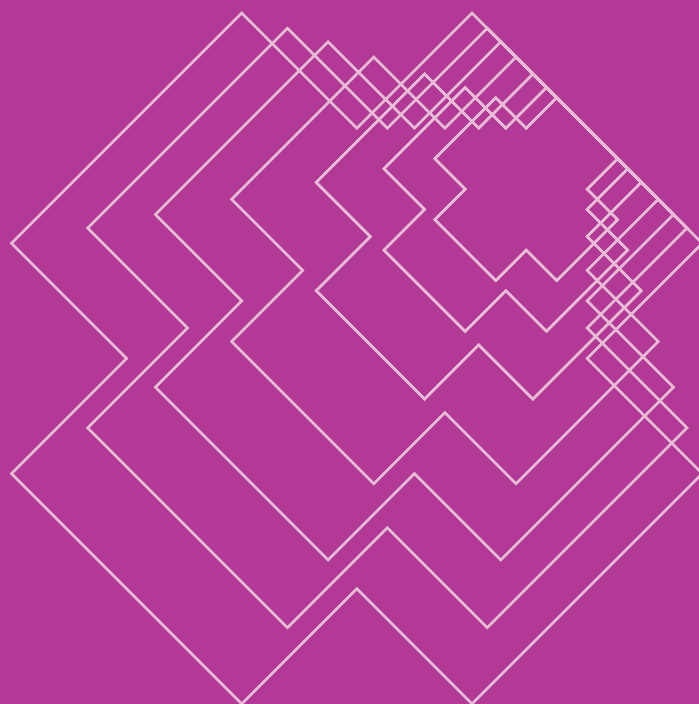


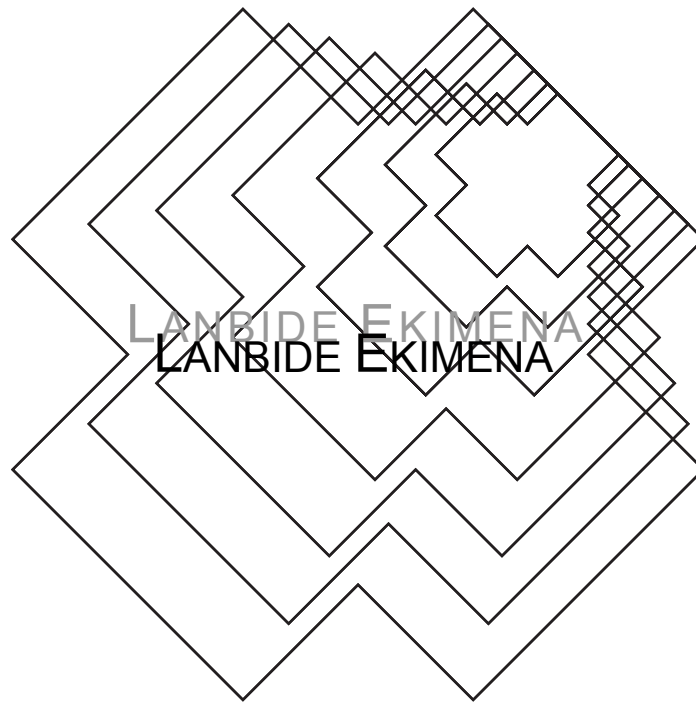


MAKINA-ELEMENTUAK

Materialak



**LANBIDE
EKIMENA**



▣ **Proiektuaren bultzatzaileak**



▣ **Laguntzaileak**

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

HEZKUNTZA UNIBERTSITATE
ETA IKERKETA SAILA
LANBIDE HEZIKETAKO
ZUZENDARITZA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE
FORMACIÓN PROFESIONAL



Bizkaiko Foru
Aldundia

Lan eta Trebakuntza Saila

Diputación Foral
de Bizkaia

Departamento de Empleo y
Formación



▣ **Hizkuntz koordinazioa**



hizkuntz
ELHUYAR
zerbitzuak



Arrasateko Goi-eskola Politeknikoa

Itzultzailea(k): Uxo Larramendi

Zuzenketak: ELHUYAR Hizkuntz zerbitzuak

Maketa: Unai Lasa

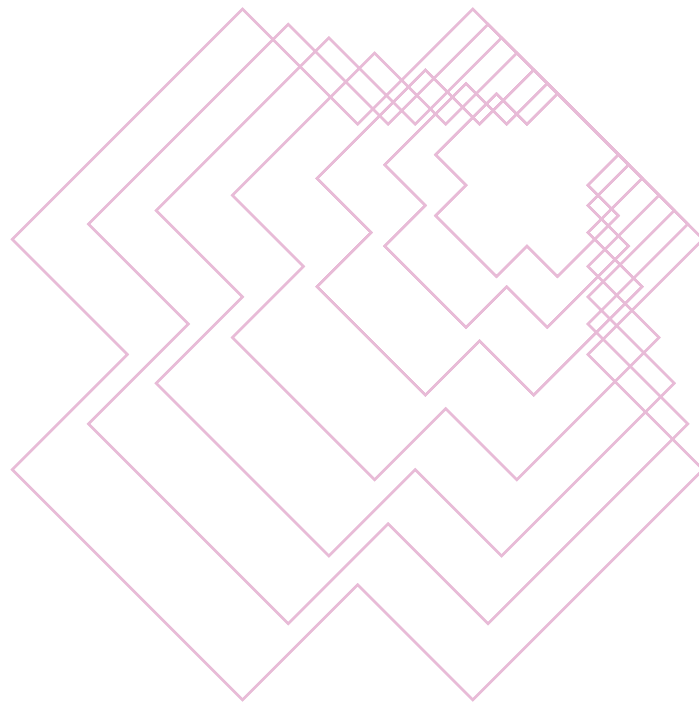
Azalaren diseinua: Naiara Beasain

2003an itzulia eta prestatua





Materialak



LANBIDE
EKIMENA

Aurkibidea

1. SARRERA.....	1
2. LORPENA.....	3
3. BURDIN ALEAZIOAK	5
4. ALEAZIO ARINAK.....	22
5. KOBRE-ALEAZIOAK	27
6. BESTE ZENBAIT MATERIAL	32
7. ZERAMIKOAK	36
8. PLASTIKOAK.....	36
9. MATERIAL KONPOSATUAK.....	43
10. GALDERAK.....	48
11. BIBLIOGRAFIA	65

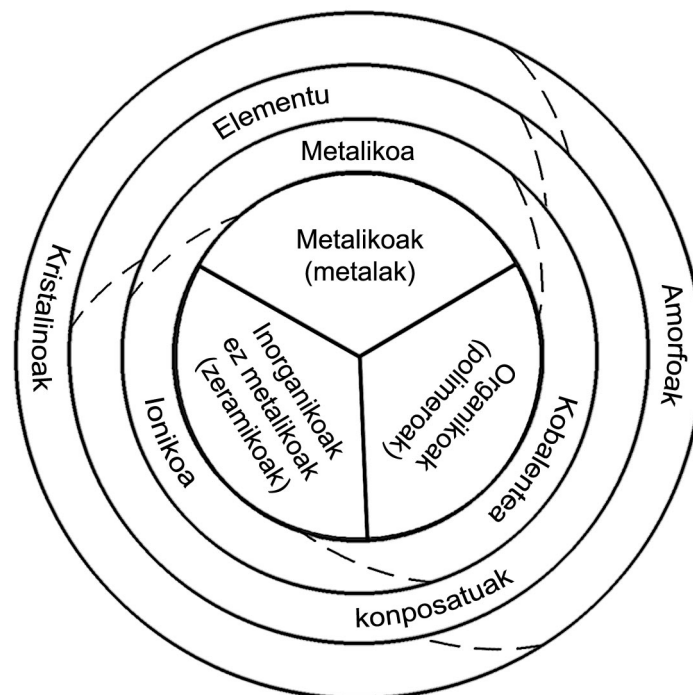
MATERIALAK

1 SARRERA

Materialek dena osatzen dute: erabilitako tresnak nahiz eraldatu nahi dugun lehengaia. Normalean, hiru multzo handitan sailkatzen dira:

- ✓ **Metalak**, hala nola burdina, letoia, kobrea,...
- ✓ **Zeramikoak**: silizea (Si O_2), alumina ($\text{Al}_2 \text{O}_3$), wolframio karburua,...
- ✓ **Organikoak o polimeroak**: plastikoak, erretxinak,...

Halaber, multzo horien material mistoak izan ditzakegu (*konpositeak*), hala nola beira-zuntzaz (erretxina + beira) edota karbono-zuntzaz (erretxina + karbonoa) indartutako plastikoak, hormigoi armatua (zementua + hondarra + legarra + altzairuzko hagatxoak) edo zernetak (zeramikoak + metalak).



1.1. irudia.

► Materialen sailkapena

Beren aldetik, metalak puruak izan daitezke, hala nola kobrea edo aluminioa, edo aleazioak, elementu puruen nahasteak, alegia; horrela, altzairua Fe + C da, letoia, Cu + Zn, brontzea, Cu + Sn, ...

Unitate didaktiko honetan metalak nola lortzen diren eta beren aleazioa, tratamendu termikoak, erabilera, etab. izango ditugu aztergai, Metalurgia izenez ezagutzen dena, alegia.

Izendatzeko, Burdinaren eta Altzairuaren Institutuak (orain CENIM) honela sailkatu zituen:

- ✓ Burdin aleazioak
- ✓ Aleazio arinak
- ✓ Kobre-aleazioak
- ✓ Beste zenbait aleazio
- ✓ Produktu sinterizatuak

Eta mota bakoitzari letra bat esleitu zion: F, L, C, V, S, hurrenez hurren. UNEk (*Una Norma Española*) sailkapen horri eutsi dio.

