

Képlékenyalakítás 1.

Fémek technológiája

Dr. Orbulov Imre Norbert
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

- Képlékenyalakítás fogalma
- Alakadási lehetőségek
- Melegalakítás vs. hidegalakítás
- Mechanikai alapfogalmak
- Alakítási határgörbék

- Képlékenység: maradó alakváltozás anélkül, hogy az atomok közötti kötés felszakadna
- Képlékeny alakítás:
 - Új geometriai alakra hozás
 - A test tömege változatlan marad (többé-kevésbé)
 - Az anyagfolytonosság nem szakad meg
 - Viszonylag nagy alakváltozás, ipari folyamat
- Cél:
 - Alakadás
 - Tulajdonságok megváltoztatása

- Képlékeny alakítás célja:
 - Alakadás (másolás és generálás)
 - Tulajdonságok befolyásolása
 - $\sigma_{kp} \uparrow$, TTKV \downarrow , $K_{Ic} \uparrow$
- Termomechanikai eljárás
 - Melegalakítás ($T > T_{rekriszt}$, $T > 0,6T/T_{olv}$)
 - Félmeleg alakítás ($T \approx T_{rekriszt}$, $0,3T/T_{olv} < T < 0,6T/T_{olv}$)
 - Hidegalakítás ($T < T_{rekriszt}$, $T < 0,3T/T_{olv}$)
- Kapcsolódó anyagjellemzők
 - Alakítási szilárdság
 - Alakíthatóság

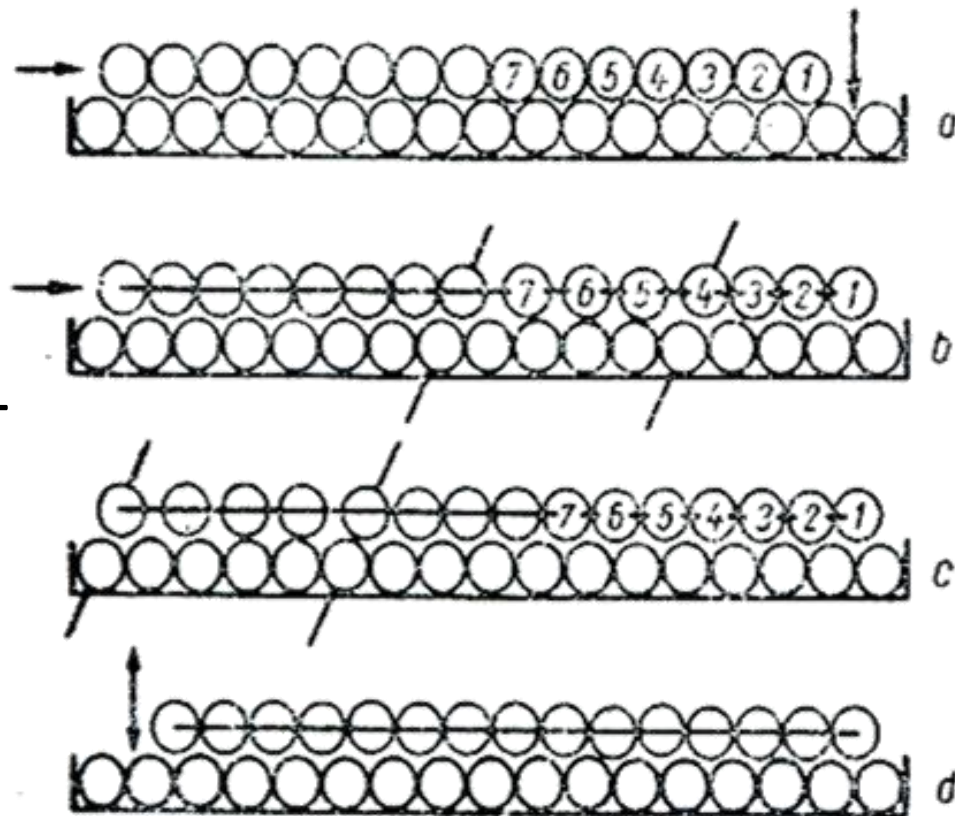
- Alakmásolás
 - egyszerű mozgással az alakos szerszámüregbe sajtoljuk az anyagot: bonyolult szerszám, egyszerű mozgás, a teljes térfogatot egyszerre alakítjuk (nagy alakítóerő)
- Alakgenerálás
 - egyszerű szerszámmal, bonyolult mozgással munkáljuk meg az anyagot, az alakítási zóna csak kis területre terjed ki (kis alakítóerő)

