

# Altzairuen Gogortasuna

## 1. IDEIA OROKORRA

Gogortasuna, gorputz batek beste bat beregan ez sartzeko duen erresistentzia da. Beraz, gorputz sarkor batek metal bati zenbat eta hatz txikiagoa utzi, gogortasun handiagoa izango du metalak. Altzairuen gogortasunaren neurketa industrialki egiterakoan, altzairuzko bola bat, diamantezko kono bat, e. a. erabiltzen dira gorputz sarkor bezala.

Gogortasunak, berebiziko garrantzia du altzairu eta bere tratamendu termikoetan.

Altzairu baten analisisian, gogortasunaren neurria izango da behar bada, emanik garrantzizkoena. Izan ere, altzairu baten gogortasuna bere konposizioarekin alderatuz, gutxi gorabehera altzairuaren egitura jakin dezakegu. Baita erresistentzia mekanikoa ere.

Bestetik, tratamendu termikoak egiaztatu eta kontrolatzeko, gogortasuna neurtzea da biderik errazena.

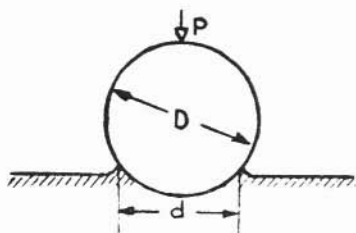
## 2. GOGORTASUNAREN NEURKETA ALTZAIRUETAN

Altzairuen gogortasuna neurtzeko, era asko daude. Baina hemen, industrialki erabiltzen diren lau neurkerak aipatuko ditugu.

Ikus ditzagun bada, gaingiroki bederen, lantegi eta laborategietan normalki erabiltzen diren lau neurkerak: Brinell, Rockwell, Vickers eta Shore izeneko neurkerak.

Brinell, Rockwell eta Vickers neurketetan, gorputz bat pisuz emeki emeki altzairuan sartzea da oinarria. Shore izeneko neurkeran berriz, errebotez neurtzen da altzairuaren gogortasun elastikoa.

**2.1. Brinell neurkera.** 1900. urtean, J. A. Brinell sueziarrak asmatua da.



1. marrazkia. Brinell neurker

Kasketearen azalera kalkulatzeko formula gogoan izanik:

$$\text{Brinell } \Delta = \frac{P}{S} = \frac{P}{\frac{\pi \cdot D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2P}{\pi \cdot D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

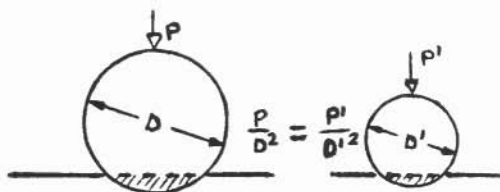
Brinell neurketa, 10 mm. diametroko altzairuzko bola batekin egin behar da noramkli. Pisua, 3000 Kg. izango da, eta entseiu denbora, 30 segundo.

E10/3000/30

E, gogortasunaren neurria da; 10, bolaren diametroa mm.tan; 3000, pisua kilotan, eta 30 denbora segundotan.

Askotan errazagoa (eta ekai bigunetan derriorezkoa) izaten da pisu eta bola txikiagoak erabiltzea. 5 mm.ko bola eta 250 kiloko pisua, esate baterako, erabili ohi dira. Baita 2,5 mm. eta 62,5 Kg.takoa ere.

Bola eta pisu desberdin hauek erabiltzerakoan gogortasunaren neurria berdina izan dadin (gai berdinerako noski), hartzek geometrikoki kidekoak izan behar dute. Baina, kidetasuna gerta dadin, pisuak diametroen karratuaren arau aurkakoak izatea nahi eta ezkoa da. (Ikus 2. marrazkia). Vickers makina aztertzerakoan ikusiko dugu kidetasun honen garrantzia.



2. marrazkia. Proporzio Konparaketa

$P/D^2$  erlazio konstante honi, «entseiu konstantea» deitzen zaio. Entseiu arruntean, konstante hau:

$$K = \frac{3000}{100} = 30$$

Beste entseiu batetan, H 5/250/30-ean adibidez, konstantearen balioa hau da:

$$K = \frac{250}{25} = 10$$

Besterik esan gabe «Brinell zifrak» erabiltzen ditugunean, entseiu arruntaz, hots, 10/3000/30 ekoaz ari gara. Bestela, gogortasunaren neurriari dagokion zifraz gainera, entseiuari dagozkienak jarri behar dira. Honela adibidez: H 5/250/30. Azken kasu honetan, gai berdinentzat gogortasunaren zifra desberdina izango dugu, entseiu ere desberdina egin dugulako.