Aleazio metaliko erabilienak hauexek dira:

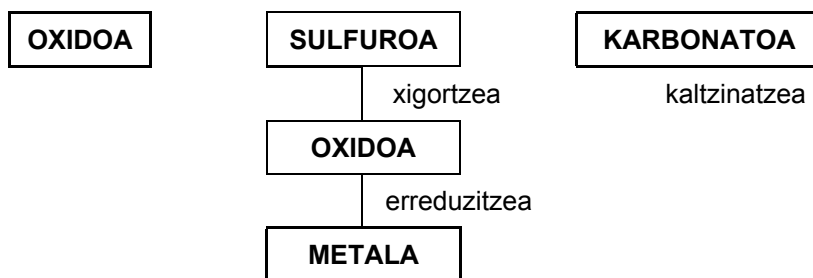
- ✓ Burdin aleazioak (burdinak, altzairuak eta burdinurtuak)
- ✓ Aleazio arinak (aluminioa, magnesioa, berilioa edo titanioa oinarri dutenak)
- ✓ Kobre-aleazioak (brontzeak eta letoiak)

2 LORPENA

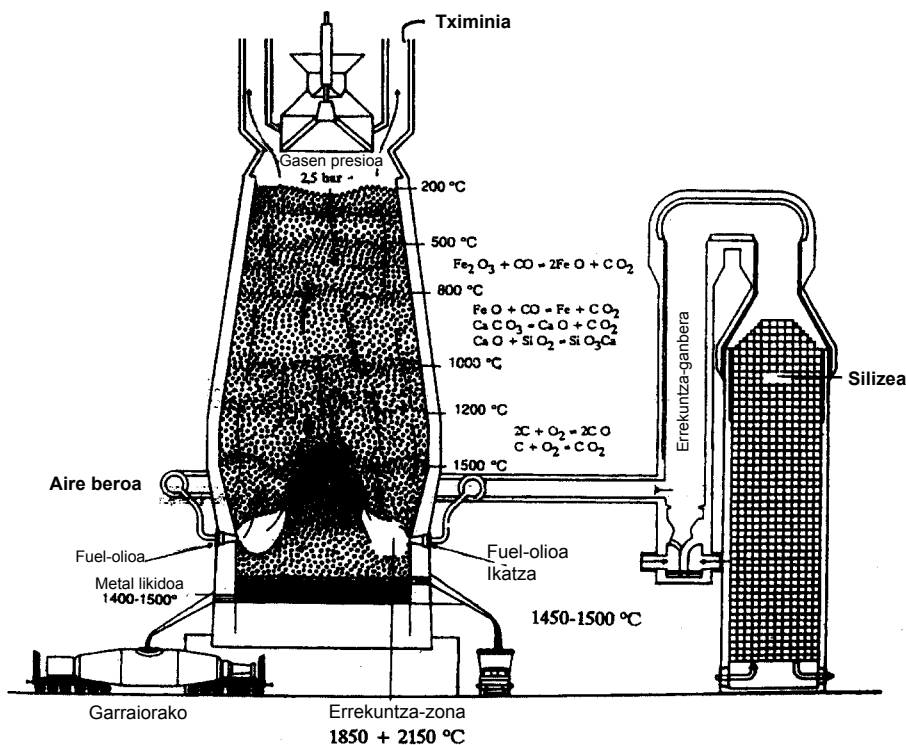
Metalak “mea” izeneko haitz edo mineraletatik lortzen dira. Mearik garrantzitsuenak hauexek dira:

- ✓ Oxidoak (burdina, manganeso eta abarrenak)
- ✓ Sulfuroak (kobre, merkurio, zink eta abarrenak)
- ✓ Karbonatoak (kobre, kaltzio eta abarrenak)

Mea atara ondoren, metala ezpurutasunetatik (ganga izenez ezagunak) bereizi egin behar da, eta horretarako hainbat metodo daude: elektrolisia (aluminioa), sulfuroak xigortzea (beruna, zinka), karbonatoak kaltzinatzea (kobre, kaltzioa), oxidoak erreduzitzea (burdina, kromoa).



Burdina lortzeari **Siderurgia** deitzen zaio eta labe garaietan egiten da.

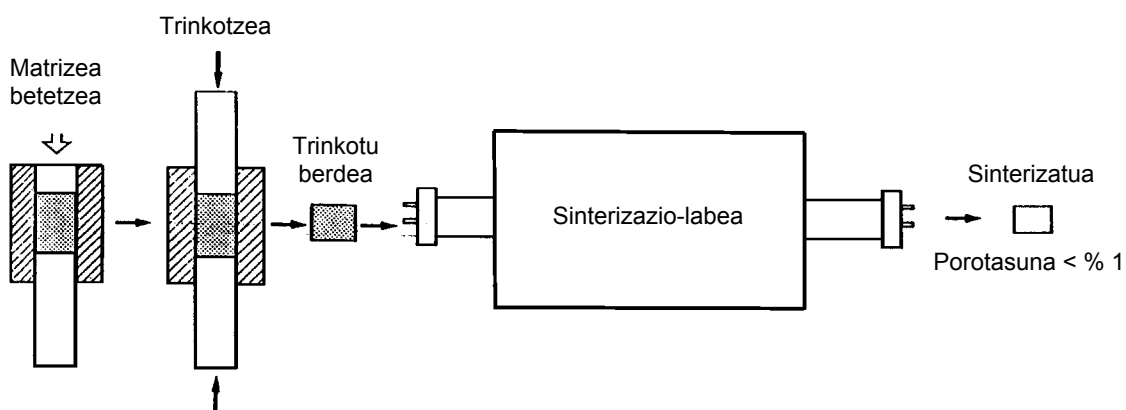
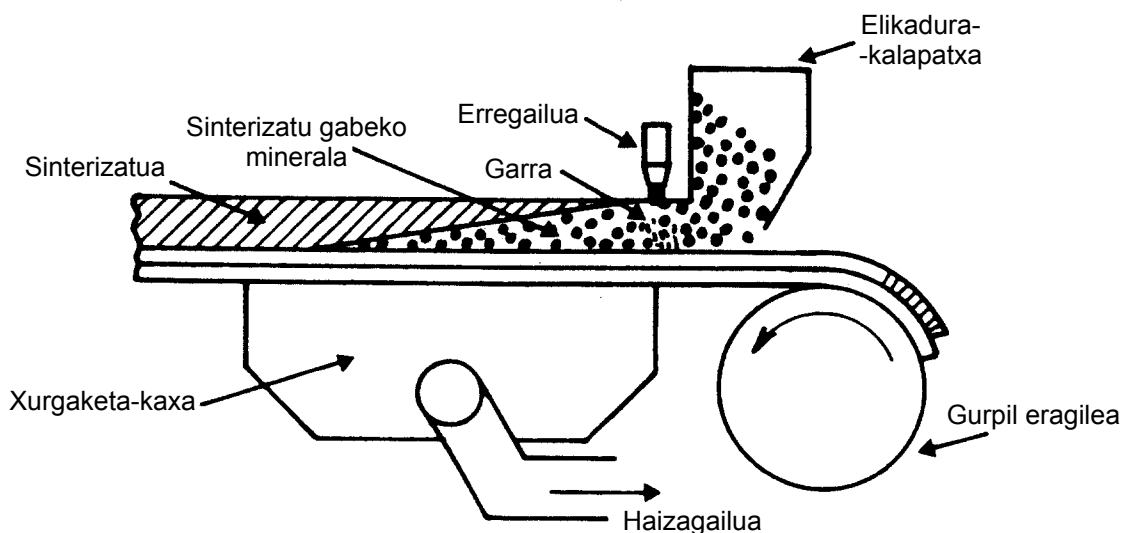


2.1. irudia. Labe Garaiaren eskema.

Burdin oxidoak karbonoak eta karbono monoxidoak (CO) erreduzitzea da. Egoera likidoa lortu arte berotu ondoren, "arrabio" izenekoa lortzen da, burdin gisa erabili ezin den burdin ezpurua, alegia; findu egin behar da.

Badaude metala lortzeko beste modu batzuk; horietan garrantzitsuena sinterizazioa da, eta horrek Pulbimetalurgia edo Hautsen Metalurgia sortu du.

Teknika horretan, metal-hautsak (edo elementu nahastuenak, aleazioa lortu nahi bada) abiapuntutzat hartzen dira; beroaz eta presioaz sendotu egiten dira eta pieza gogorak sortzen dira. Metodo desberdinak egon arren, ohikoenetako bat hautsa matrize batean trinkotzea da, puntzoienez bitartez eta, ondoren, masa trinko hori berotzea, dentsifikatzen den arte (sinterizazioa). Horrela, oso urtze-puntu altua duten metal batzuk lortzen dira, hala nola tantaloa, molibdenoa eta wolframioa, edota oso altzairu aleatuak, hala nola ebaketa-altzairu lasterrak.



2.2. irudia. Bi sinterizazio-prozesuren eskema.

3 BURDIN ALEAZIOAK

Oinarrizko metala burdina duten aleazioak dira; “produktu siderurgiko” ere deitzen zaie.

Industrian erabilienak dira, burdina oso metal arrunta delako ez ezik, baita oso propietate kimiko, fisiko eta teknologiko onak dituelako ere. Aleazio-elementuen proportzioa gehituz edo aldatuz eta, halaber, tratamendu termikoez ezaugarriak aldatu egin daitezke.

Burdina metal zuri urdinxka da, harikorra eta xaflakorra, beroaren eta elektrizitatearen eroale ona. Soldatu eta forjatu egin daiteke. Aire lehorrean aldaezina bada ere, azkar oxidatzen da airea hezea denean, eta oxidoa barrualdean zabaltzen zaio.

Burdin aleazioak honela sailkatzen dira (UNE 36001 araua):

- ✓ Burdinak
- ✓ Altzairuak
- ✓ Burdinurtuak
- ✓ Ferroaleazioak
- ✓ Burdin aleazio bereziak
- ✓ Aurre-erreduzituak

Horietatik, garrantzitsuenak altzairuak eta burdinurtuak dira. Biak karbonoaz egindako burdin aleazioak dira (nahiz eta beste zenbait aleazio-elementu ere izan ditzaketen: kromoa, manganesoa, kobaltoa,...), baina konposizioa oso aldakorra izan daiteke.

3.1 Burdinak

“Burdina” izenaz honako hauek izendatzen dira:

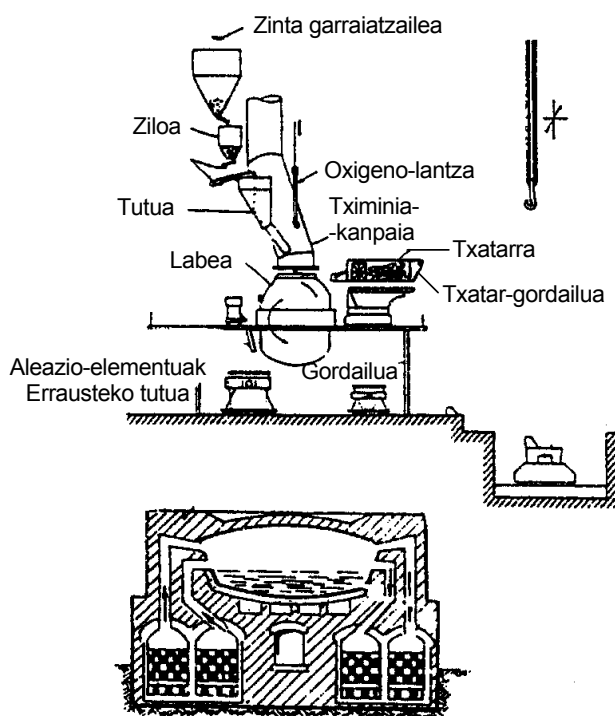
- a. “Burdina” elementu kimikoa.
- b. Burdina ez diren hainbat elementu ezpurutasun gisa soilik agertzen diren burdin produktuak.
- c. Burdin mineral baten erredukzioz edo lan mekaniko bidezko finketaz lortutako burdin produktuak.