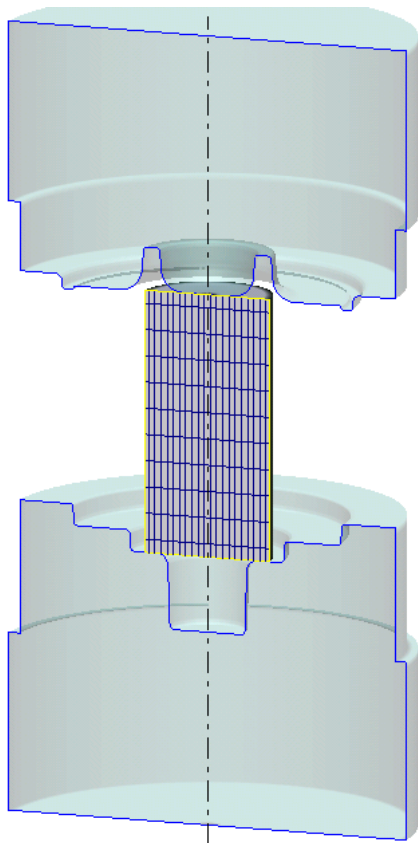
<https://www.youtube.com/watch?v=N2Ntxb98-Ak>

INKREMENTÁLIS ALAKÍTÁS

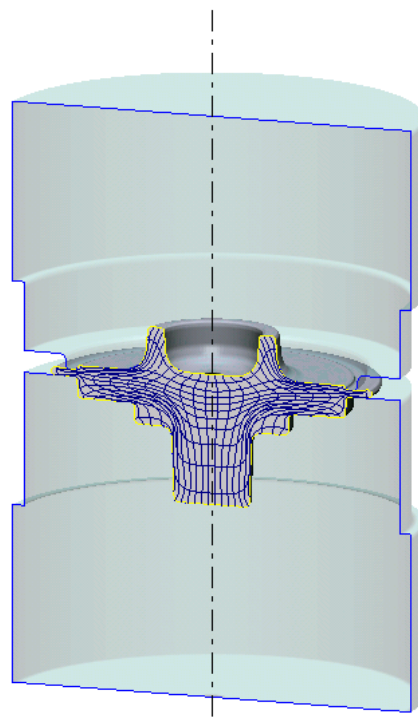
4:19

- Két alapvető feszültség
- Normális feszültség
 - Rugalmas alakváltozás –
 - ... – törés
- Csúsztató feszültség
 - Rugalmas alakváltozás –
 - képlékeny alakváltozás –
 - törés