Entseiu desberdinetako gogortasunen neurriak elkarrekin parekatzeko. baliokideak ateratzeko e. a., zenbait taula eta diagrama badago.

Alzairu gogorrek neurtzeko, Brinell sistemak badu oztopo bat. Presioa eragiterakoan, bola deformatu egiten da, eta behar baino zifra txikiagoak ateratzen dira. Izan ere bola deformatutakoan, hatz handiagoa uzten du. Entseiu normaletan, hatza 2,7 mm. baino txikiagoa baldin bada. neurketa txarra izan ohi da.

Oztopo hau gainditzeko, bola gogorrek erabiltzen dira (metal karburuak). Altzairua baino erresistentzia handiagoa izanik, gutxiago deformatzen dira. Brinell neurketak, badu beste propietate interesgarri bat. Muga batzuen barruan, harreman bat badute gogortasunak eta «trakzio erresistentziak». Formula hauek erabil daitezke trakzio erresistentzia ezagutzeko:

$$R = \Delta \times 0,36 \text{ K/mm}^2 \text{ (karbono altzairuetan: 30 eta 100 K/mm}^2\text{-ren bitartean bakarrik).}$$

$$R = \Delta \times 0,34 \text{ K/mm}^2 \text{ (altzairu kromonikeltsuetan: 65 eta 100 K/mm}^2\text{-ren bitartean bakarrik).}$$

Ikusten denez, frogetarik hautsi gabe, altzairuaren erresistentzia gutxi gorabehera jakin daiteke (100 K/mm<sup>2</sup>raino).

Beraz, konstrukzio altzairuen trakzio erresistentzia atera dezakegu Brinell neurkeraren bidez.

Emandako formulak, burdin gozo eta altzairuetan bakarrik erabil daitezke. Inola ere ez beste metaletan.

**2.2. Rockwell neurkera.** Entseiu mota hau, 1924. urtean asmatu zuten Iparameriketan. Arrazoi askogatik, industrialki gehien erabiltzen den neurkera da. Gainera, bukatutako piezen gogortasuna azkar jakin daiteke sistema honetaz baliaturik.

Brinell neurkerarekin, futsean desberdintasun hau du: hatzaren azalera neurtu beharrean, Rockwell entseietan hatzaren sakonera neurtzea. Gainera, Rockwell neurkeran, bi pisu erabiltzen dira. Hasieran pisu bat eragiten da, eta gero, pisu nagusia gainjartzen zaio.

Neurtu behar den gogortasunaren arauera, bi Rockwell entseiu mota daude. Hauetxek dira:

**2.2.1. Rockwell C (Rc) neurkera.** Pieza gogorretarako. Gorputz sarkorra, diamantezko kono bat da. Erpinean,  $120^\circ$  ditu. Lehen pisua, 10 kilokoa da, eta zama nagusia, 140 kilokoa. Guztira, 150 kilo.

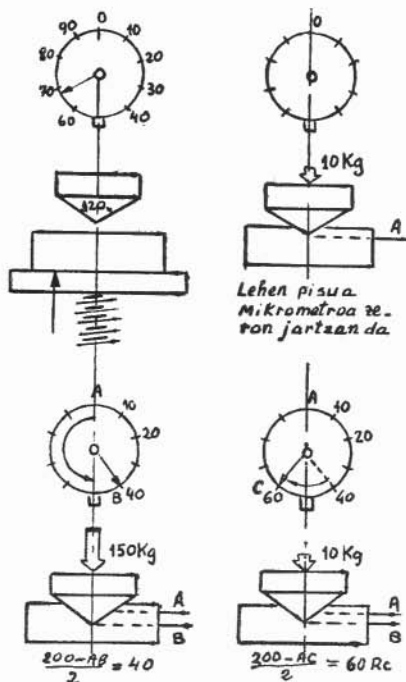
**2.2.2. Rockwell B (Rb) neurkera.** Ekai bigunetarako erabiltzen da. Gorputz sarkorra,  $1/16''$  diametroko bola da. Lehen pisua, 10 kilokoa, eta nagusia, 90 kilokoa. 100 kilo guztira.

Rockwell neurkeraren teknika, 3. marrazkian erakusten da. Mikro metroak, bi eskala ditu. Rc eskalak, 100 zati ditu; 0-tik 100 -era. Rb eskalak, zati berberak ditu. Baina 30 unitate gehiago ditu zati bakoitzean. Rc-ren 0-an, Rb-rako 30 dago; Rc-ren 20an, Rb-rako 50; Rc-ren 30ean Rb-rako 60, eta abar.