3.2 Altzairua

Gutxienez burdina eta karbonoa dituen aleazio da, non karbonoaren edukia % 0,1etik % 2ra bitartekoa izaten den (normalean, % 1,76etik beherakoa).

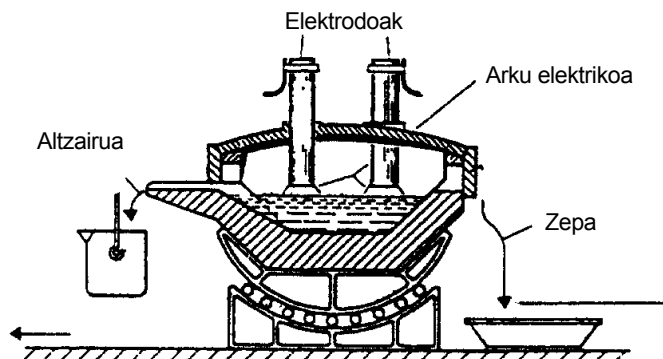
Beste aleazio-elementu batzuk ere izan ditzake, ezaugarri mekanikoak hobetzeko eta, halaber, gangako elementuak, labeko ezpurutasunak, eguratseko edo txatarreko elementuak.

Altzairua lortzeko, labe garaitik sortutako arrabioa hobetu edo findu egin behar da, ezpurutasun gehienak ezabatuz eta konposizioa doitzuz. Hori Bessemer edo Siemens-Martin bihurtailuetan, labe elektrikoetan eta abarretan egiten da.



Bessemer labe biragarria

Martin-Siemens labea

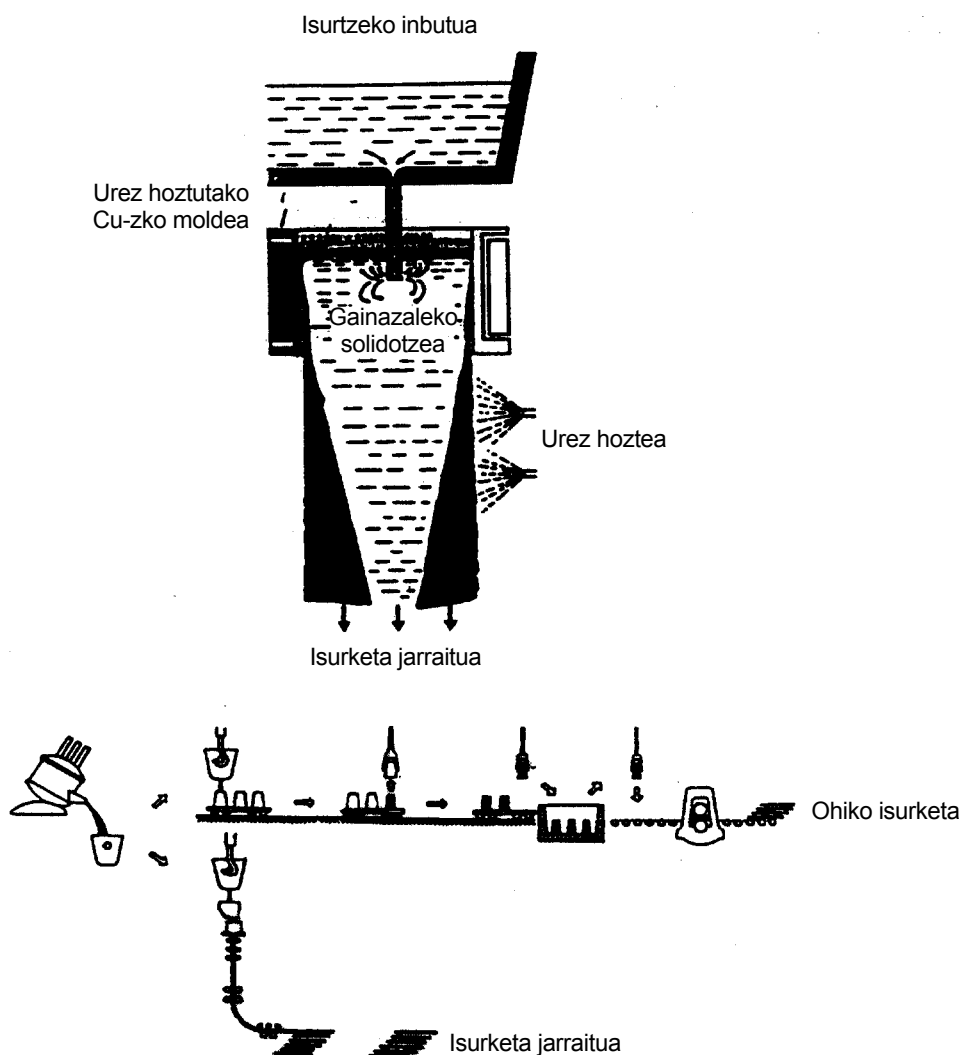


Labe elektrikoa

3.1. irudia.

Altzairu likidoa lortu ondoren, lingotontzi deitutako moldeetara isurtzen da, solido bihurtzen. Gero, lingoteak produktu komertzial bilakatzen dira, ijezketaz edo forja beroz.

Altzairua merkeago lortu ahal izateko prozesua isurketa jarraitua da; izan ere, hainbat urrats ezabatzen du (desmoldatzea,...) eta, gainera, materiala, lingoteen muturrak ezin baitira aprobetxatu.



3.2. irudia. Isurketa jarraituaren prozesua.

Altzairuak honela sailkatzen dira:

- ✓ **Karbono-altzairuak**, elementu gehigarri gutxiak ($< \% 0,5$ bada, $Mn < \% 1,6$, etab.), eta honelakoak izan daitezke:
 - Oinarrizko altzairuak
 - Kalitatezko altzairuak
 - Altzairu bereziak (tratamendu termikoetarako)
- ✓ **Altzairu aleatuak**, kalitatezko altzairuak edo altzairu bereziak izan daitezkeenak.

Aleazio-elementuak hauexek izan ohi dira: kromoa, nikela, molibdenoa, wolframioa, kobaltoa, banadioa,... eta altzairuaren propietateak hobetu egiten dituzte: erresistentzia, zailtasuna, elastikotasuna, mekanizatzeko erraztasuna,...

ELEMENTUA	EGINKIZUN NAGUSIAK
Aluminioa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eraginkortasunez desoxidatzen du 2. (Oxido edo nitruro barreiatuak sortzeagatik) alearen hazkuntza murrizten du 3. Altzairuaren nitrurazioan aleazio-elementua da
Kromoa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Korrosioaren eta oxidazioaren aurkako erresistentzia areagotzen du 2. Tenplagarritasuna areagotzen du 3. Tenperatura altuetan erresistentzia gaineratzen du 4. Urraduraren eta higaduraren aurkako erresistentzia (karbono ugariarekin)
Kobaltoa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Goritasunaren aurreko gogortasuna mantentzen du, ferrita gogortuz
Manganesoa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sufreak eragindako hauskortasunari aurre egiten dio 2. Tenplagarritasuna kostu txikiaz areagotzen du
Molibdenoa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Austenitaren alea hazten hasteko tenperatura igotzen du 2. Gogortasuna sakontzen du 3. Hauskortasunerako joerari irakotaz aurre egiten dio 4. Tenperatura handi, isurpen eta goritasunezko gogortasunaren aurkako erresistentziak areagotzen ditu
Nikela	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tenplatu gabeko edo suberaturako altzairuak erresistente egiten ditu 2. Altzairu perlitiko/ferritikoak zaildu egiten ditu (batez ere tenperatura baxuan) 3. Kromo altuzko burdin aleazioak austenizatu egiten ditu
Fosforoa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Karbono baxuko altzairuaren erresistentzia areagotzen du 2. Korrosioaren aurkako erresistentzia areagotzen du 3. Ebaketa azkarreko (altzairu lasterrak) mekanizatzea hobetzen du
Silizioa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Helburu orokorreko desoxidatzaile gisa erabiltzen da 2. Lamina elektriko eta magnetikoetarako aleazio-elementua da 3. Korrosioaren aurkako erresistentzia hobetzen du 4. Elementu grafitizadorerik gabeko altzairuen tenplagarritasuna areagotzen du 5. Aleazio baxuko altzairuak erresistente egiten ditu
Titanioa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Karbonoa partikula inerteetan finkatzen du <ol style="list-style-type: none"> a) Gogortasun martensitiko eta tenplagarritasuna murrizten ditu kromo ertaineko altzairuetan b) Austenita sortzea eragozten du kromo altuzko altzairuetan c) Toki jakinetan kromoa agortzea eragozten du altzairu herdoilgaitzetan, denbora luzeko beroketan
Wolframioa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erreminta-altzairuetan, partikula gogorrak eta urraduraren aurkako erresistentziak dutenak osatzen ditu 2. Gogortasuna eta tenperatura handien aurkako erresistentzia sustatzen du
Banadioa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Austenita-alea hazten hasteko tenperatura igotzen du (ale fina sustatzen du) 2. Tenplagarritasuna areagotzen du (disolbatuta dagoenean) 3. Irakotaren aurrean erresistentzia dauka eta gogortze sekundario nabarmena sortzen du

3.1. taula. Aleazio-elementuen berriazko eraginak altzairuan.

Altzairuen izendapena

Fabrikatzaile bakoitzak bere izendapenari eusten badio ere, sailkapena arrazionalizatzeko saioak izan dira, eta hainbat arau agertu dira.

Espainian erabilienak jadanik aipatu dugun Burdinaren eta Altzairuaren Institutuarena da, zaharra izanagatik ere oraindik oso erabilia dena, eta UNE araua.

IHA delakoak (orain CENIM) altzairuak letra batez (F) eta hiru zifrez izendatzen zituen, eta honela sailkatzen zituen:

- F-100 Eraikuntza orokorreko altzairu finak
- F-200 Erabilera berezietarako altzairuak
- F-300 Korrosioaren eta herdoilaren aurkako altzairu erresistenteak
- F-400 Larrialdi-altzairuak
- F-500 Erreminta-altzairuak
- F-600 Altzairu arruntak

UNE arauak, bere aldetik, izendapen numeriko bat eta beste sinboliko bat dauka.

► **Izendapen numerikoa**

Letra bat eta lau zifra ditu.

Letrak aleazio-mota adierazten du: F, L, C, V edo S, ikusi dugunez. Altzairuek, burdin aleazioak direnez, F letra izango dute.

Lehen zifra seriea da, bigarrena multzoa, eta azken biak, gradua edo banakoa (ez dute zentzu fisikorik).

