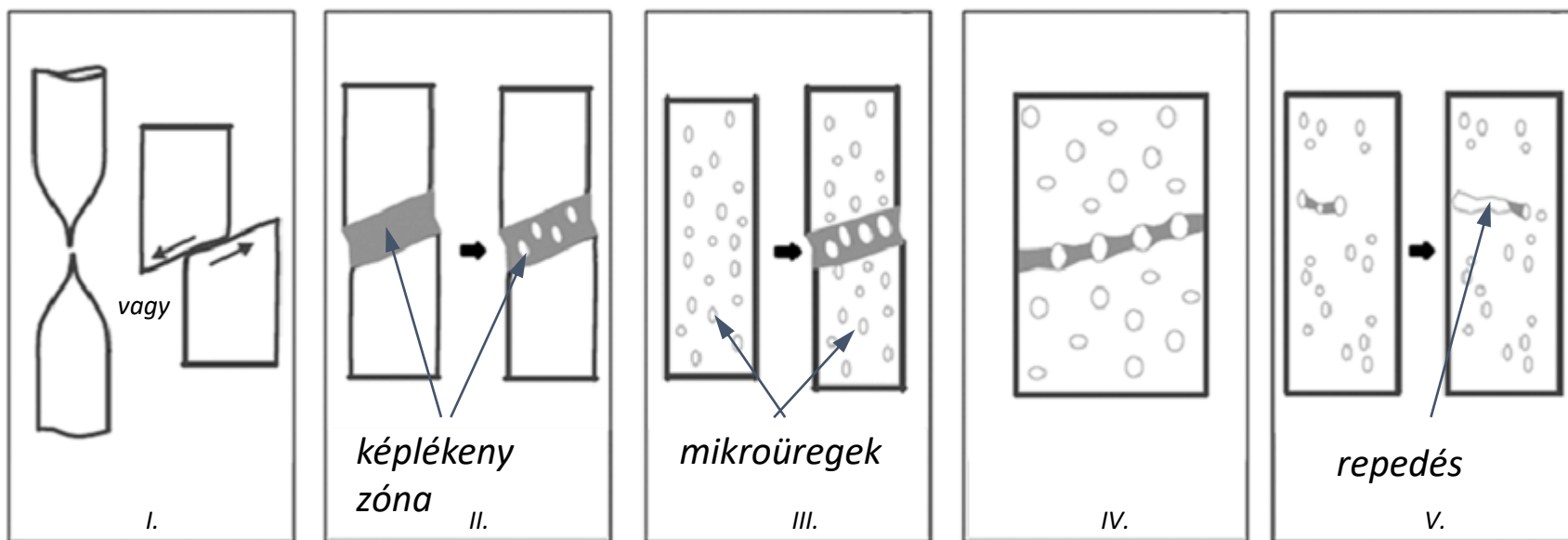


Alakíthatóság

Képlékeny instabilitás és kihajlás

Alakítótechnológiák elmélete
(BMEGEMTNG00)

- Tönkremenetel
- Képlékeny instabilitás
- Technológiai próbák
- Képlékeny kihajlás

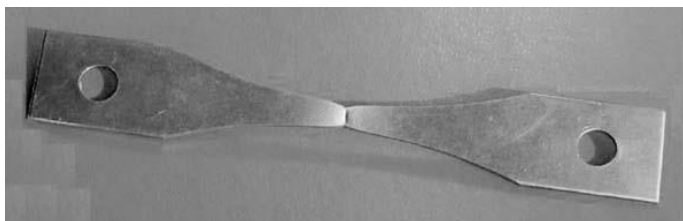
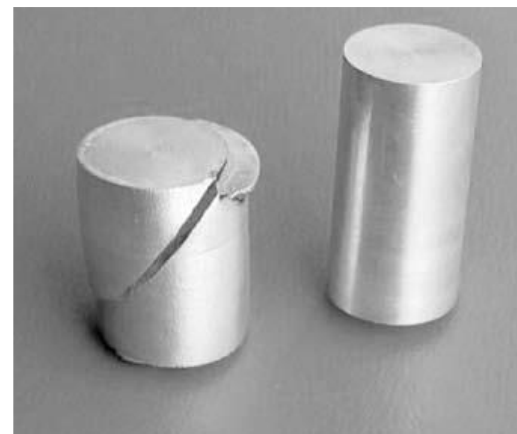


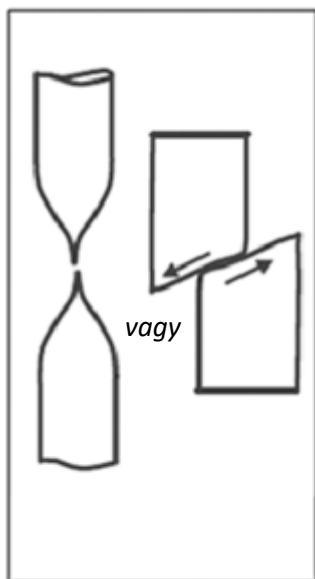
A folyamatban a lokális alakváltozás dominál.



képlékeny instabilitás

Az üregképződés és összeolvadás dominál.