Rockwell makinan, konoa ala bola  $0,2\text{ mm}$  sakontzen denean, mikrometroaren orratzak bira oso bat eman behar du. Gainontzeko zehaztasunak, marrazkian ikus daitezke.

Mikrometroaren orratza, zifra handitik hasi eta txikiagoen aldera doa. Beraz, ekaia zenbat eta bigunago, orratza gehiago mugitu eta A-B zifra txikiagoa seinalatzzen du, bidezko denez

Gogortasuna, deformazio iraunkorrean neurtu behar da, eta ez deformazio elastikoan. Bestela, okerreko zifrak aterako genituzke. Gogortasun berdineko bi altzairutan, deformazio elastikoko zifrak hartuta, balio desberdinak izango ditugu.



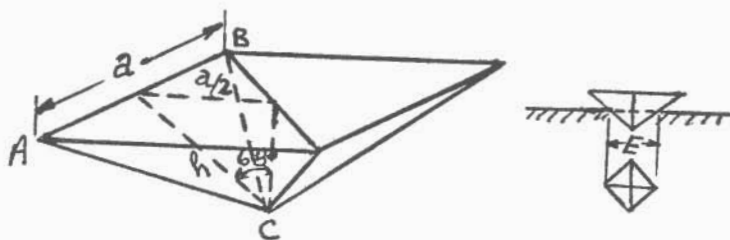
Deformazio elastikoa Deformazio iraunkorra  
3. marrazkia. Rockwell neurkera. Mikro-  
metroaren aslerak, 100 zati ditu, eta bira  
osoari,  $0,2\text{ mm}$  ( $200\mu$ ) dogokio.

Brinell neurkeran erosotasunagatik pisu eta bolaren diametroak aldatzen diren bezala Rockwell makinetan ere erabiltzen dira pisu eta eskala bereziak. Baita bola desberdinak ere. A eskala (konoa eta 60 kiloko pisua guztira), D eskala (konoa eta 100 kiloko pisua guztira), eta F eskala (1/16"ko bola eta 60 kiloko pisua guztira) adibidez, maiz erabiltzen dira.

Eskala berezi horiekin lan egiteko, eskala arruntekiko dituzten baliokidetasunak ezagutu behar dira. Badira taula eta diagrama batzuek horretarako. Bestela, gogortsun jakineko altzairuak erabiliz, baliokidetasunak atera egin behar dira.

Rockwell neurkerak, abantaila asko du. Makina erabiltzea, oso erraza da. Minutu bat nahikoa da gogortasuna jakiteko gainera. Bestetik, ez du piezarik hondatzen entseia egiterakoan. Gehienez 0,25 mm.ko zulotxo txiki bat besterik ez bait dio egiten. Rodamendu ola batetan adibidez, rodamenduen gogortasuna neur daiteke, tratamendua gaizki emanda daudenak zokoratzeko.

**2.3 Vickers neurkera.** Esan dugunez, industrian erabiltzen den neurkerarik onena Rockwell-a den bezala, laborategietan, Vickers neurkera dute gogozkoena. Neurketa zehatzenak sistema honen bidez egiten bait dira. Ingelesek asmatua da: Brinell-aren antzekoa. Oinarria, gorputz lat altzairuan sartu eta hatzaren azalera jakitea da. Gogortasuna, pisua azalera zatituta ateratzen da, Brinell neurkeran bezalaxe. Baina, gorputz sarkorra, ez da bola bat; alde artean 136°ko angelua duen diamantezko piramidea baizik.



4. marrazkia. Diamantezko piramide Vickers - a

Piramide honek, hatz karratu bat uzten du, eta karratuaren diagonalak neurtzen da. Berez, bi diagonalak neurtu eta bien batazbestekoa atera behar litzateke.

Hatzaren diagonalak E eta hatzaren azalera S izanik (ikus 4. marrazkia):

$$S = 4 \times \text{ABC-ren azalera. Eta ABC-ren azalera} = \frac{a \times h}{2}$$

$$\text{Bestetik, } h = \frac{a/2}{\sin 68^\circ} = \frac{a}{2 \sin 68^\circ}$$

$$\text{Beraz, ABC-ren azalera} = \frac{a \times \frac{a}{2 \sin 68^\circ}}{2} = \frac{a^2}{4 \sin 68^\circ}$$

$$\text{Eta, } S = 4 \times \text{ABC-ren azalera} = 4 \times \frac{a^2}{4 \sin 68^\circ} = \frac{a^2}{\sin 68^\circ}$$

$$\text{Baina, } E^2 = 2a^2, \text{ eta } a^2 = \frac{E^2}{2}$$

$$\text{Beraz, } S = \frac{E^2/2}{\sin 68^\circ} = \frac{E^2}{2 \sin 68^\circ} = \frac{E^2}{1,854}$$