Serieak honako hauek izango lirake:

- F-1000 Erabilera orokorreko altzairu finak
- F-2000 Erabilera bereziko altzairu finak
- F-3000 Korrosioren eta herdoilaren aurkako altzairu erresistenteak
- F-4000 (ezabatua)
- F-5000 Erreminta-altzairuak
- F-6000 Altzairu arruntak
- F-8000 Altzairurtuak
- F-9000 Burdin altzairu bereziak

Eta multzo nagusiak:

- F-1100 Tenplaketa eta iraoketarako altzairu aleatu gabeak
- F-1200 Tenplaketa eta iraoketarako altzairu aleatuak. Erresistentzia handiko altzairuak
- F-1300 idem
- F-1400 Elastikotasun handiko altzairu aleatuak (Malgukietarako altzairuak)
- F-1500 Zementazio-altzairuak
- F-1600 idem
- F-1700 Nitrurazio-altzairuak

- F-2100 Altzairu mekanizaerazak
- F-2200 Altzairu soldaerazak
- F-2300 Propietate magnetikoko altzairuak
- F-2400 Dilatazio handiko eta txikiko altzairuak
- F-2500 surpenaren aurkako altzairu erresistenteak

- F-3100 Altzairu herdoilgaitz ferritikoak
- F-3200 Motor-balbuletarako altzairuak
- F-3300 Altzairu erregogorrek
- F-3400 Altzairu herdoilgaitz martensitikoak
- F-3500 Altzairu herdoilgaitz austenitikoak

- F-5100 Erremintetarako karbono-altzairuak
- F-5200 Erremintetarako altzairu aleatuak
- F-5300 idem
- F-5400 idem
- F-5500 Altzairu lasterrak eta oso lasterrak

- F-6100 Bessemer altzairuak
- F-6200 Siemens altzairuak
- F-6300 Erabilera partikularretarako altzairuak
- F-6400 idem

► **Altzairurik erabilienen sailkapena**

► **F-1000 seriea.** Eraikuntza-altzairu fin orokorrak.

<i>Izendapen numerikoa</i>	<i>Izendapen sinbolikoa</i>	<i>Izendapen arrunta</i>	<i>R kg/mm²</i>	<i>Gogortasuna</i>	<i>Erabilpenak</i>
F-1110	C15K	Altzairu ultragozoa	38tik 48ra	HB 110 135	Zailtasun handia izan behar duten makineria-elementuak. Enbutizio-prozesuetan.
F-1120	C25K	Altzairu gozoa	48tik 55era	HB 135 160	Zailtasun oneko piezak. Enbutizio-prozesuetan.
F-1130	C35K	Altzairu erdigozoa	80	HB 214 244	Erresistentzia eta zailtasun oneko buloi, torloju, burdineria eta ardatzak.
F-1140	C45K	Altzairu erdigogorra	90	HB 247 277	Ardatzak eta makineria-elementuak, transmisioak, nahiko erresistentzia handiko piezak.
F-1150	C55K	Altzairu gogorra	100	HB 278 308	Ardatzak, transmisioak, teinkagailuak. Nahiko karga handiak jasan behar dituzten piezak.

3.2. taula. 1100 multzoa. Tenplaketa eta iraoketarako altzairu aleatu gabeak.

<i>Izendapen numerikoa</i>	<i>Izendapen sinbolikoa</i>	<i>Izendapen arrunta</i>	<i>R kg/mm²</i>	<i>Gogor-tasuna</i>	<i>Erabilpenak</i>
F-1210		Ni-altzairua (3% Ni)	80	HB 225 250	Erresistentzia eta zailtasun handiko piezak: birabarkiak, bielak, ardatzak, etab.
F-1220		Cr/Ni-altzairu gogorra	100	HB 280 305	Oso kargatuta dauden birabarkiak, bielak, ardatzak. Egranajeak eta erreduktore-koroak, espeka-ardatzak.
F-1230		Cr/Ni-altzairu zaila	85	HB 235 265	Birabarkiak, bielak, erresistentzia handiko ardatzak
F-1240		Cr/Mo-altzairu gogorra	120	HB 337 367	Birabarkiak, bielak eta ardatzak. Erresistentzia handiko piezak
F-1250	35 Cr Mo 4	Cr/Mo-altzairu zaila	105	HB 295 325	Makineria eta motorretarako erresistentzia ertaineko piezak
F-1260	32 Ni Cr Mo 16	Cr/Ni/Mo-altzairu gogorra	115	HB 301 351	Oso kargatuta dauden birabarkiak, bielak eta ardatzak. Erantzukizun-piezak, pistoi-ardatzak.
F-1270	35 Ni Cr Mo 7	Cr/Ni/Mo-altzairu zaila	110	HB 295 325	Abiazio- eta automobilismo-piezak, esfortzu handietarako: birabarkiak, ardatzak, etab. Neke, bihurtura, flexio eta abarreko esfortzuak.
F-1280	35 Ni Cr Mo 4	Aleazio baxuko altzairu gogorra	110	HB 301 337	Automobilismoko eta trenetako piezak

3.3. taula. 1200 multzoa. Tenplaketa eta irakotetarako altzairu aleatuak.

<i>Izendapen numerikoa</i>	<i>Izendapen sinbolikoa</i>	<i>Izendapen arrunta</i>	<i>R kg/mm²</i>	<i>Gogortasuna</i>	<i>Erabilpenak</i>
F-1310		Cr/V-altzairua, boladun kojinetekoa	200 220	HRC 60 63	Boladun kojinetekak, arrabolak, etab.
F-1320		Cr/Ni-altzairua, autotenplekoa	110	HB 309 339	Zementatu gabeko engranajeak. Estanpaziorako matrizeak, zizaila-hortzak, etab.
F-1330		Cr/Ni/Mo-altzairua, autotenplekoa	125	HB 340 370	Gogortasuna handiko piezak, nekearen aurkako erresistentzia handikoak, engranajeak, erreduktore-piezak, etab.

3.4. taula. F-1300 multzoa.

<i>Izendapen numerikoa</i>	<i>Izendapen sinbolikoa</i>	<i>Izendapen arrunta</i>	<i>R kg/mm²</i>	<i>Gogortasuna</i>	<i>Erabilpenak</i>
F-1440	56 Si 7	Altzairu manganosilizioa oliotako tenplaketa	170	HRC 50 52	Balezta-malgukiak eta malguki handiak
F-1450	50 Si 7	Altzairu manganosilizioa uretako tenplaketa	150	HRC 47 49	Balezta-malgukiak eta malguki handiak

3.5. taula. F-1400 multzoa. Elastikotasun handiko altzairuak.

<i>Izendapen numerikoa</i>	<i>Izendapen sinbolikoa</i>	<i>Izendapen arrunta</i>	<i>R kg/mm²</i>	<i>Gogortasuna</i>	<i>Erabilpenak</i>
F-1530		Cr/Ni-altzairu gogorra	120	-	Erantzukizun handiko engranaje zementatuak, abiazio- eta automobilismo-motorretarako.
F-1540	15 Ni Cr 11	Cr/Ni-altzairu zaila	95	HRC 60	Espekak, diferentzialetarako engranajeak, abiadura-kaxak.
F-1550	18 Cr Mo 4	Cr/Mo-altzairua	95	HRC 60	Zementatu behar diren engranajeak. Higidura eta esfortzu handiak. Pinoiak, koroak.
F-1560	14 Ni Cr Mo 13	Cr/Ni/Mo-altzairu gogorra	130	HRC 60	Birabarkiak, bielak, zorroak eta eskakizun handiko makinak eta motorren piezak.

3.6. taula. F-1500 multzoa. Zementazio-altzairuak.

➤ **F-5000 seriea**

<i>Izendapen numerikoa</i>	<i>Izendapen sinbolikoa</i>	<i>Izendapen arrunta</i>	<i>Gogortasuna HRC</i>	<i>Erabilpenak</i>
F-5510	14-0-1	% 14 W-ko altzairu lasterra	61-64 bitartean	Muturreko ezaugarriak gabeko tresnak profil finak, karrakak pikatzeko beranak, etab. ebakitzeko.
F-5520	18-0-1	% 18 W-ko altzairu lasterra	62-65 bitartean	Otxabuetarako ebaketa-tresnak, karraskaka pikatzeko hortzak, material zailak lantzekoak.
F-5530	18-1-1-5	% 5 Co-ko altzairu oso lasterra	62-65 bitartean	Errendimendu eta iraupen handiko tresnak, ebakitzeko abiadura handikoak, erresistentzia handiko altzairu-lanak, eskopreak, fresak, hariztatzeko ardatzak, zerretako ordezeko hortzak.
F-5540	18-1-1-10	% 10 Co-ko altzairu superlasterra	62-66 bitartean	Material gogorretarako errendimendu handieneko tresnak, ebakitzeko abiadura eta txirbil-sekzio handikoak. Ez da oso egokia erreminta fin eta delikatuertarako.

3.7. taula. F-5500 multzoa. Altzairu lasterrak.

▶ **Izendapen sinbolikoa**

Altzairu bat motaren arabera eta, hala badagokio, graduaren arabera izendatzen da eta, ondoren, bere ezaugarriak definitzen dituen UNE araua dator. Alderak badaude, egokitzen jotzen diren ikur guztiak adieraziko dira, arauaren arabera kodifikatuta. Altzairu moldatuek, dagokien izendapenez gain, AM izango dute aurretik.

Altzairuak beren konposizio kimikoaren arabera nahiz erabilera-ezaugarrien edo propietateen arabera izendatzen dira.

- ✓ **Konposizio kimikoaren arabera definitutako altzairuak:** garrantzitsuena konposizioa da, ez propietate mekanikoak. Altzairu aleatuetan konposizio kimikoa da egin beharreko tratamendu kimikoak erabakitzen dituen; eraldatu egin behar diren erabilera berezietarako altzairuetan (ber-ijezketa, forja, trefilaketa, etab.), azken produktuaren ezaugarriak eraldaketa-prozesuaren arabekoak dira.

- Altzairu berezi aleatu gabeak: C letra + % C x 100.

Adibidez, F-1140 altzairua, % 0,45 C duena, sinbolikoki C45 gisa izendatzen da.

- Altzairu berezi aleatuak, aleazio-elementuak % 5etik behera dituztenak:
 $\% C \times 100$ eta jarraian oinarritako aleazio-elementuen ikurrak, ehunekorik handienetik txikienera ordenatuta eta garrantzitsuenen batez besteko ehuneko bider n faktore bat (ikus 1.8. taula).

<i>Aleazio-elementua</i>	<i>n</i>
Co Ni Cr Si Mn W	4
Al Pb Be Ta Cu Ti Mo V Nb Zr	10
N P S	100
B	1000

3.8. taula.

Biderketa zenbaki oso txikiagora biribiltzen da lehen zifra hamartarra 5 edo txikiagoa bada, eta handiagora 5 baino handiagoa bada.

Ehuneko bat baino gehiago adierazi behar bada, bakoitzerako bi zifra erabiliko dira (lehena 0 izan daiteke).

