

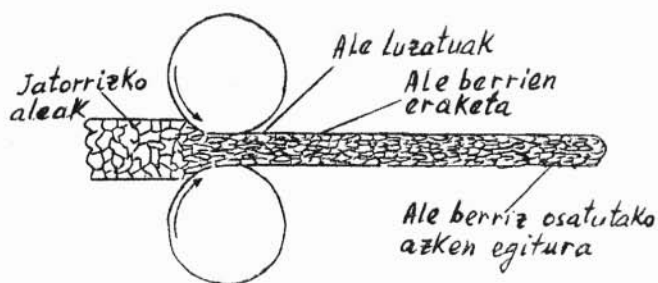
# Ijezketaren teoria

## 1. Idea orokorrak

— Ijeztea zera da, masa metaliko bat bi zilindro gainjarriren artetik pasa-araziz deformatzea. Zilindroak alderantzizko norantzan biratzen dira. Gainera, ijezketa hotzetan ala berotan egin daiteke.

— Berotako ijezketa forjaketa jarraiki bat dela pentsa daiteke. Berotako ijezketan materialaren temperatura birkristaltze- eta urtze-puntuaren tartekoa da, forjaketan bezalaxe. Beraz, materialean ez da barne-tentsiorik sortzen. Ez eta gogortasunik hazi ere. Horregatik, tenperatura bere neurrian edukiz gero, nahi adina deforma daiteke materiala. Gainera berotako ijezketan materialaren ezaugarriak hobetzen dira. Haitezuloak gutxitzen dira batetik, eta homogenotasunak irabazten du bestetik.

— Gainera, airetan tenplatzen diren altzairuak, berotan ijezten direnean tenplatuta gelditzen dira.



1. Irudia. Ijezketaz egindako egitur aldaketa.

— Hotzetako ijezketa giro-temperaturan egiten da, materialaren barruan barne-tentsioak sortuz. Hori dela eta, ijezketa bukatu ondoren ala ijezketa ari dela, metalak suberatu egin behar dira.

## 2. Ijezketarako metalak eta aleazioak

— Ijezten diren metalak eta aleazioak forjaketarako erabilitakoen berdintsuak dira. Altzairuek eta beren aleazioek dute garrantzirik handiena. Hauek ijeztuz, profil industrialak eta xaflak lortzen dira.

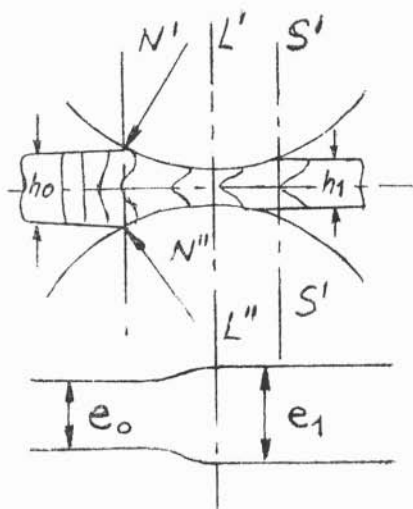
— Baina, altzairuez gainera, kobrea, aluminioa, magnesioa, zinka, beruna eta beren aleazioak ere asko ijezten dira.

## 3. Zilindro launez sortutako deformazioak

— Totxo bat bi ijezketa-zilindroren artetik igarotakoan sortzen diren deformazioak aipatuko ditugu orain: (ikus 2. irudia).

— «**Sarrerako tinkadura**». Zilindroek materialarengan eragiten dituzten erreakzio-indarrek, sarreran tinkaketa sortzen dute. Horri esker, zilindroen ukigunea baino lehen, piezak sekzio handiagoa hartzen du.

— «**Deformazio maximoa**». Zilindroen ardatzetatik igarotzen den planoan gertatzen da. Ijezketa-plomoa deitzen zaio plano honi.