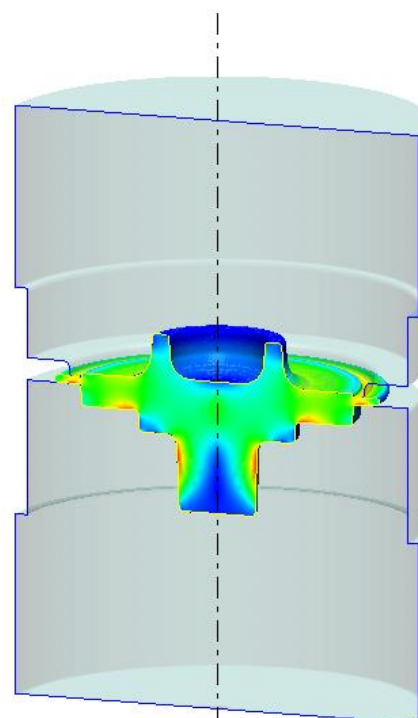




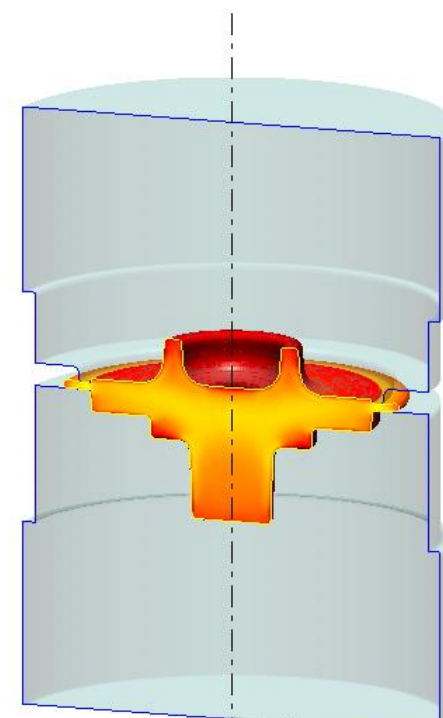
Kiinduló
állapot



Alakított
állapot



Alakváltozás
eloszlás

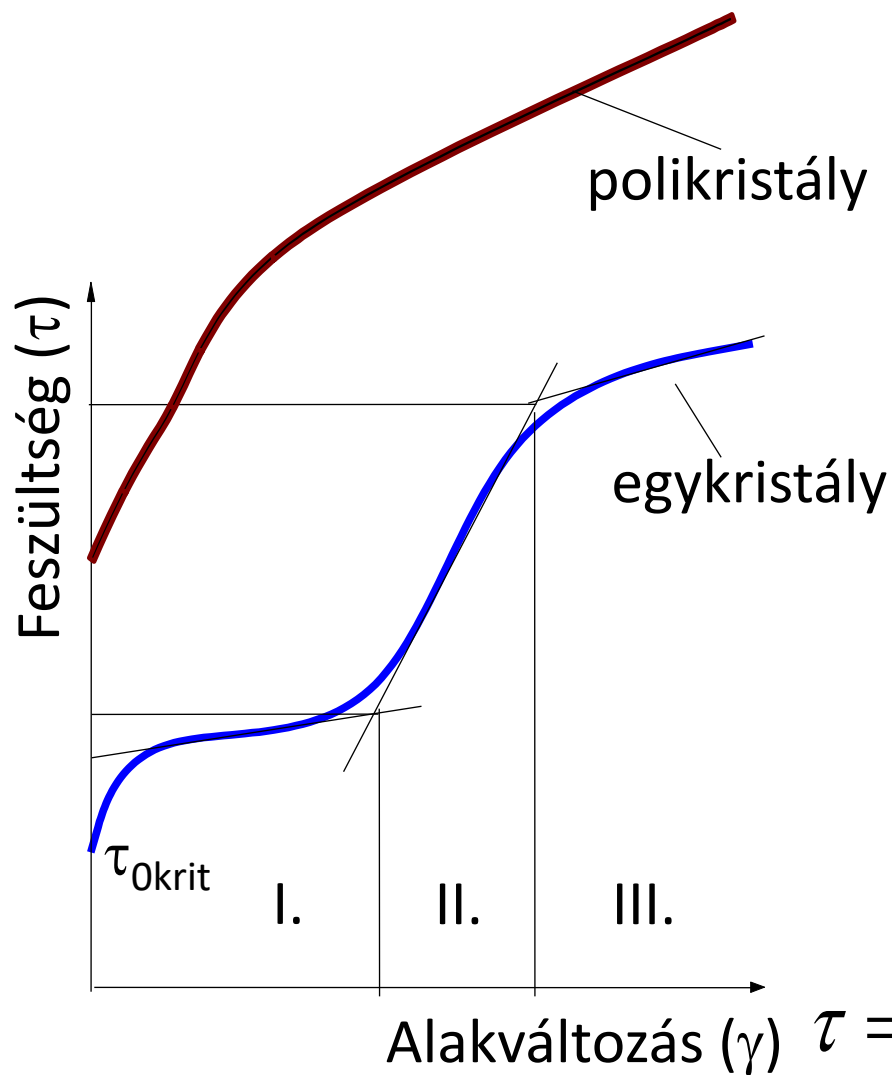


Hőmérséklet
eloszlás

- Hidegalakítás ($T < T_{\text{rekriszt}}$)
 - Keményedés
 - Alakváltózási képesség fokozatos kimerülése
 - Szemcsék megnyúlása
 - Diszlokációsűrűség növekedése
- Melegalakítás jellemzői ($T > T_{\text{rekriszt}}$)
 - Lágyulási folyamatok (megújulás, rekrisztallizáció)
 - Alakváltózás mértéke kevésbe korlátozott
 - A szemcseszerkezet megváltozik

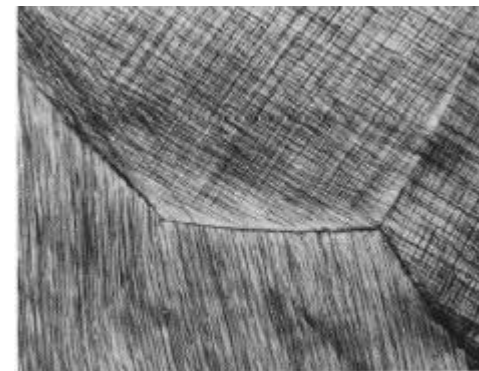
Melegalakítás		Hidegalakítás
$T > T_{\text{rekriszt}}$	Alakítás hőmérséklete	$T < T_{\text{rekriszt}}$
Kicsi, sebességfüggő	Alakítási szilárdság	Nagy, alakítástól függő
IT12, rossz	Pontosság	IT7, jó
Rossz (reve)	Felületi minőség	Jó, nagyon jó
Nem korlátozott	Alakíthatóság	Korlátozott
Kicsi, dinamikus	Szerszám mechanikai terhelése	Nagy
Nagy	Szerszám hőterhelése	Kicsi
Nagy	A termék mérete	Kicsi
Nagy (0,3-tapadás)	Súrlódás	Kicsi (~0,1)
Nagy	Energiaigény	Kicsi