Adibidea:

	<i>% C</i>	<i>% Ni</i>	<i>% Cr</i>	<i>% Mn</i>	<i>% Mo</i>	
F-1200	0,38		0,65	0,75	-	38 Cr 3
F-1250	0,35		1	0,75	0,2	35 Cr Mo 4
F-1280	0,35	0,85	0,75	0,55	0,23	35 Ni Cr Mo 4

3.9. taula.

- Altzairu berezi aleatuak, aleazio-elementuak % 5etik gorakoak direnean: $X + \% C \times 100$ adierazpenaz izendatzen dira. Ondoren aleazio-elementu nagusien ikurrak doaz, eta beren ehunekoak (bi zifra), ikurren ordena berean eta zenbaki oso handienera biribilduta.

Adibidea:

	% C	% Cr	% Mo	% Ni	Beste zenbait	
F-3110	0,06	13	-	< 0,5		X6 Cr 13
F-3423	0,46	16,5	1,25	< 1		X46 Cr Mo 16
F-3503	0,02	19	-	10		X2 Cr Ni 19-10
F-3535	0,06	17	2,5	12	(5xC≤Ti≤0,8)	X6 Cr Ni Mo Ti 17-12-03

3.10. taula.

- Erabilera orokorreko altzairu aleatu gabeak: % C x 100 + Q + % Mn x 40. Azken produktu hori lehen bi zifra esanguratsuetara biribiltzen da.
- Erabilera orokorreko altzairu aleatuak: altzairu berezi aleatuak bezala izendatzen dira, Q aurretik ezarrita.
- Altzairu lasterrak: hiru zifra-multzo gidoi batez bereizita Co-rik gabeko altzairuetarako, eta lau zifra-multzo elementu hori duten altzairuetarako; zifrak W, Mo, V eta Co elementuen batez besteko edukiak dira.

Adibidea:

	% C	% Cr	% W	% Mo	% V	% Co	
F-5520	0,78	4	17,95	-	1	-	18-0-1
F-5563	1,5	4,3	12,2	0,85	5,15	4,95	12-1-5-5
F-5613	0,9	4	6,2	5,05	1,95	4,95	6-5-2-5

3.11. taula.

✓ **Erabiliera-ezaugarrien edo propietate fisikoen arabera izendatutako altzairuak**

- Trakzio-erresistentziaren arabera izendatutako altzairuak: A + R_{min} Kp/mm²

Adibidea: F-6200 A 31






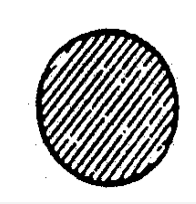
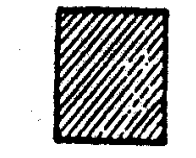
- Muga elastikoaren arabera izendatutako altzairuak: AE + I.e. Kp/mm²

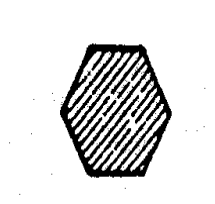
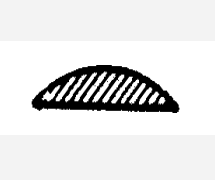
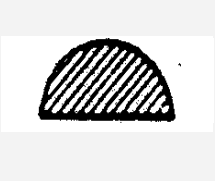
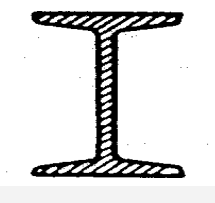
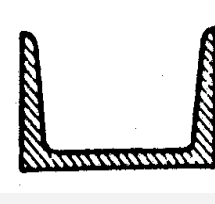
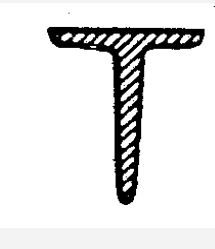
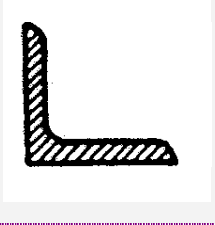
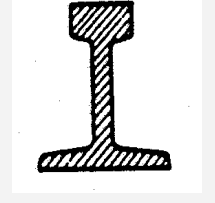
Adibidea: F-6210 AE 27.5

- Ezaugarri partikularren arabera izendatutako altzairuak: A + (W: ezaugarri magnetikoak; P: enbutizio-ezaugarriak) + maila

Adibidea: AP 03

Forma komertzialak

<i>Forma</i>	<i>Izena</i>	<i>Definizioa</i>
	Plano zabala	4 mm-tik 10 mm-ra bitarteko lodiera eta 200 mm-tik 600 mm-ra bitarteko zabalera izan dezakeen ebakidura angeluzuzeneko produktua.
	Janta	10 mm-tik 120 mm-ra bitarteko lodiera eta 10 mm-tik 200 mm-ra bitarteko zabalera izan dezakeen ebakidura angeluzuzeneko produktua.
	Pletina	4 mm-tik 10 mm-ra bitarteko lodiera eta 10 mm-tik 200 mm-ra bitarteko zabalera izan dezakeen ebakidura angeluzuzeneko produktua.
	Zumitza	4 mm-tik beherako lodiera eta 200 mm-tik beherako zabalera duen ebakidura angeluzuzeneko produktua.
	Txapa	600 mm-tik gorako zabalera duen produktu laua. Lodieraren arabera, lodia (6 mm-tik gorakoa), ertaina (3-6 mm) eta mehea (3 mm-tik beherakoa) izan daiteke.
	Biribila	Diametroa 5 mm-tik 200 mm-ra bitartekoa duen ebakidura zirkularreko produktua.
	Karratua	Aldea 8 mm-tik 100 mm-ra bitartekoa duen ebakidura karratuko produktua.

	<p>Hexagonala</p>	<p>Ebakidura hexagono erregularra duen produktua. Aurpegien arteko lodiera 5 mm-tik 70 mm-ra bitartekoa da.</p>
	<p>Eskubanda</p>	<p>Erpin biribildudun segmentu zirkularreko ebakidura duen produktua.</p>
	<p>Biribilerdia</p>	<p>Ebakidura 10 mm-tik 25 mm-ra bitarteko erradio-dun zirkuluerdia duen produktua.</p>
	<p>Habea</p>	<p>I itxurako ebakidura duen produktua.</p>
	<p>U itxurako profila</p>	<p>U itxurako profila duen produktua.</p>
	<p>T itxurako profila</p>	<p>T itxurako profila duen produktua.</p>
	<p>Angeluarra</p>	<p>Angelu zuzeneko itxurako profila duen produktua. Alde berdinak nahiz desberdinak izan ditzake.</p>
	<p>Erraila</p>	<p>Ebakidura berezietako produktua, gainerik tranbia, tren eta abarrak mugitzeko egokia.</p>

3.12. taula. Forma komertzialak.

3.3 Burdinurtuak

Burdinurtu deitzen zaie % 2,5etik % 4ra bitarteko karbonoa duten burdin aleazioei. Gainera, silizioa, manganesoa, fosforoa eta sufrea izan ohi dute.

Gogorrak eta hauskorak dira, ez dira harikorak ez eta xaflakorak ere, eta ezin dira forjatu. Oso konpresio-erresistentzia handia dute, baina oso txikia trakzio- eta talka-erresistentzia.

Beren ezaugarri nagusia moldatzeko oso errazak izatea da (isurgarritasuna), eta horregatik erraza da forma zaileko piezak burdinurtua bidez lortzea (hortik datorkio izena).

Burdinurtuen sailkapena

► Burdinurtu grisak

Karbonoak grafito-laminen itxura dauka.

Burdinurtu griseko pieza bat hausten bada, grafitoa dela-eta hausturako azala grisa dela ikusi ahal izango dugu; hortik datorkio izena.

Pieza moldatuak lortzeko erabiltzen da, hala nola bankadak, karkasak, abiadura-kaxak, etab.

Ongi mekanizatzen dira eta erresistentzia handia dute higaduraren aurrean. Beren erresistentzia mekanikoa 10etik 45 kg/mm²-ra bitartekoa da, eta gogortasuna, 155-300 HB-koa.

Pieza-mota		% konposizioa				
		C	Si	Mn	P	S
Makineria-piezak	Lodiera txikia	3,25	2,25	0,50	0,25	0,10
	Lodiera ertaina	3,25	1,75	0,50	0,25	0,10
	Lodiera handia	3,25	1,25	0,50	0,25	0,10
Apainketa-piezak		3,50	2,75	0,50	1,00	0,10
Tutuak	Handiak	3,40	1,75	0,50	0,80	0,08
	Ertainak	3,60	2,00	0,50	0,80	0,08
Segmentuak		3,50	3,00	0,65	0,50	0,06
Zilindro-atorrak		3,25	2,25	0,65	0,75	0,08
Eztanda-motorren pistoiak		3,35	2,25	0,65	0,15	0,10
Balaztako zapatak		3,10	1,70	0,50	0,15	0,10
Erresistentzia handiako pieza meheak		2,75	2,25	0,80	0,10	0,09
Lingotontziak		3,50	1,00	0,90	0,20	0,07
Makinetako pieza bigunak		3,40	2,60	0,65	0,30	0,10
Gurpilak		3,35	0,65	0,60	0,35	0,12
Beroaren aurkako erresistentzia		3,50	1,15	0,80	0,10	0,07

3.13. taula. Burdinurtu gris erabilien konposizioa, adierazitako aplikazioetarako.

► **Burdinurtu zuriak**

Karbonoa burdinaz konbinatuta dago, burdina-karburoa (zementita) osatuz; horregatik, hautsiz gero, hausturako azala zuria ikusiko dugu.

Oso hauskorak dira eta, horregatik, tratamendu termiko baten bitartez, burdinurtu xaflakorrak lortzeko besterik ez dira erabiltzen.

► **Burdinurtu xaflakorrak**

Hasieran zuriak diren burdinurtuak, xaflatu (atmosfera jakin batean suberatu) egin direnak. Tratamendu termiko horren bitartez, aleazio-karbono gehiena ongi hauspeatzen da grafito moduan (prozedura amerikarra), edota ezabatu egiten da (prozedura europarra).

Xaflaketaren ondoren, burdinurtua arazo handirik gabe mekaniza daiteke. Bere erresistentzia 28tik 38 kg/mm²-ra bitartekoa da.

► **Burdinurtu xaflakor perlitikoak**

Aurrekoen oso antzekoak dira, baina manganeso gehiago dute; horrela, Rm = 60 kg/mm² lortzen dute, eta 165 HB-tik gorako gogortasuna.

► **Burdinurtua nodularrak**

Grafitoa dute hauek ere, grisek bezalaxe, baina lamina moduan egon beharrean esfera moduan dago eta, horrela, materiala ez da hain hauskorra. Magnesioa gaineratuz lortzen dira.

Tratamendu termikoei altzairuek bezalatsu erantzuten die: tenplazten eta iratzen badira, 70 kg/mm²-tik 90 kg/mm²-ra igaro daitezke.

Grisak bezain mekanizagarriak dira.



3.3. irudia. Burdinurtua nodularra.