2. Irudia. Ijezketako deformazioak.

— «**Irterako hedapena**». Materialak, zilindrotatik irteten duenean, presio-rik ez du hartzen. Hori dela eta, bere lodiera hazi geiten da. Ijezketa-planoko lodiera baino handiagoa hartzen du. Izan ere, materialak badu elastikotasun piska bat, eta hasierako neurrietara etortzeko joera du.

— Lodiera ez da materialean uniformeki hazten. Erdi aldean ertzetan baino gehiago hazten da. Horregatik egiten dira zilindroak zerbait sabelduak. Deformaziorako behar diren indarrak handiagoak dira erdi aldean; eta, horren arauera, erreakzio elastikoak erdi aldean nabarmenago agertzen zaizkigu.

— Ijeztutako materialak launak izan daitezzen, zilindro sabelduak egiten dira. Totxoa erdi aldean gehiago deformatuz, geroko erreakzio elastiko handiagoak berdintzea lortzen da.

— «**Zabaldura**». Materialaren zabalera oso gutxi hazten da ijezketan, forjaketan ez bezala. Forjaketan, materiala norabide guztietara berdinduz zabal-tzen da.

— Ijezketan gutxi zabaltze hori zerari zor zaio, zilindroen biraketari esker metalak aurrera azkarrago joateko joera hartzeari. Gainera, ijezketa-zilind-roak abiadura handitan biratzerik balego, zabaldurarik eragin gabe ijezketa egitea posible litzateke.

— Abiadura normaletan, materialaren zabaldura ondoko formula honek erakusten du:

$$E = \frac{h_0 - h_1}{6} \cdot \frac{r}{h_0}; r, \text{ zilindroen erradioa da.}$$

— «**Adibidea**»: Totxo batek 90mm.ko lodiera du hasieran. Ijeztu ondoren 60mm.koa du. Ijezketa-zilindroek, 350mm.ko erradioa dute.

$$E = \frac{90 - 60}{6} \cdot \frac{350}{90} = 9,86 \text{ mm.}$$

— «**Luzapena**». Ijezketan materiala mehetu eta gutxi zabaltzen denez gero, luzatu egiten da. Beraz, materialak zilindrotara sartzerakoan duen abiadura baino handiagoa du irterakoan. Fenomeno honi azelerazioa ere esaten zaio.

#### 4. Zilindro launez ijeztuz, deformazioen balioak

— Ijezketako deformazioak neurtzeko, ondoko balio hauek erabiltzen dira: presioa, txikitze-koefizientea, luzapen-koefizientea eta forjaketa-koefizientea.

— «**Presioa**». Ijezketan, materialak zilindroaren sarreran eta irteran duen lodiera-diferentziari deitzen zaio presioa.

$$P = h_0 - h_1$$

— «Adibidea». Egin dezagun totxo batek 70mm.ko lodiera duela. Ijeztu ondoren, lodiera 50 mm. da. Presioa hau izango da:

$$P = 70 - 50 = 20 \text{ mm.}$$

— Balio hau, presio absolutua da. Baina batzutan, presioa portzentaian ematen da. Honela:  $P_r = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100$ ; Presio erlatiboa deitzen zaio orduan.

$$\text{— Lehengo adibideari aplikatuz: } P_r = \frac{70 - 50}{70} \times 100 = 28,57.$$

— Presio erlatiboa, %10 eta %20 bitartekoa izan ohi da.

— Orain arte aipatu dugun presioa presio bertikala da. Baina zilindro kanaleztatuz ijezten denean, ardatzerako presioak ere egoten dira.