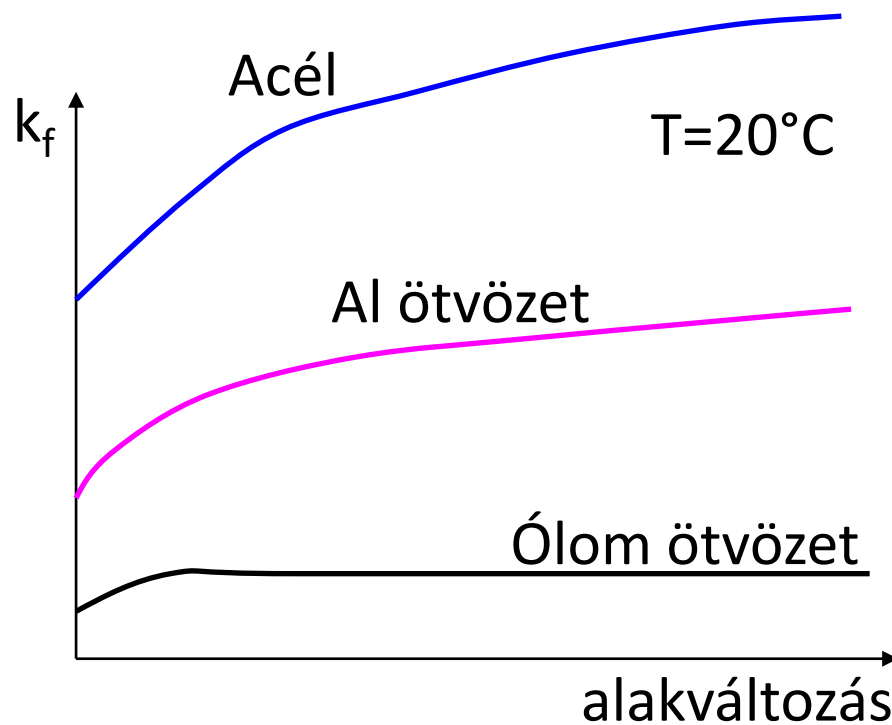
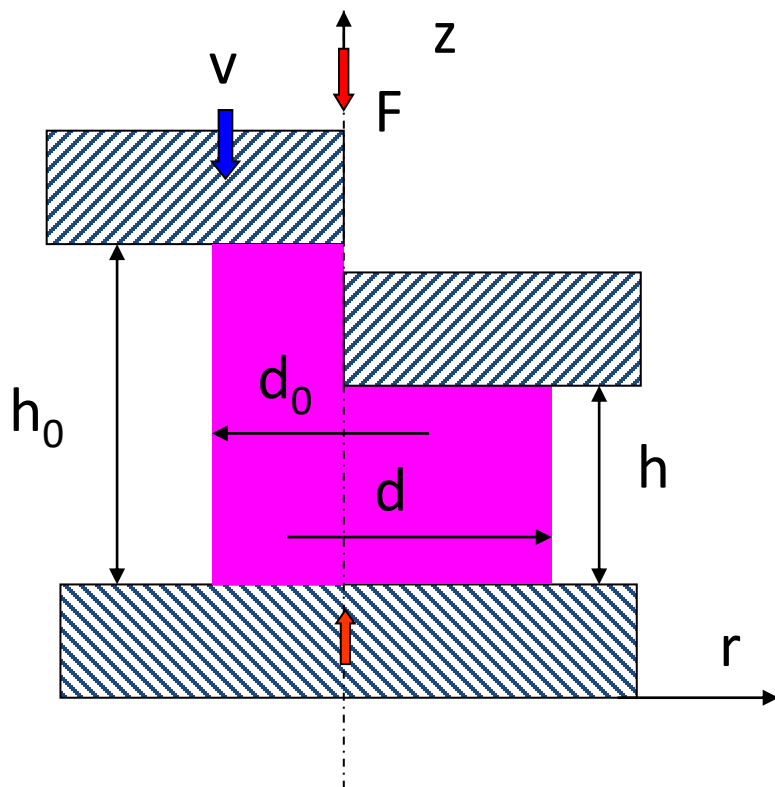
- Alakítási szilárdság
 - A képlékeny alakváltozás megindításához és fenntartásához szükséges egyenértékű feszültség
 - Jele: k_f , mértékegysége MPa, $k_f = k_f(T, \varepsilon, d\varepsilon/dt)$
- Alakíthatósági határ
 - Az alakváltozás azon mértéke, amelynél az anyagban makroszkópikus károsodás (instabilitás) lép fel