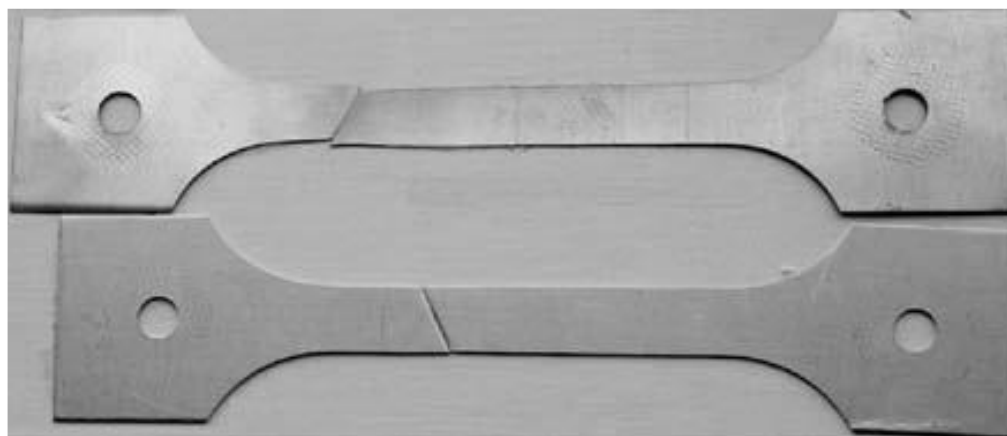


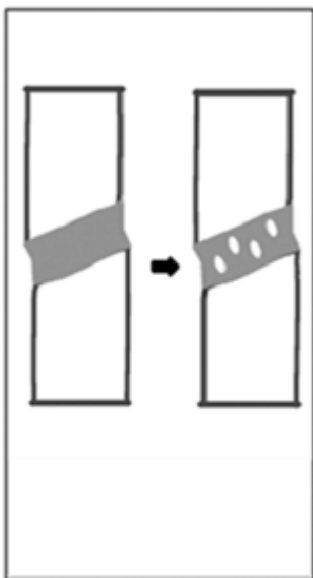


Üregképződés nélkül az alakváltozás lokalizálódik és a darab tönkre megy. Az alakváltozás a kontrakciós vagy a nyírási zónában lokalizálódik.

Általában csak tiszta fémek esetében figyelhető meg, egykristályokban és polikristályos anyagokban is.

Nagy hidrosztatikus nyomás megakadályozhatja az üregképződést, és ezáltal olyan ötvözetekben is előidézhető a jelenség amelyek más körülmények között üregképződéssel mennek tönkre.





A tönkrementel megkezdődésekor az alakváltozás lokalizálódik. A mikroüregek képződése a folyamat későbbi szakaszában kezdődik el a képlékenyen nagymértékben alakváltozott zónában.

A mikroüregek megjelenésük után növekednek, egyesülnek, ami végül a darab töréséhez vezet.

A tönkrementel utolsó szakaszát instabil repedésterjedés is jellemezheti.



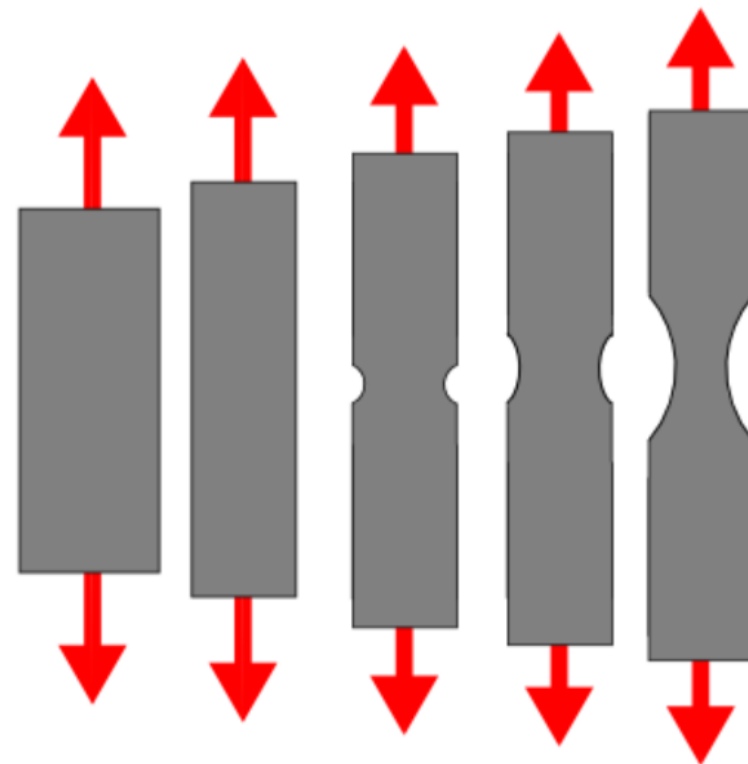
Az alakváltozási folyamat instabil lesz amikor az anyag egy bizonyos pontjában a szilárdság csökkenése erőteljesebb lesz mint a keményedés.