► **Burdinurtu bereziak**

Burdinurtu aleatuak dira eta, hortaz, erresistentzia dute trakzioaren aurka, higaduraren aurka, beroaren aurka, gogortasuna,... baina mekanizagarritasuna konposizioaren arabera da.

 **Izendapena**

I.H.A.k serie bat esleitu zien burdinurtuei: F-800.

Dena den, gaur egun ohikoagoa da UNE sinbolikoaren izendapena:

► **Burdinurtu grisa**

FG** UNE 36-111, non ** trakzioaren aurkako gutxieneko erresistentzia den, kg/mm²-tan.

Adibidea: FG10 UNE 36111

FG35 UNE 36111

► **Burdinurtu xaflakor zuri edo europarra**

F.2.* UNE 36113, non * honako hau den

A: R_m = 36-42 kg/mm² A = % 10-4

B: R_m = 28-35 kg/mm² A = % 7-3

Adibidea: F.2.A UNE 36113

► **Burdinurtu xaflakor beltz edo amerikarra**

F.2.* UNE 36114, non * honako hau den

A: R_m = 35 kg/mm² A = % 12

B: R_m = 32 kg/mm² A = % 10

C: R_m = 30 kg/mm² A = % 6

► **Burdinurtu xaflakor perlitikoa**

F.2.* UNE 36116, non * honako hau den

A: R_m = 70 kg/mm² A = % 2

B: R_m = 65 kg/mm² A = % 3

C: R_m = 55 kg/mm² A = % 4

D: R_m = 50 kg/mm² A = % 5

E: R_m = 45 kg/mm² A = % 7

► **Burdinurto grisa, grafito esferoideduna**

FGE ** - * UNE 36118

R_m min $A\%_{min}$

Adibidea: FGE 80-2 UNE 36118

FGE 50-7 UNE 36118

FGE 38-17 UNE 36118

3.4 Ferroaleazioak

Altzairuak lortzeko erabiltzen diren produktu siderurgikoak dira. Beste elementu bat edo batzuk dituzten burdin aleazioak dira. Adibidez, honako hauek ditugu:

Ferromanganesoak:	Fe-Mn manganeso-altzairuak lortzeko
Ferrokromoak:	Fe-Cr kromo-altzairuak lortzeko
Ferrosilizioak:	Fe-Si silizio-altzairuak lortzeko
Ferrotungstenoak:	Fe-W erreminta-altzairu lasterrak eta imanetarako altzairuak lortzeko

3.5 Burdin aleazio bereziak

Aurreko multzoetan sailkatu ezin diren burdin aleazioak dira.

3.6 Aldez aurretik erreduzitutakoak

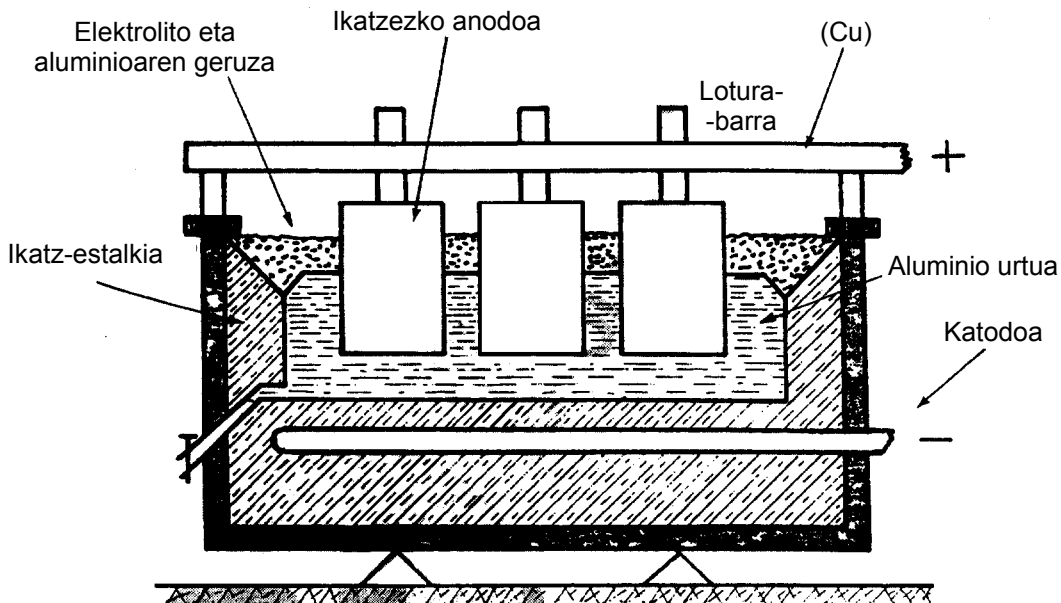
Burdinazko mineralak edo bere kontzentratuak egoera solidoan erreduzituta lortutako produktuak dira, normalean siderurgian erabiltzekoak.

4 ALEAZIO ARINAK

4.1 Aluminio-aleazioak

Aluminioa lurrazalaren osagai nagusietako bat da, bere % 8,13a baita, burdinarena (~ % 5) baino proportzio handiagoa alegia, metaletan silizioak (~ % 26,5) soilik gainditua.

Ugaria izanik ere, ezin izan zen errentagarritasunez atera joan den mendearen bukaera arte. Gaur egun bere mineraletatik (bauxita) elektrolisi bidez lortzen da.



4.1. irudia. Aluminioaren elektrolisia.

Hasiera zail haiek gorabehera, gaur egun hainbeste erabiltzearen arrazoia bere bi kalitate nagusiri zor zaie:

- ✓ Dentsitate baxua, $2,7 \text{ g/cm}^3$; horregatik aleazio arin gisa sailkatzen dira
- ✓ Erresistentzia handia korrosioren aurka

Kalitate horiek direla-eta, oso erabilia da pisua oso garrantzitsua den aplikazioetan, hala nola aeronautikan.

Aluminioak eta bere aleazioek dituzten beste ezaugarri interesgarri batzuk hauexek dira:

- ✓ Urtze-tenperatura baxua: $520-650 \text{ }^\circ\text{C}$; beraz, moldaketarako balio dute.
- ✓ Harikortasun handia; forma konplikatuetan forja eta estrusioa ahalbidetzen dira horrela.
- ✓ Makinagarritasun ona; abiadura handiak erabil daitezke horrela, altzairuaren kasuan baino energia gutxiago kontsumituz.
- ✓ Eroankortasun termiko ona, hau da, beroa erraz desagertarazten du.
- ✓ Eroankortasun elektriko ona; beraz, eroale elektrikoetan erabil daiteke.

Hala ere, bestalde:

- ✓ Hausturaren eta muga elastikoaren aurka dituen erresistentziak baxuak dira ($150-350 \text{ MPa}$ eta $100-250 \text{ MPa}$, hurrenez hurren).
- ✓ Elastikotasun-modulua ere baxua da ($69000-73000 \text{ MPa}$).
- ✓ Erresilientzia baxua.

Berez, aleatu gabeko aluminioa ondoko aplikazio hauetan soilik erabiltzen da:

- ✓ Aluminio purua (% 99,88 Al): islagailuak eta argiztatzeko aparatuak, autoaren gehigarriak, industria kimiko eta elikadura-industriako aparatuak eta tutuak fabrikatzeko.
- ✓ Aluminio teknikoa (% 99 Al): industria kimikoko garraio-ontziak, alanbre, kable eta barra eroaleak, sukaldeko tresneria, xaflak, profilak, tutuak, etab.

Normalean, aluminioa bere propietate mekanikoak hobetzen dituzten beste elementu batzuekin aleatuta erabiltzen da.

Dena den, altzairuekin gertatzen den bezala, tratamendu termikoek eta mekanikoek aldatu egin ditzakete neurri handi batean propietate mekanikoak eta, horregatik, beharrezkoa da hornidura-egoera zehaztea.

UNE 38001 arauak aluminio-aleazioak arinen artean (magnesio-, berilio- eta titanio-aleazioak ere barne hartzen dituzten artean) sailkatu ditu, eta bi serie handitan banatu:

- ✓ L-2000. Moldaketarako aluminio-aleazio arinak
- ✓ L-3000. Forjarako aluminio-aleazio arinak

Bestalde, serieak multzotan sailkatzen dira, aleazio-elementu nagusiaren arabera.

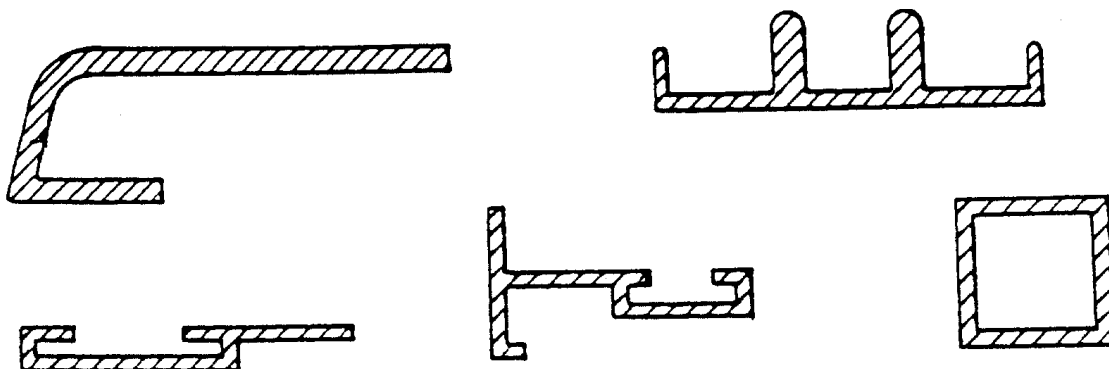
 **Moldaketarako aluminio-aleazio arin nagusiak**

Izendapen numerikoa	Aleazioa (multzoa)	Prop. mekanikoak			Ezaugarriak	Erabilpenak
		R _m (kg/mm ²)	Gogortasuna (HB)	Mekanizagarritasuna		
L-2100	Al-Cu	26	120	ona	- Erresistentzia mekaniko handia, baita tenperatur handian ere - Burdinurtua-ezaugarri (isurgarritasuna, uzkurdura, trinkotasuna, etab.) baxuak	Aplikazio aeroespazialak, diesel pistoiak eta, hegazkinetarako, zilindro-kulatak
L-2300	Al-Mg	18	80	baxua	- Burdinurtua-baldintzarik onenak - Prop. mekaniko baxuak	Forma konplikatuko eta ebakidura meheko piezen burdinurtua: karburadoreak, zilindro-blokeak, karkasak, etab.
L-2500	Al-Si-Mg	22	95	ona	- Burdinurtua-baldintza ezin hobeak - Propietate mekaniko onak - Korrosioren aurkako erresistentzia ona	Karkasak, blokeak, motor-pistoiak, etab.

4.1. taula.