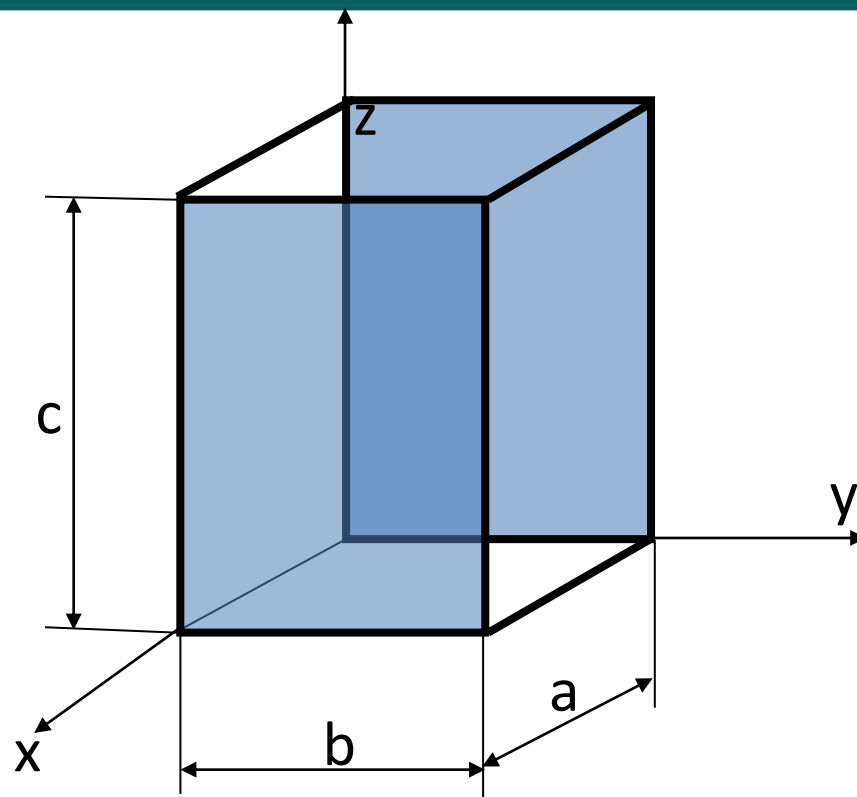
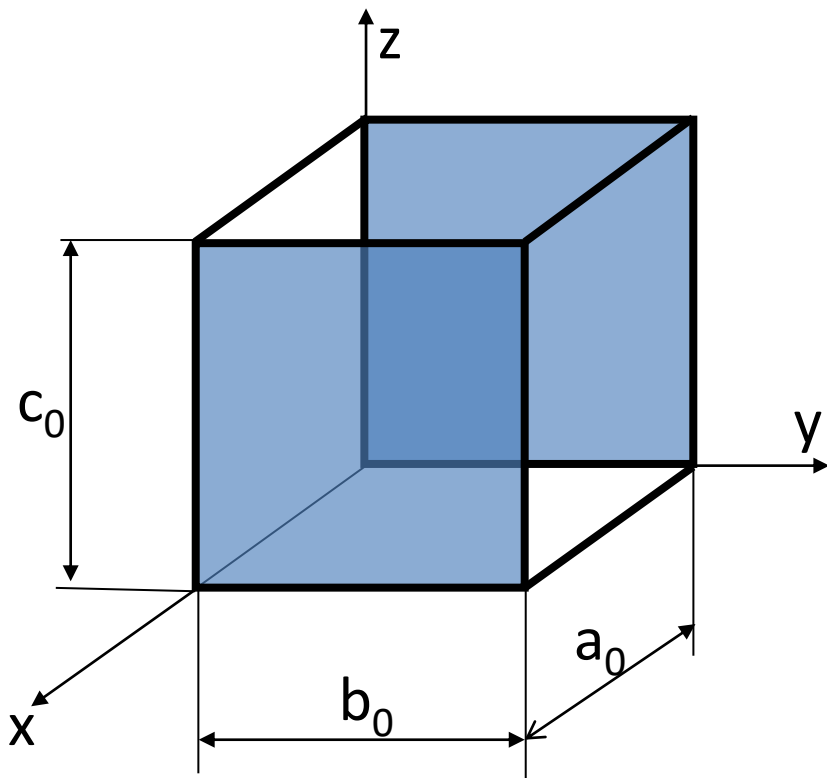
- Polikristályos anyagok
- Eltérő orientációk
- Súrlódásmentes állapot
- Csúszási rendszerek
 - Csúszási sík
 - Csúszási irány a síkban
- Intenzív keményedés
 - F-R forrás

$$\tau = \tau_0 + \alpha b G \sqrt{\rho}$$





$$k_f = \frac{4F}{d^2 \pi}, \quad \bar{\varepsilon} = \ln \frac{h_0}{h}, \quad \dot{\varepsilon} = \frac{v}{h}$$