— «**Txikitze-koefizientea**». Txikitze-koefizientea, materialaren irterako sekzioaz sarrerako sekzioaz zatituz lortzen da.

$$R = \frac{S_1}{S_0}$$

— Txikitze-koefiziente erlatiboa ere erabili ohi da. Horretarako formula ondoko hau da:

$$R_r = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100$$

— «Adibidea». Barra baten sekzioa, 150 mm.<sup>2</sup> da. Ijeztu ondoren, sekzioa 125 mm.<sup>2</sup> da. Txikitze-koefizientea, beraz, hau izango da:

$$R = \frac{125}{150} = 0,833$$

— Txikitze-koefiziente erlatiboa, berriz:  $R_r = \frac{150 - 125}{150} \times 100 = \% 16,6.$

— Lehen esan dugunez, totxoaren zabaladura oso txikia izan ohi da ijezketan. Beraz, oker handirik gabe esan dezakegu:  $S_o = e \cdot h_o$  eta  $S_l = e \cdot h_l$

$$\text{Hortik: } R_r = \frac{S_o - S_l}{S_o} \times 100 = \frac{e \cdot h_o - e \cdot h_l}{e \cdot h_o} \times 100 = \frac{h_o - h_l}{h_o} \times 100$$

— Beraz, txikitze-koefiziente erlatiboak eta presio erlatiboak, formula berdina dute. Horregatik, txikitze-koefiziente erlatiboa eta presio erlatiboa berdinak direla esan daiteke.

— **«Luzapen-koefizientea»**. Totxo ijeztuaren luzera totxo ijeztugabearen luzeraz zatituta lortzen da:

$$A = \frac{L_l}{L_o}$$

— Totxoaren bolumena (V), ijeztu aurretik eta ijeztu ondoren ia berdina dela kontutan hartzen baldin badugu:

$$A = \frac{L_l}{L_o} = \frac{V/S_l}{V/S_o} = \frac{S_o}{S_l}$$

— Eta totxoaren zabalera ere ijeztu aurretik eta ondoren berdintzat hartzen baldin badugu:

$$A = \frac{S_o}{S_l} = \frac{e \cdot h_o}{e \cdot h_l} = \frac{h_o}{h_l}$$

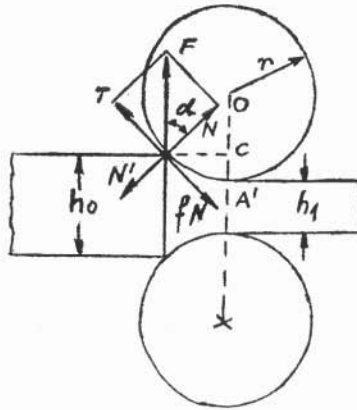
— Beraz, luzapen-koefizientea, sekzioen ala lodieren erlazioak ere ematen du.

— **«Forjaketa-koefizientea»**. Ijezketa forjaketa jarraikia dela kontsidera daiteke, eta iraganaldi bakoitzeko forjaketa-koefizientea, materialaren sarrera-sekzioa intera-sekzioaz zatituta lortzen da.

$$\text{Forjaketa koefizientea} = \frac{\text{Sarrera-sekzioa}}{\text{Itera-sekzioa}}$$

## 5. Totxoaren arrastea zilindro launez

— Ijezketa-zilindroek totxoa ukitzen dutenean, F erreakzio-indarrak sorzen dira. Totxoa deformatzerakoan, erreakzio-indar hauek zilindroak aparta arazi nahi dituzte.



### 3. Irudia. Totxoaren arraste-indarrak.

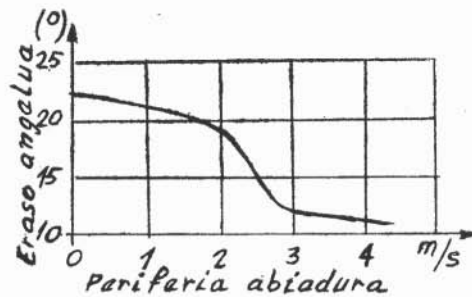
— F erreakzio-indar bakoitza, beste biren ordezkari bezala har daiteke: T tangentialarena eta N normalarena. N indarra, zilindroen kojineteeek eusten dute. T indarra, berriz, totxoa zilindrotan sartzea galerazteko da. Arraste-indarrak T indarra baino handiagoa izan behar du beraz. Arraste-indarra, ordea,  $f \cdot N$  da. «f», zilindro eta totxoaren arteko marruskadura-koefizientea da.