Forjarako aluminio-aleazio nagusiak

Produktu forjatuak merkatuan txapa, banda, barra, tutu, aluminiozko hari eta hainbat profil estruitu gisa agertzen dira.



4.2. irudia. Estrusio-profilak.

Garrantzitsuenak hauexek dira:

Izena	Aleazioa	Propietate mekanikoak			Ezaugarriak	Erabilpenak
		R_m (kg/mm ²)	HB	Mekaniza- garritasuna		
L-3100	Al-Cu edo duraluminioa	40	125	ezin hobea	<ul style="list-style-type: none"> - Erresistentzia mekaniko handia - Korrosioren aurkako erresistentzia txikia - Soldagarritasun txarra - Ez da egokia anodizaturako 	Hegazkinetarako piezak eta egitura-zatiak.
L-3300	Al-Mg	30	60	oso ona	<ul style="list-style-type: none"> - Korrosioren aurkako erresistentzia ezin hobea - Soldagarritasuna - Egokia anodizaturako 	Untzigintza, tutuak, txapa-piezak, egitura soldatuak
L-3700	Al-Zn	54	145	ona	<ul style="list-style-type: none"> - Erresistentziarik handienekoa 	Industria aeroespazialean esfortzu handiak jasaten dituzten egitura eta piezak.

4.2. taula.

4.2 Magnesia eta bere aleazioak

► Magnesiaaren ezaugarriak

- ✓ Dentsitatea: $1,7 \text{ gr/cm}^3$, metaletan txikiena.
- ✓ Muga elastiko baxua: 45000 Mpa.
- ✓ Inguruneko tenperaturan nekez deformatzen da, horregatik 200 eta 350 °C bitartean konformatu ohi da.
- ✓ Urtze-tenperatura baxua: 651 °C.
- ✓ Magnesia-hautsa erraz erretzen da airean berotuta eta, horregatik, kontuz manipulatu da.

► Magnesia-aleazioen sailkapena

- ✓ Aleazio konformagarriak (forjaz, estrusioz,...)
- ✓ Aleazio moldagarriak
- ✓ Horietako batzuei tratamendu termiko bat eman diezaiekegu, beren propietateak hobetzeko.

► Erabilera

Hegazkinak, misilak, mailetak eta autoen gurpilak fabrikatzeko.

4.3 Titanioa eta bere aleazioak

► Titanioaren ezaugarriak

- ✓ Dentsitatea: $4,5 \text{ g/cm}^3$.
- ✓ Muga elastiko altua: 107000 MPa.
- ✓ Urtze-tenperatura altua: 1668 °C.
- ✓ Erreaktibitate kimiko altua tenperatura altuetan.

► Titanio-aleazioak

- ✓ Oso harikorrak eta erraz forjatzen eta mekanizatzen direnak.
- ✓ Korrosioren aurkako erresistentzia handia inguruneko tenperaturan.
- ✓ Immunitatea atmosferako, itsasoko eta industriako giro askoren aurrean.
- ✓ Inguruneko tenperaturan erresistentzia handia dauka.

► Erabilera

Hegazkin-egiturak, espazio-ibilgailuak, petrolio-industrietan eta industria kimikoetan. Medikuntzan.

5 KOBRE-ALEAZIOAK

Kobrea gizaki primitiboa lehenbizi erabiltzen hasi zen metaletako bat da; izan ere, garai hartan bere berezko egoeran aurki zitekeen. Orain Ipar Amerikako eta Brasilgo meatze batzuetan soilik aurki daiteke. Kobrearen aleazioetako batek (Cu-Sn) gizakiaren eboluzioaren etapa bati eman dio izena: "Brontze Aroa".

Kobrearen ezaugarriak:

- ✓ Eroankortasun elektriko ezin hobea (eroaleetarako erabiltzen da)
- ✓ Eroankortasun termiko ezin hobea (bero-trukagailuak, galdarak)
- ✓ Erresistentzia ona korrosioren aurka (tutueria sanitarioak eta txapak arkitektura-estalduretarako)
- ✓ Metal gorriska da, distiratsua, itxura atseginekoa, oso harikorra, xaflakorra, iraunkorra eta gogortasun txikikoa, hotzean nahiz beroan forjatu eta ijetzi daitekeena. Apainketa-objektuak egiteko eta bitxigintzan erabiltzen da.

Eragozpenak:

- ✓ Kostu handia, aluminioa, plastikoa edo altzairua baino askoz ere garestiagoa
- ✓ Dentsitate handia, $\rho = 8,93 \text{ g/cm}^3$
- ✓ Nahiko erresistentzia mekaniko baxua: $R_m = 200 \text{ MPa}$

5.1 Kobre-aleazioen sailkapena eta izendapena

UNE 37-102-84 arauaren arabera, kobre-aleazioak honela sailkatzen dira:

C-0XXX	Aleazio amak
C-1XXX	Kobreak
C-10XX	Moldaketarako kobreak
C-11XX	Forjarako kobreak
C-2XXX	Cu-Zn moldaketarako aleazioak
C-21XX	Cu-Zn aleazioak
C-24XX	Cu-Zn-Pb aleazioak
C-26XX	Cu-Zn erresistentzia handiko aleazioak
C-28XX	Cu-Zn aleazio bereziak

C-3XXX	Cu-Sn moldaketarako aleazioak
C-31XX	Cu-Sn aleazioak
C-32XX	Cu-Sn-Zn aleazioak
C-33XX	Cu-Sn-Pb aleazioak
C-35XX	Cu-Sn-Zn-Pb aleazioak
C-38XX	Cu-Sn aleazio bereziak
C-4XXX	Cu-Al moldaketarako aleazioak
C-41XX	Cu-Al aleazioak
C-42XX	Cu-Al aleazio bereziak
C-5XXX	Cu-ren moldaketarako beste zenbait aleazio
C-51XX	Cu-Pb aleazioak
C-52XX	Cu-Ni aleazioak
C-54XX	Cu-aleazio bereziak
C-6XXX	Cu-Zn-ren forjarako aleazioak
C-61XX	Cu-Zn aleazioak
C-64XX	Cu-Zn-Pb aleazioak
C-66XX	Cu-Zn erresistentzia handiko aleazioak
C-68XX	Cu-Zn aleazio bereziak
C-7XXX	Cu-Sn forjarako aleazioak
C-71XX	Cu-Sn aleazioak
C-72XX	Cu-Sn-Pb aleazioak
C-73XX	Cu-Sn aleazio bereziak
C-8XXX	Cu-Al forjarako aleazioak
C-81XX	Cu-Al aleazioak
C-82XX	Cu-Al aleazio bereziak
C-9XXX	Cu-ren forjarako beste zenbait aleazio
C-921X	Cu-Ni aleazioak
C-923X	Cu-Ni-Zn aleazioak
C-925X	Cu-Ni-Zn-Pb aleazioak
C-94XX	Cu-ren aleazio bereziak

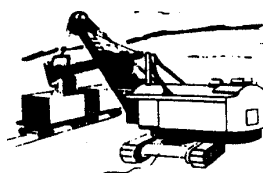
Aleazio industrial erabilienak letoia (Cu-Zn) eta brontzeak (hasieran, Cu-Sn) dira.

Izendapen numerikoaz gain, oso zabaldua dago beste komertzial bat ere.

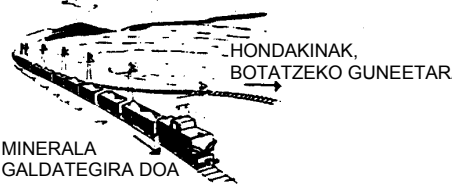
1. URRATSA ERAUZTEA



Leherketa
% 0,8 inguruko kobrea duen minerala desintegratu egiten da leherketaz.



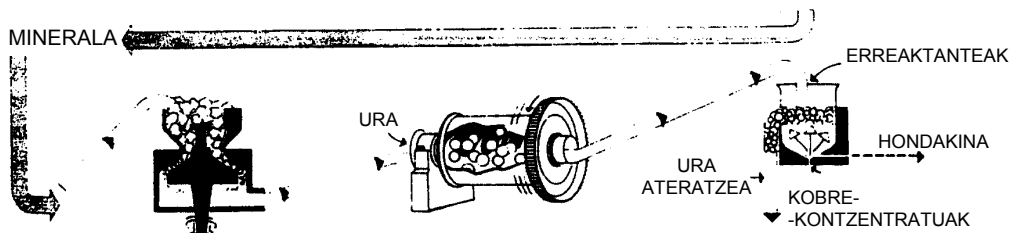
Kargatzea
Trenetan edo kamioietan kargatzen da, pala elektrikoek.



MINERALA GALDATEGIRA DOA

Garraiatzea
Minerala galdategira eramaten da eta hondakina, botatzeko guneetara.

2. URRATSA EHOTZEA

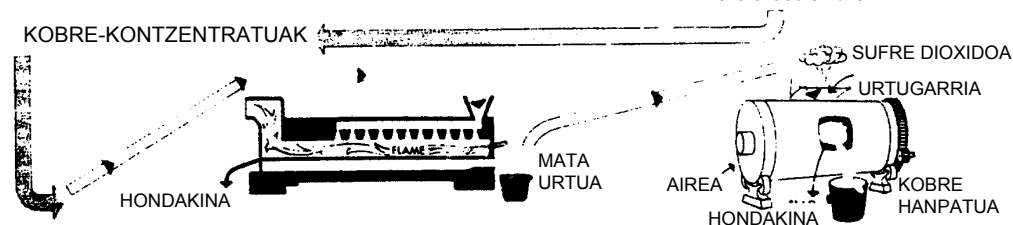


Birrintzea
Metala intxaur-tamainako pusketetan birrintzen da.

Hauts bihurtzea
Gero, minerala hauts bihurtzen da.

Kontzentratzea
Hauts bihurtutako mineralean kobrea duten partikulak kontzentratzen dira.

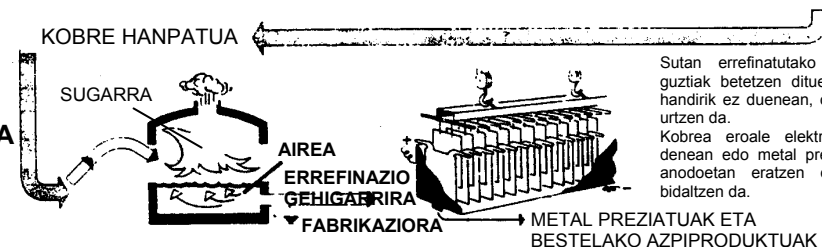
3. URRATSA URTZEA



Erreberberazio-labea
Kontzentratua (% 15-30 kobre) urtu egiten da, kobre-mata osatzeko (% 25-45 kobre).

Bihurgailua
Mata kobre hanpatu bihurtzen da, % 98 inguruko purutasuneko.