Ez a szilárdság csökkenés adódhat a **geometriából**, az **alakváltozási sebesség változásából** vagy a **hőmérséklet** változásából.

A lemezvastagság helyi csökkenése



mélyhúzott csésze



A képlékeny alakváltozási folyamat akkor stabil, ha az alakváltozás növekedésével az ehhez szükséges erő nő.

$$\frac{dF}{d\varphi} > 0$$

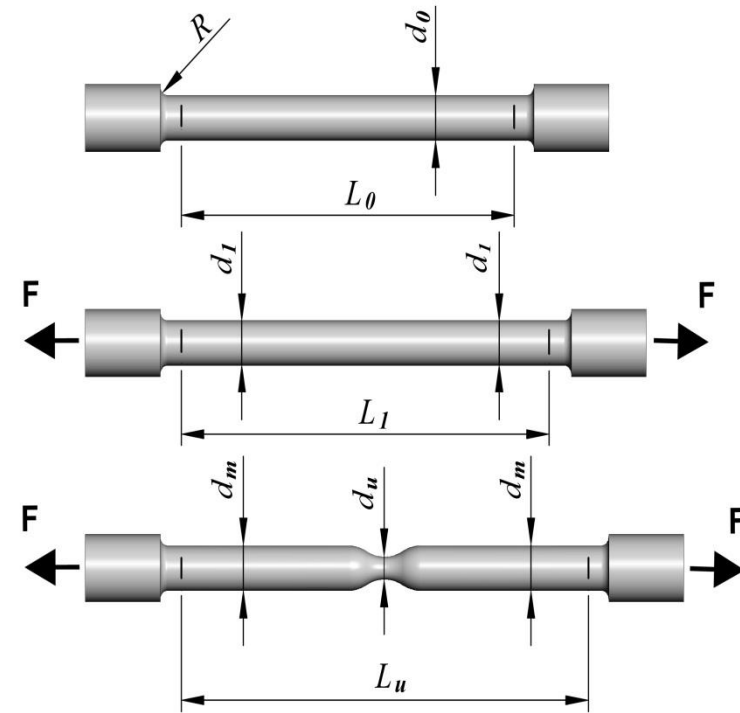
Mi ennek a feltétele az anyag viselkedésének szempontjából?

Hengeres test szakítása Határ állapot: $\frac{dF}{d\varphi} = 0$

$$F = k_f A = \sigma A \qquad \varphi = \ln \frac{A_0}{A}$$

$$dF = d(\sigma A) = d\sigma A + \sigma dA = 0 \qquad d\varphi = -\frac{dA}{A}$$

$$d\sigma A + \sigma dA = A(d\sigma - \sigma d\varphi) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \frac{d\sigma}{d\varphi} = \sigma$$



Feltételezzük az alábbi alakítási szilárdság görbét:

$$\sigma_{eq} = k_f = C \varphi_{eq}^n$$

A stabilitási határ:

$$\frac{d\sigma}{d\varphi} = \sigma \quad \Rightarrow \quad \frac{d\sigma}{d\varphi} = Cn\varphi_{eq}^{n-1} = nC\varphi_{eq}^n \varphi_{eq}^{-1} = \frac{n}{\varphi_{eq}} \sigma$$