— Beraz, arrastea gerta dadin:  $f \cdot N > T$ .

Baina, bestetik;  $T = N \cdot \operatorname{tg} \alpha$ . Eta hortik;  $f \cdot N > N \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ; edo  $f > \operatorname{tg} \alpha$ .

— «f»ren balioa, 0,4 eta 0,5 bitartekoa izan ohi da. Baina;  $\operatorname{tg} \alpha = 0,4$  edo 0,5 baldin bada,  $\alpha = 22^\circ$  edo  $29^\circ$ .

— Totxoaren ijezketa behin hasiz gero,  $\alpha$  angelua bikoitzeraino igo daiteke. Beraz, orduan;  $f > \operatorname{tg} \alpha/2$ .



### 4. Irudia. Periferiako abiadura eta $\alpha$ eraso-angelu maximoaren arteko lotura.

— Marruskadura-koefizientearen balioa, zilindroen periferiako abiaduraren arau aurkakoa da. Horregatik, ijezketa zenbat eta polikiago egin,  $\alpha$  eraso-angelua handiagoa izan daiteke. Ikus 4. irudia.

## 6. Presio maximoa, zilindroen diametroaren arauera

— Iraganaldi bakoitzean totxoaren lodiera ahalik eta gehiena jaisteko, zilindroen diametroa eta marruskadura-koefizientea hartu behar dira kontutan. 3. iruditik, ekuazio hau atera daiteke:

$$h_0 - h_1 = P = 2 A'C = 2 (r - r \cdot \cos \alpha) = 2r (1 - \cos \alpha) \quad [1]$$

$$\text{Baina, } f = \operatorname{tg} \alpha \text{ eta } \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$f^2 = \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}; \quad f^2 = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1; \text{ eta hortik:}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{f^2 + 1}; \quad \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{f^2 + 1}}$$

$$\text{Balio hau [1] formulari ipiniz; } P = 2r \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{f^2 + 1}} \right)$$

Beraz, P presioa zilindroen diametroaren arauerako da. Bestetik, marruskadura-koefizientea hazten denean, presioa ere hazi egiten da. Baina marruskadura-koefizientea, periferiako abiaduraren arau aurkakoa da. Horregatik, zilindroen abiadura txikia denean presio handiak lortzen dira.

— Arbastaketa-lanetan, zilindroak handiak izanik poliki bira-arazten dira, presio handiak lor daitezten. Profilak ijezteko, ordea, zilindro txikiak eta azkarak izan ohi dira.

$$\text{— Lehengo formula hartuz gero: } P = 2r \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{f^2 + 1}} \right)$$

$$\text{Baina, } 2r = d \text{ eta bestetik; } f = 0,4 \div 0,5.$$

$$\text{Hortik; } d/10 > P > d/14 \text{ ateratzen da.}$$

— Beraz, totxo bati eragin dakiokkeen presiorik handiena, zilindroen diametroaren  $1/10$  eta  $1/14$  bitartekoa da.

## 7. Ijezketako lana

— Egin dezagun ebakidura errektangeluarreko totxo bat ijeztu dugula. «dh» lodiera deformatzeko behar den lana «dT» izanik, eta deformazio osoa eragiteko guztizko indarra F baldin bada:  $dT = F \cdot dh$ .

— Totxoak V bolumena, S azalera eta K konpresio-erresistentzia azalera unitateko baldin badu:  $dT = F \cdot dh = K \cdot S \cdot dh = K \cdot (V/h) \cdot dh = K \cdot V \cdot dh/h$ .

$$\text{Beraz; } T = K \cdot V \cdot \int_{h_I}^{h_o} dh/h = K \cdot V \cdot \log \frac{h_o}{h_I} = K \cdot V \cdot \log A.$$

$\frac{h_o}{h_I}$  ren ordeaz, «A» luzapena ipini dugu, zabaldura txikia denean berdintsuak direlako.