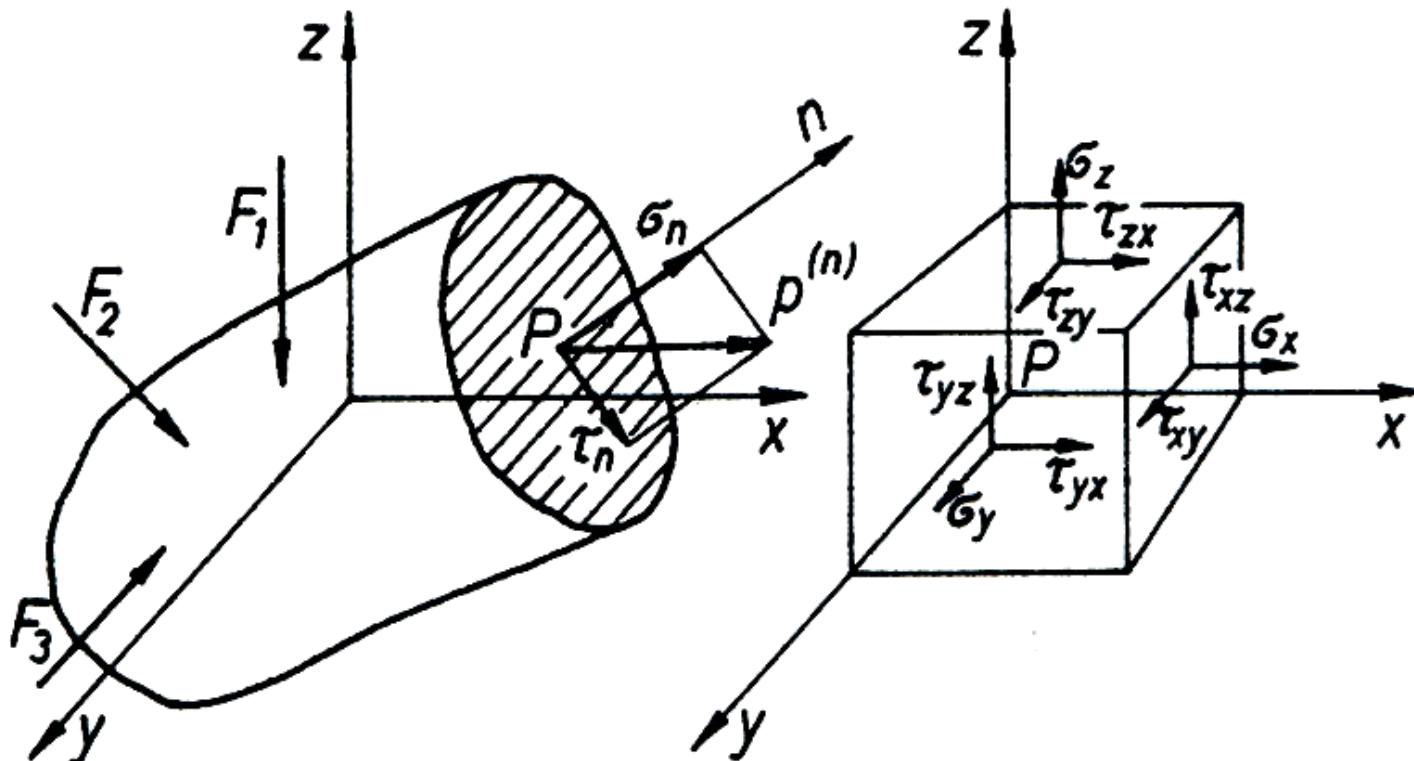


$$\varphi_x = \ln \frac{a}{a_0}, \quad \varphi_y = \ln \frac{b}{b_0}, \quad \varphi_z = \ln \frac{c}{c_0}, \quad \varphi_1 \geq \varphi_2 \geq \varphi_3$$

$$\overline{\varphi}_{\text{HMH}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varphi_1 - \varphi_2)^2 + (\varphi_1 - \varphi_3)^2 + (\varphi_2 - \varphi_3)^2}$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_1 & 0 & 0 \\ 0 & \varphi_2 & 0 \\ 0 & 0 & \varphi_3 \end{bmatrix}$$

Térfogatállandóság!



$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_s & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_s & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_1 - \sigma_s & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 - \sigma_s & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 - \sigma_s \end{bmatrix}$$

Adott
DDKR-ben

Főfeszültségek

Hidrosztatikus
rész

Deviátoros
rész

- Definíció szerint akkor, amikor az egyenértékű feszültség eléri az alakítási szilárdságot

- Huber-Mises-Hencky szerint

$$\bar{\sigma}^{HMH} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}$$

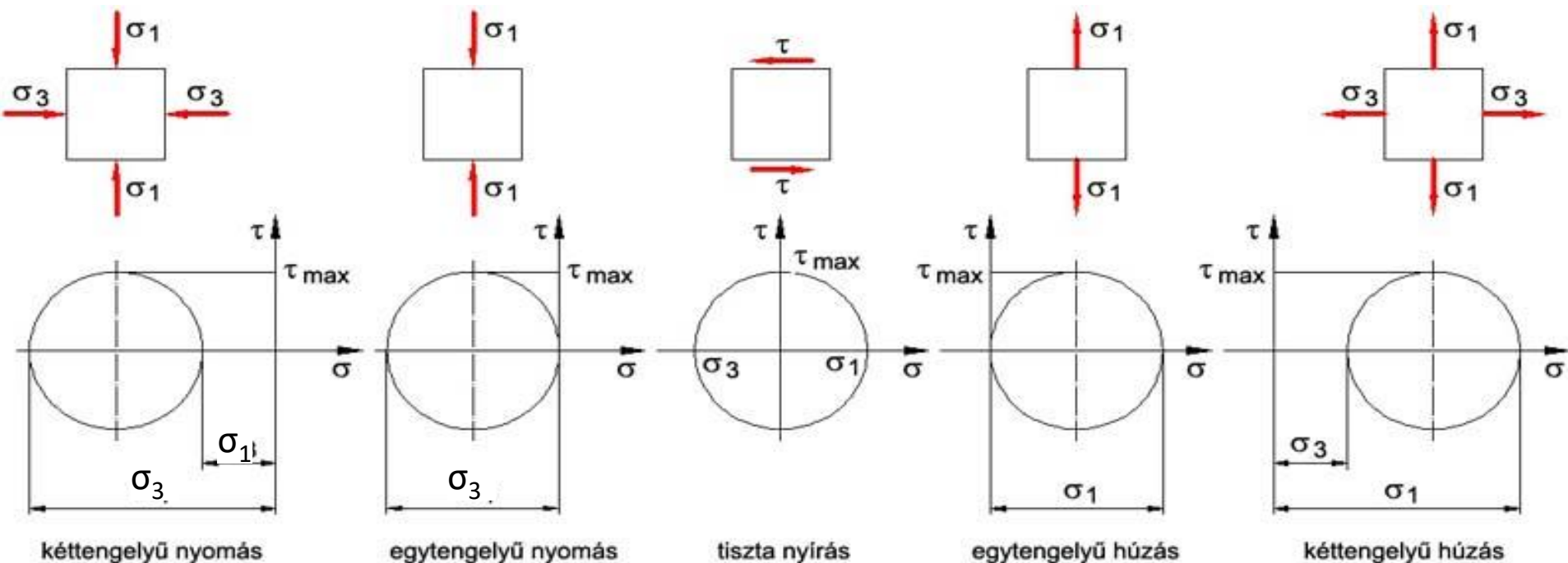
- Mohr szerint (alakítástechnikában nem elterjedt)