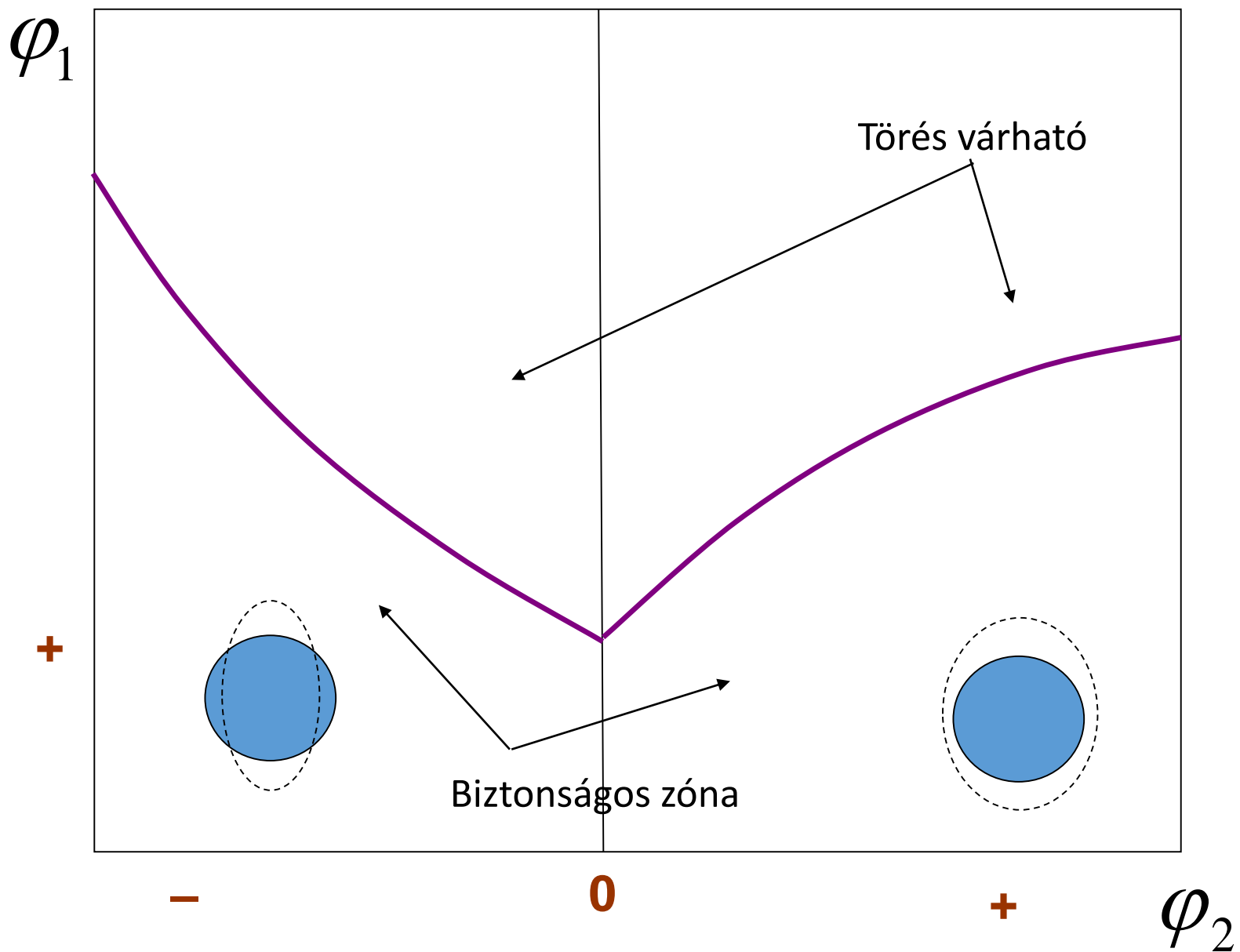
$$\varphi_{instab.} = n$$

A kritikus érték elérése után az anyag helyi vékonyodása várható. Ezt a geometriából adódó lágyulás okozza a húzó jellegű terhelés esetén.

