet  
<http://www.gszi.bme.hu>

© BME, GSZI 2006.09.15 6 Fólia

Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv  
HEFOP 3.3.1

Operatív Programja keretében

Magyarország célba ér





Földbe fektetett,  
hegesztett,  
szennyvíztisztító  
berendezés

A föld-teher  
következménye



Dr. Marosfalvi János – Dr. Király Csaba



## Földbe fektetett, hegesztett, szennyvíztisztító berendezés

### Elemzés szempontjai:

- Melyek a tönkremenetel lehetséges okai?