## 8. Ijezketako pare motorea

— Ijezketako motoreen potentzia, materialaren deformaziorako behar dena, zilindroek hutsetan behar duena eta motoreen galera elektrikoak gehituta kalkula daiteke. Potentzia hau, ijezketa-abiaduraren arauerako da. Baina abiadura aldakorra izan daitekeenez gero (Blooming handitan batipat), pare motorea kalkulatzeko nahiago izaten da. Pare motorea ondoko formula honek ematen du:

$$M = \frac{25 T}{1000 \cdot \omega \cdot t}; \text{ Formula honetan, } T = \text{ijejketako lana; } \omega = \text{zilindroen abiadura angeluarra, eta } t = \text{tona bateko totxoa ijezteko behar den denbora.}$$



## HIZTEGIA

- Abiadura:** Velocidad.  
**Alderantzizko norantza:** Sentido contrario.  
**Aleazio:** Aleación.  
**Altzairu:** Acero.  
**Angeluar:** Angular (adjetivo).  
**Arau aurkako:** Inversamente proporcional.  
**Arauerako:** Directamente proporcional.  
**Arbastaketa:** Desbaste.  
**Ardatzerako:** Axial.  
**Arraste:** Arrastre.  
**Azalera:** Area de una superficie.  
**Balio:** Valor.  
**Barne-tentsio:** Tensión interna.  
**Berotan:** En caliente.  
**Berun:** Plomo.  
**Birkristaltze:** Recristalización.  
**Bolumen:** Volumen.  
**Ebakidura:** Corte.  
**Egitura:** Estructura.  
**Ekuazio:** Ecuación.  
**Elastikotasun:** Elasticidad.  
**Eraso-angelu:** Angulo de incidencia.  
**Erreakzio:** Reacción.  
**Ertz:** Borde.  
**Ezaugarri:** Característica.  
**Forjaketa:** Forja (proceso de).  
**Forjaketa-koefiziente:** Coeficiente de forja.  
**Gainjarri:** Superpuesto.  
**Galera elektriko:** Pérdidas eléctricas.  
**Giro-temperatura:** Temperatura ambiente.  
**Gogortasun:** Dureza.  
**Haizezulo:** Poro.  
**Hedapen:** Dilatación.  
**Hotzetan:** En frío.  
**Hutsetan:** En vacío.  
**Ijzeketa:** Laminación (proceso de).  
**Ijzeptu:** Laminar.  
**Iraganaldi:** Pasada.  
**Jarraiki:** Continuo.  
**Kanalezlatu:** Acanalado.  
**Kojinete:** Cojinete.  
**Konpresio-erresistentzia:** Resistencia a la compresión.  
**Lan:** Trabajo.  
**Laun:** Plano, liso.  
**Lodiera:** Espesor.  
**Luzapen:** Alargamiento.  
**Luzapen - koefiziente:** Coeficiente de alargamiento.  
**Marruskadura:** Rozamiento.  
**Material:** Material.  
**Metal:** Metal.  
**Norabide:** Dirección.  
**Ordezkarri:** Resultante.  
**Pare motore:** Par motor.  
**Periferiako abiadura:** Velocidad periférica.  
**Portzentaia:** Porcentaje.  
**Potentzia:** Potencia.  
**Presio:** Presión.  
**Presio absolutu:** Presión absoluta.  
**Presio erlatibo:** Presión relativa.  
**Profil:** Perfil.  
**Sabeldu:** Abombado.  
**Sekzio:** Sección (área de sección transversal).  
**Suberatu:** Recocer.  
**Tangentzial:** Tangencial.  
**Tenplatu:** Templar.  
**Tinkadura:** Recalcado (resultado de operación).  
**Tinkaketa:** Recalcado (proceso de).  
**Totxo:** Lingote.  
**Txikitze koefiziente:** Coeficiente de reducción.  
**Ukigune:** Punto de contacto.  
**Urtze:** Fusión.  
**Xafla:** Chapa.  
**Zabaldura:** Ensanchamiento.  
**Zabalera:** Anchura.  
**Zilindro:** Cilindro.

IÑAKI AZKUNE