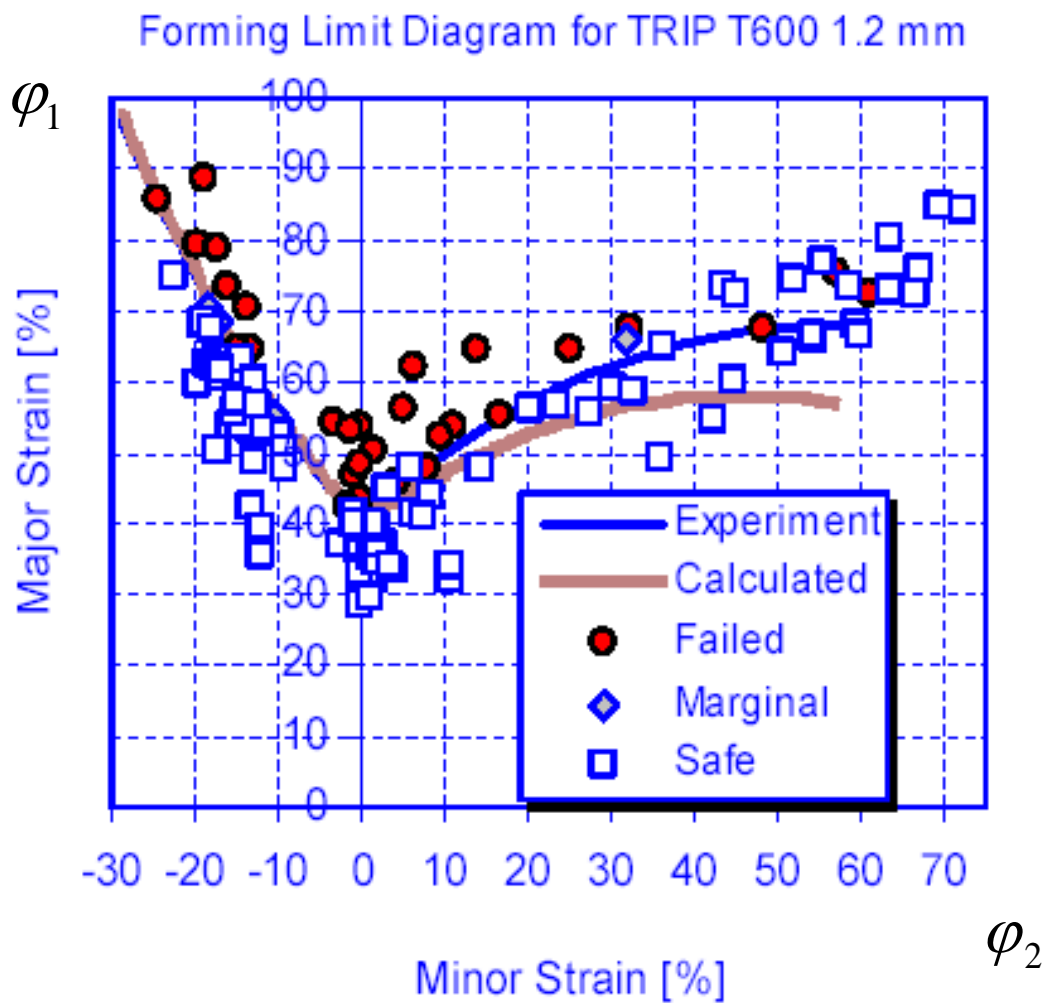
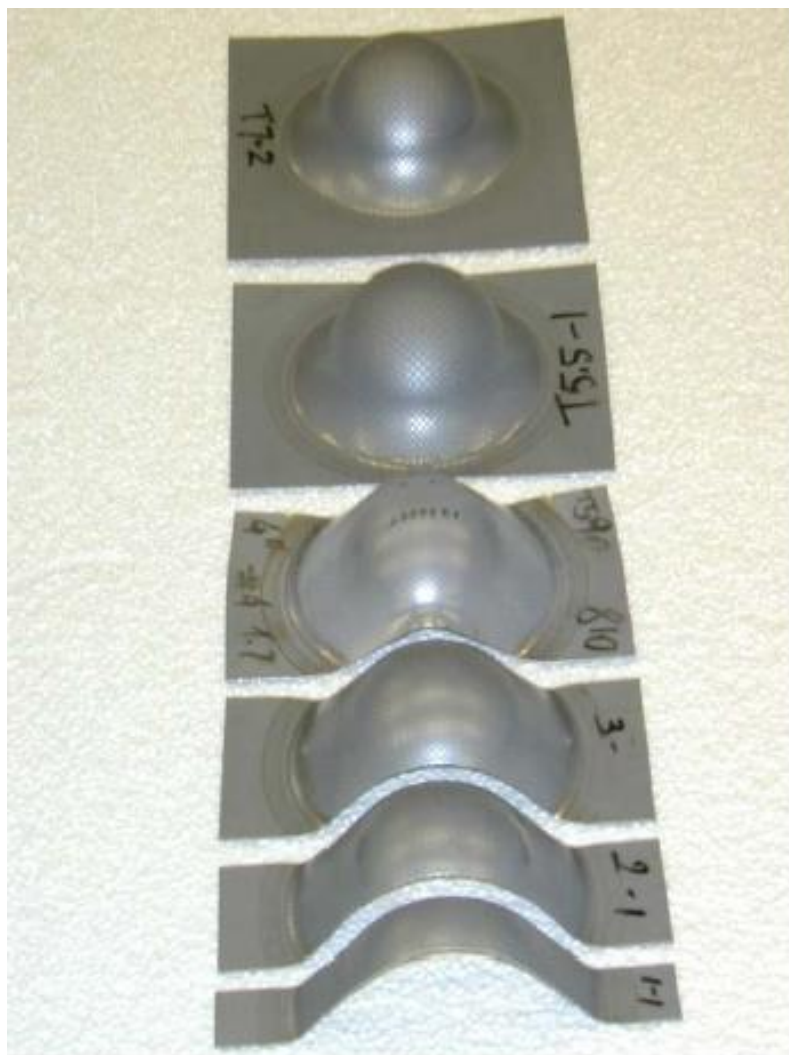
A leggyakrabban lemezalakító műveletek esetében (nyújtás, mélyhúzás) fordul elő.