E diagonalaren neurria ezagutuz gero, Vickers gogortasuna aterako dugu.

$$\text{Izan ere, } H = \frac{\text{Pisua}}{\text{Hatzaren azalera}} = \frac{P \times 1,854}{E^2} = \text{Vickers gogortasuna}$$

(K/mm<sup>2</sup>-tan)

Neurkera honek, abantaila nagusi bat du. Edozein pisu erabil daiteke (1 etik 120 kiloraino, arauak 30 kilo erabiltzea gomendatzen baldin badu ere). Hatzak, kidekoak bait dira. Gainera, ez dago «entseiu konstanterik».

Diamante puntaren 136°ko angelua, Vickers eta Brinell zifrak berdinak izan ditezten aukeratu da. Balioa 400 izan arte, berdintsuak dira zifra horiek. Baina hortik gora ez, bolaren deformazioa dela eta.

Vickers makina berriek, piramidea jaso ahala mikroskopoa zuzentzen dute hatzera.

Sistema hau, Rockwell-a baino zehatzagoa da. Izan ere, diagonalak

sakonera baino zazpiren bat aldiz handiagoa da. Diagonala neurtzea, beraz, zazpi bider zehatzagoa izango da.

**2.4. Shore neurkera.** Francis Shore iparrameriketarrak asmatua da. Beti altura berdinetik erortzen den gabitxo bat da. Entseiatu nahi den piezan errebote egiten duenean, gora doa berriro gabitxoa. Zenbat eta pieza gogorragoa izan, gorago igoko da gabitxoa.

Neurkera honekin ateratako balioak, ez dira oso zehatzak. Gogortasunaren eskala, 0 eta 140 bitartekoa da, eta errebote egin ondoren, gehie-  
nez 30 zentimetro igotzen da gabitxoa.

Gogortasunaren neurketa hauek, ez dute beste neurkerekkin lotzen dituzten formularik. Baliokidetzak dakarten taulak ikusi behar dira horretarako. Gaur egun, Shore neurkera oso gutxi erabiltzen da.

### 3. GOGORTASUNEN BALIO ETA BALIOKIDETZAK

Ondoren, zenbait ekaik duen gogortasuna ipiniko dugu Brinell zifratan:

Eztainuak .....	14
Zinkak .....	46
Kobreak .....	55
Letoiak .....	70
Brontzeak (90 kobre, 10 eztainu) .....	80
Brontzeak (84 kobre, 16 eztainu) .....	117
Altzairu extragozoak .....	110
Altzairu gogor (karbonoa 0,8) suberatuak	210
Erreminta altzairu tenplatuak .....	580
Altzairu bereziak .....	700eraino

Gogortasun guztiak Brinell zifratan ematea posible izan arren, gaur egun industrian honela erabiltzen dira neurkera desberdinak:

Burdin ala altzairu suberatuetan ..... Brinell - Rockwell B.  
 Erreminta altzairu tenplatueta ..... Rockwell C - Vickers.  
 Pieza zimentatu ala nitruratueta ..... Vickers - Rockwell C.  
 Masa handiko pieza guztiz gogorretan ..... Shore - Vickers - Rockwell

Eta azkenik, ikus ditzagun gogortasun neurkera desberdinen baliokidetzeta batzu:

GOGORTASUNA					TRAKZIO ERRESISTENTZIA K/mm <sup>2</sup> -tan
BRINELL	ROCKWELL		VICKERS	SHORE	
10 mm.ko bola eta 3000 kilo	C 150 kilo Diaman- tezko konoa 120°	B 100 kilo 1/16"ko bola			
712	66		960	95	246
682	64		885	91	235
627	60		765	84	218
578	57		675	78	200
534	53	119	598	72	184
495	50	117	540	67	170
461	47	116	494	63	159
429	45	115	454	59	149
401	42	113	420	55	138
375	40	112	389	52	128
352	37	110	363	49	120
331	35	109	339	46	113
311	33	108	316	44	106
293	31	106	296	42	100
277	29	104	279	39	95
262	26	103	263	37	90
248	24	102	248	36	86
235	22	99	235	34	82
223	20	97	223	32	78
212	17	96	212	31	73
202	15	94	202	30	70
192	12	92	192	28	67
183	9	90	183	27	64
174	7	88	174	26	61
166	4	86	166	25	59
159	2	84	159	24	56
153		82	153	23	54
146		80	146	22	52

I. Azkune