$$\bar{\sigma}^{Mohr} = \sigma_1 - \sigma_3$$

- Ha az egyenértékű feszültség nem éri el k_f -et, akkor csak rugalmas alakváltozás történik
- HMH-ba behelyettesítve, a folyási feltétel

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta k_f$$

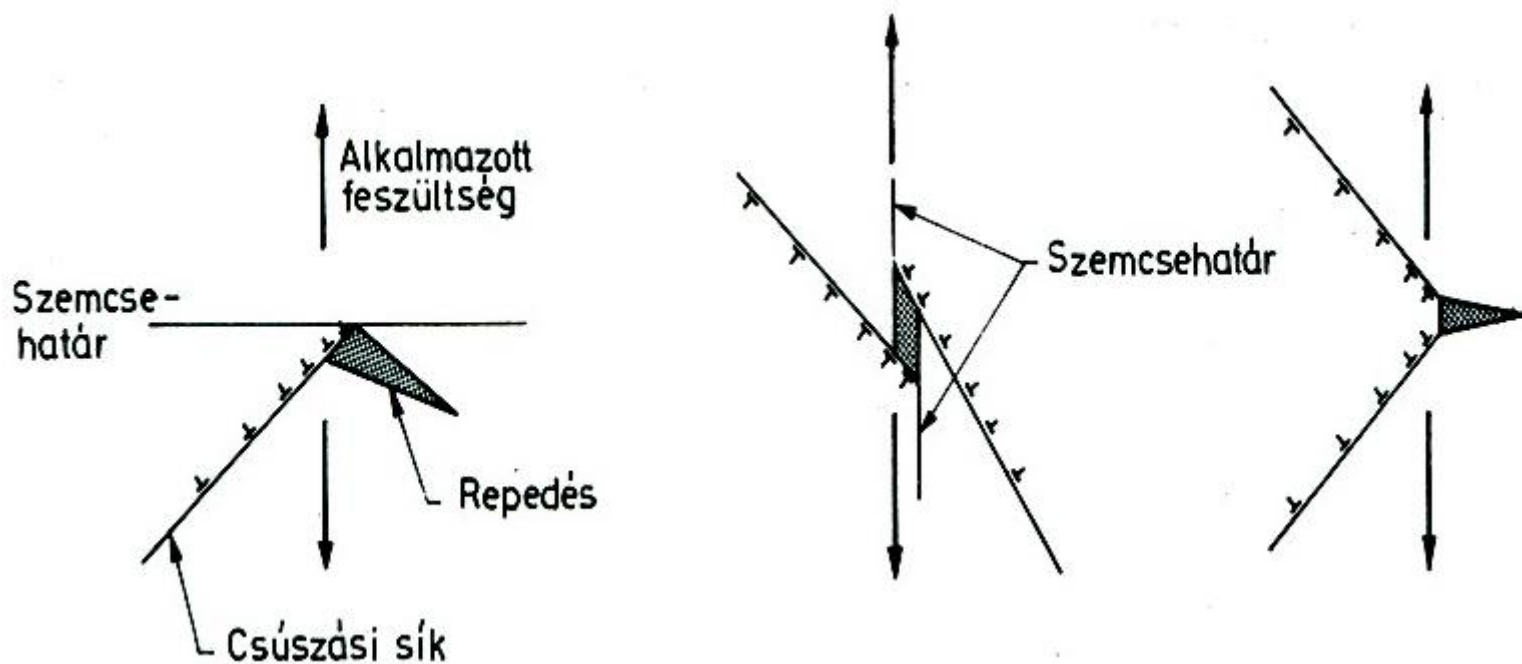
$\beta=1$, sík feszültség
 $\beta=1,15$, sík alakváltozás