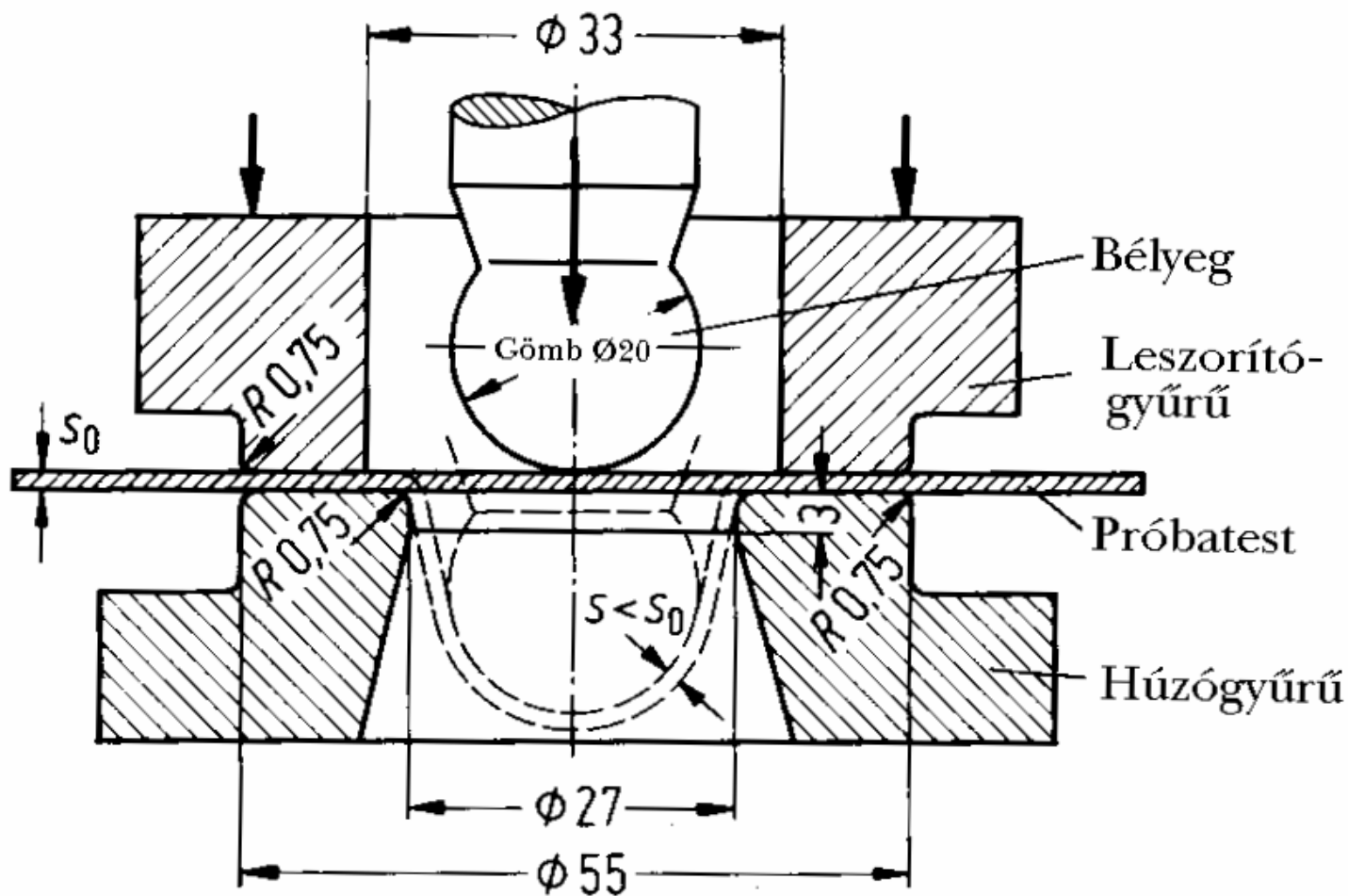


Ilyen technológiáknak az intenzívebb keményedést mutató anyagok előnyösebbek.



Nakazima teszt





A bélyegbenyomódást mérjük amit az anyag repedés nélkül elvisel.

Mélyhúzás jellegű folyamat, mutatja az anyag érzékenységét is a képlékeny instabilitásra.

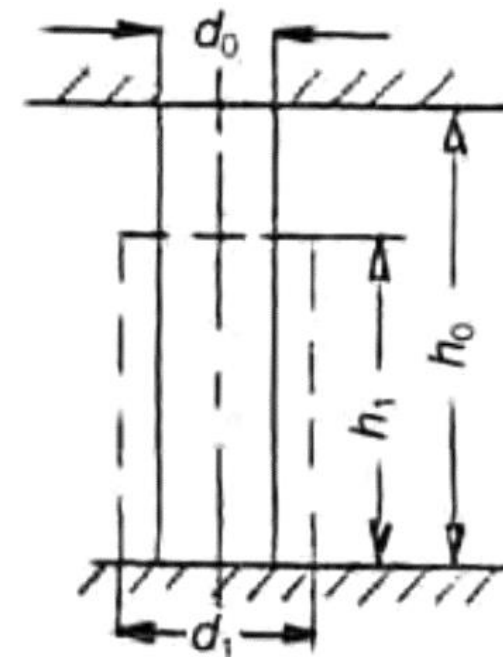
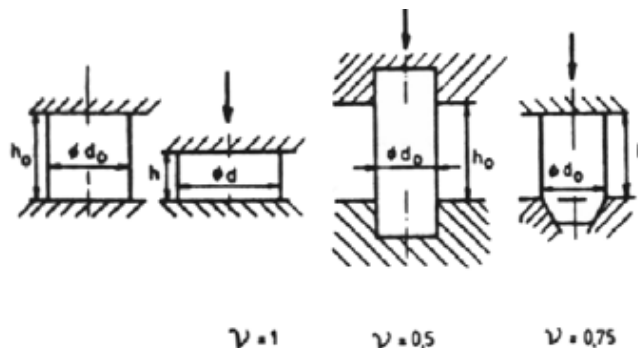
Hengeres test zömítése. Erőszükséglet:

$$F = A \cdot k_f \left(1 + \frac{1}{3} \mu \frac{d_1}{h_1} \right)$$

Rugalmas kihajlás esetén:

$$F_{max} = \frac{\pi^2}{\nu^2 l^2} IE$$

ν – befogási szám



Körhenger esetében:

$$I = \frac{d^4 \pi}{64}$$

Átrendezve: $\frac{l}{d} = \frac{\pi}{4\nu} \sqrt{\frac{E}{\sigma}}$

ahol $\sigma = \frac{F}{\left(\frac{d^2 \pi}{4}\right)}$

Használjuk E helyett a folyásgörbe meredekségét, σ helyett pedig az alakítási szilárdság értékét.

$$\frac{E}{\sigma} \approx \frac{\frac{dk_f}{d\varphi}}{k_f} = \frac{1}{k_f} \frac{dk_f}{d\varphi} = \frac{1}{Z}$$

$$\frac{E}{\sigma} \approx \frac{dk_f}{k_f} = \frac{1}{k_f} \frac{dk_f}{d\varphi} = \frac{1}{Z}$$

Egyszerű folyásgörbét
feltételezve:

$$k_f = C\varphi^n$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{nC\varphi^{n-1}}{C\varphi^n} = \frac{n}{\varphi}$$

Technológiai szempontból az l_0 és a d_0 átmérő aránya fontos.