- Mohr szerint a folyás a legkisebb és legnagyobb főfeszültség k_f -nyi különbségénél indul meg
- σ_1 és σ_3 a szerszámterhelés is egyben
- Legkevésbé a nyírás terheli a szerszámot

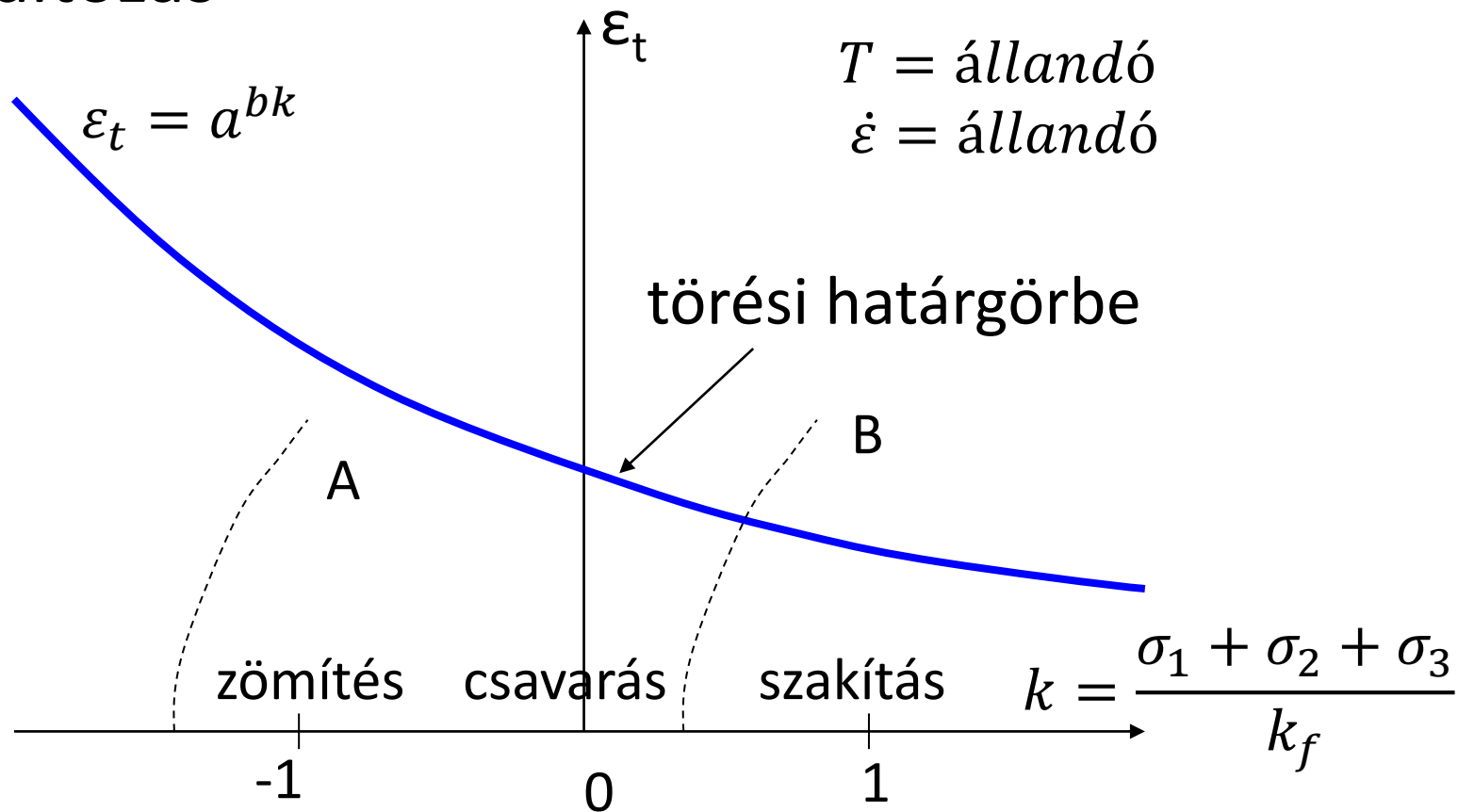
- Új alak, geometria jön létre
 - Makroszkópikus hatás
- Krisztallitok elnyúlnak, csúszási síkok irányba fordulnak, szálirány alakul ki – szennyezők az alakítás irányába állnak
 - Mikroszkópikus hatás
- Diszlokációk mozognak és képződnek (Frank-Read forrás)
 - Szubmikroszkópi hatás

- A diszlokációsűrűség növekedésével az anyag „keményedik”
 - A szilárdság nő $\Delta\sigma = k\sqrt{d}$
 - Képlékeny alakváltozó képesség csökken



- Az alakító erő irányába eső feszültség és az alakított felület szorzata
- Erő dimenziójú
- Nem összetévesztendő az alakítási szilárdsággal
- Az alakítási ellenállás adja a gépterhelést

- Törés (képlékeny instabilitás) nélkül elviselt alakváltozás



Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov@eik.bme.hu

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!