$$\kappa_0 = \frac{l_0}{d_0}$$

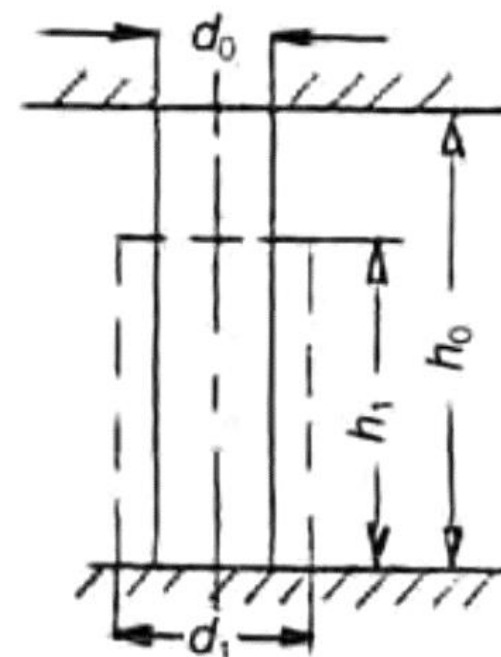
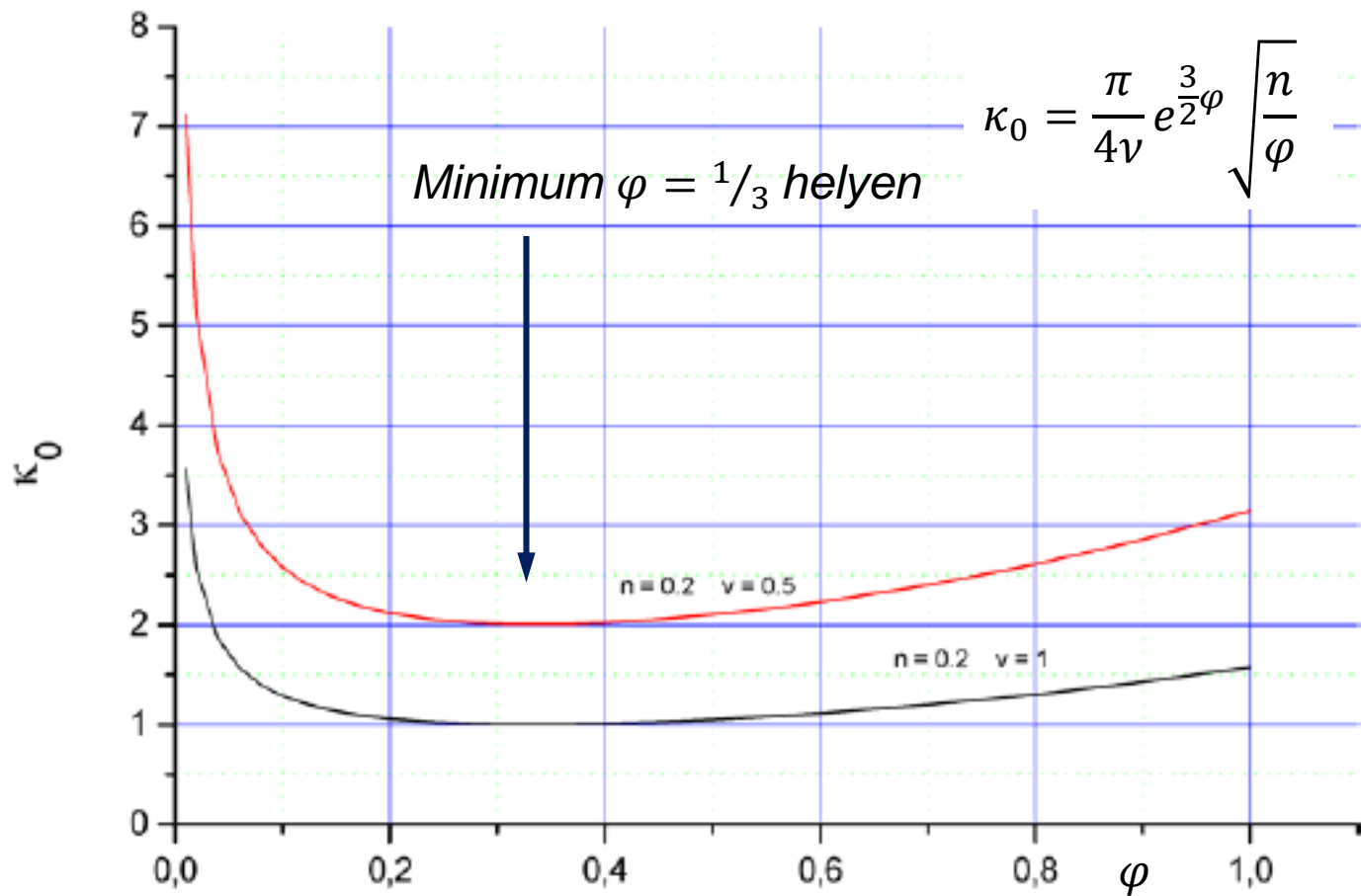
Térfogatállandóság: $l_0 d_0^2 = l d^2$

Alakváltozás: $\varphi = \ln \frac{l_0}{l} = \ln \frac{d^2}{d_0^2}$

A kritikus κ_0 arány:

$$\kappa = \frac{l}{d} = \frac{l_0 \frac{d_0^2}{d^2}}{d_0 \sqrt{\frac{l_0}{l}}} = \frac{l_0}{d_0} \frac{e^{-\varphi}}{e^{\frac{\varphi}{2}}} = \kappa_0 e^{-\frac{3}{2}\varphi}$$

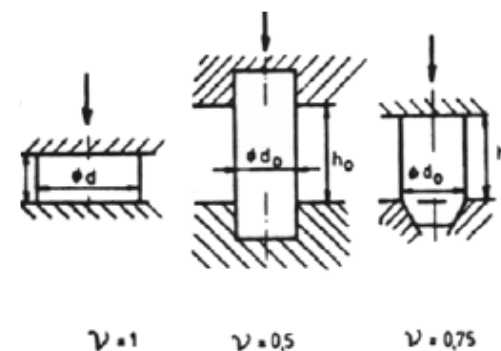
$$\frac{l}{d} = \frac{\pi}{4\nu} \sqrt{\frac{1}{Z}} \quad \kappa_0 = \frac{\pi}{4\nu} e^{\frac{3}{2}\varphi} \sqrt{\frac{n}{\varphi}}$$



$$\kappa_{0 \min} = \frac{\pi e^{\frac{1}{2}} \sqrt{3} \sqrt{n}}{4 \nu} \approx \frac{2,24}{\nu} \sqrt{n}$$

$n = 0,2$
 $\nu = 0,5$

$$\longrightarrow \kappa_{0 \min} = \frac{l_0}{d_0} \approx 2$$



- Ziaja Gy.: **Alakítástechnika jegyzet**
- George Z. Voyiadjis, Peter I. Kattan, **Damage Mechanics**