4. URRATSA ERREFINAKETA

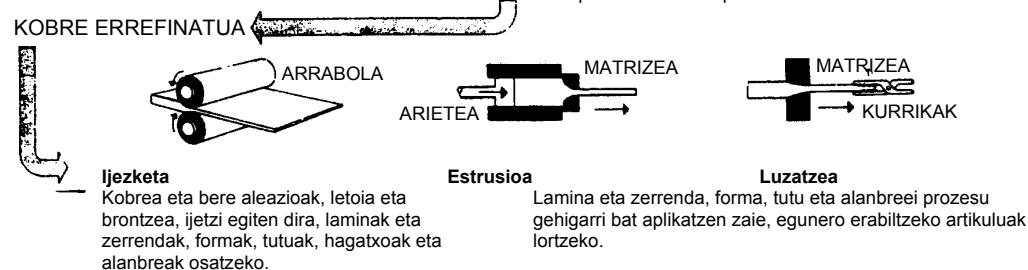


Errefinaketa-labea
Kobre hanpatua errefinaketa-labean lantzen da eta sutan errefinatutako kobrea lortzen da.

Errefinazio elektrolitiko
Sutan errefinatutako kobrea elektrolitikoki errefinatzen da, ahalik eta purutasun handiena duen produktua lortu nahi denean edo metal preziatuak errekuperatu nahi direnean.

Sutan errefinatutako kobreak fabrikaziorako baldintza guztiak betetzen dituzten edo metal preziatuen kopuru handirik ez duenean, ontziratzeko lingoteetan edo orrietan urtzen da. Kobrea eroale elektrikoan erabili behar denean edo metal preziatuen kopuru handiak dituzten, anodoetan erabiltzen da eta errefinaketa elektrolitikora bidaltzen da.

5. URRATSA FABRIKATZEA



Ijezketa
Kobrea eta bere aleazioak, letoia eta brontzea, ijeksi egiten dira, laminak eta zerrendak, formak, tutuak, hagatxoak eta alabreak osatzeko.

Estrusioa
Lamina eta zerrenda, forma, tutu eta alabreei prozesu gehigarri bat aplikatzen zaie, egunero erabiltzeko artikulak lortzeko.

Luzatzea
Lamina eta zerrenda, forma, tutu eta alabreei prozesu gehigarri bat aplikatzen zaie, egunero erabiltzeko artikulak lortzeko.

5.1. irudia. Kobreaken eraldaketa-prozesuak.

Letoiak

Letoiak kobrezko eta zinkeko aleazioak dira; beren aldetik, forjatzeko letoiak eta galdatzeko letoiak ditugu.

Eragile atmosferikoen aurrean kobrea bezain erresistenteak ez badira ere, erresistentzia ona dute uraren eta bere lurrunaren aurrean eta, halaber, itsasoko uraren eraginaren aurrean.

Adibideak:

► Forjarako letoiak

Izendapen numerikoa	Izena	Konposizioa	R_m kg/mm ²	A %	Gogortasuna	Erabilpenak
C-6110	Cuzin 90	% 90 Cu % 10 Zn	42	3	70 HRB	Kartutxogintza
C-6120	Cuzin 80	% 80 Cu % 20 Zn (tombak)	29	44	67 HRF	Imitaziozko bitxigintza
C-6128	Cuzin 72	% 72 Cu % 28 Zn	30	45	53 HRF	Enbutizio sakoneko lanak
C-6135	Cuzin 65	% 65 Cu % 35 Zn	42	15	70 HRB	Errematxeak Torlojugintza Orratzak
C-6430	Cuzinplo 60-1,5 (torlojugintzako 60-40 letoia)	% 60 Cu % 38,5 Zn % 1,5 Pb	35	15	60 HRB	Pieza tornetuak Gurpilak eta torlojugintzako mekanismoak
C-6840	Cuzinestean 62-1 (untzigintzako letoa)	% 62 Cu % 37 Zn % 1Sn	40	30	80 HRB	Kondentsadore-plakak. Itsasoko urak eragindako korrosioaren aurka erresistentzia duten piezak

5.1. taula.

► Galdatzeko letoiak

C-2120	Fuczuzin 60	% 60 Cu % 40 Zn	28	15	60-70 HV	Untzietarako pieza galdatuak. Kojineteak. Azkoinak
C-2420	Fuczuzinplo 60-1	% 60 Cu % 1 Pb % 39 Zn	22	15		Makineria-piezak. Ponpak. Kanilak
	Fuczuzinplo 63-2	% 63 Cu % 2 Pb % 35 Zn	31	18	60-100 HB	Kanilak. Lanparagintza. Burdineria. Dekorazioa.

5.2. taula.

Brontzeak

Historikoki, "brontze" deitu zaio kobrearen eta eztainuaren aleazioari, baina gaur egun horrela deitzen zaie kobre-aleazio guztiei, letoiei (Cu + Zn) izan ezik.

Letoiek baino produktu moldatu hobeak ematen dituzte eta errazago lantzen dira.

Erresistentzia ona dute eragile atmosferikoen aurrean eta ur hotzak eta beroak eta berriz berotutako lurrinak eragindako korrosioaren aurrean; nahiko egonkorak dira itsasoko uretan eta erresistentzia egokia dute azidoen eta erregaien aurrean.

► **Forjarako brontzeak**

<i>Izendapen numerikoa</i>	<i>Izena</i>	<i>Konposizioa</i>	<i>R_m</i>	<i>A</i>	<i>Gogortasuna</i>	<i>Erabilpenak</i>
C-7150	Custan 8 (brontze fosforotsua)	% 92 Cu % 8 Sn	38	55	50 HRB	Malgukiak. Erabilera elektrikoak. Malgukiak. Neke handiak jasaten dituzten piezak. Sare metalikoak.
C-8110	Cual 5 (aluminiozko brontzea edo kuproaluminioa)	% 95 Cu % 5 Al	35	30	60 HRB	Embutizioa Estanpatua Dekorazioa
C-8130	Cual 10	% 90 Cu % 10 Al	40	20	60 HRB	Korrosioaren aurrean erresistenteak diren piezak. Gurpil horztunak. Txanpongintza.

* Gogortasun suberatu

5.3. taula.

► **Galdatzeko brontzeak**

C-3110	Fucustan 10	% 90 Cu % 10 Sn	22	3	60 HB	Makineria. Osagarriak. Engranajeak. Balbulak. Kalitate handiko beste zenbait pieza.
C-3130	Fucustan 12	% 88 Cu % 12 Sn	22	5	80 HB	Erresistentzia handiko kojinetek. Engranajeak. Turbinak.
C-3140	Fucustan 14	% 86 Cu % 14 Sn	24	5	90 HB	Higadura handiko piezak. Esfortzu handiak jasaten dituzten kojinetek. Presio handiko aparatu hidraulikoak.
	Fucustanzin 10-4	% 86 Cu % 10 Sn % 4 Zn	20	10	65 HB	Makineria. Osagarriak orokorrean. Bridak eta ponpak.
C-3520	Fucustanzinplo 5-5-5	% 85 Cu % 5 Sn % 5 Zn % 5 Pb	22	13	75 HB	Treko osagarriak eta makineria.

5.4. taula.

6 BESTE ZENBAIT MATERIAL

6.1 Beruna

Material zuri urdinska da, distira metalikoduna, airearekin kontaktua izanez gero kolore grisaren antzekoa hartzen duena. Oso biguna da, dentsitate handikoa ($11,3 \text{ g/cm}^3$), oso xaflakorra eta zailtasun gutxikoa. Aire hezean, edo gatz disolbatuak dituzten ur naturaletan autobabestu egiten da; ur distilatuek edo euriak, berriz, eraso egiten dio eta konposatu disolbagarri oso pozoitsuak sortzen dituzte. Azido sulfurikoak ez dio hotzean erasotzen.

Egoera puruan erabiltzen da ura eta gasa erodateko, eroale elektrikoak estaltzeko, txapa moduan azido sulfurikoko instalazioetan eta X izpien aurkako babesean.

► Berunaren aleazioak

Soldatzeko metala:	% 20 - 60 Pb + Sn
Inprenta-karaktereak:	% 65 Pb - % 25 Sb - % 10 Sn
Ehiza-perdigoiak:	Pb + % 0,9 As
Marruskaduraren kontrako metalak	
Minioa:	berun oxidoa

6.2 Eztainua

Urtze-puntua $232 \text{ }^\circ\text{C}$ -tan duen metala da; $18 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik gorako tenperaturetan metal zuria da, eta $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik behera hauts bihurtzen da.

Eztainua oso xaflakorra da hotzean, eta $0,0025 \text{ mm}$ -ko lodierako orriak ere lor daitezke (eztainu-papera, elikaduran erabilia).

Propietate mekanikoak: $R_m = 3,5 \text{ kg/mm}^2$ (oso baxua) 12 HB eta % 40 Ar.

Erraz ebakitzen da labanaz eta oso ongi lantzen da tornuaz, baina gaizki karraskaz, kamustu egiten baitu.

Material herdoilgaitza da, eta azido organikoek ezin diote eraso.

Latorria (eztainuz gainestaltitako burdinazko txapa fina) egiteko eta hainbat aleaziotan erabiltzen da, hala nola brontzeetan, marruskaduraren aurkako metaletan eta soldatzeko metaletan.

6.3 Zinka

Zinka $\rho = 7,13$ g/cc-ko dentsitatea eta kobreak eta zilarraren arteko gogortasuna (40-32 HB) duen metala da. 419 °C-tan urtzen da. Xaflakorra da eta erresistentzia 10 kg/mm² ingurutik (galdutua) 20 kg/mm² ingurura (ijeztua) handitzen du.

Zinka aldaketarik gabe egoten da aire lehorrean. Aire hezean, autobabesteko geruza batez estaltzen da.

Erraz hartzen du su airean eta azidoek eta alkaliek eraso egiten diote.

► Erabilpenak

- ✓ Txapa lau edo uhinduak eraikinen estalki, erreten, tutu, deposituen estaldura eta abarretarako.
- ✓ Burdinazko txaparen galvanizatuak
- ✓ Pinturak

► Aleazioak: letoiak, metalak, marruskaduraren kontrakoak,...

- ✓ Zamak edo kalaminak: % 4 Al, 0,1 - % 3 Cu, Mg orain arte autoen ateetako heldulekuetarako, kristalak igotzeko biraderetarako, etab. erabiliak.
- ✓ Alpaka edo zilar alemanak Cu-Zn-Ni.

6.4 Nikela

Kolore zuri distiratsuko metala da, leundu ondoren oso polita. 1.453 °C-tan urtzen da eta bere dentsitatea 8,90 g/cc-koa da.

Oso xaflakorra da (A = % 40) eta, hortaz, forjatu, prentsatu, ijeztu eta hotzean eta beroan luzatu egin daiteke.

Trakzioaren aurkako erresistentzia handia dauka, $R_m = 49,3$ kg/mm² (100 kg/mm² ijeztuta). Oso erresistentea higaduraren aurrean. Magnetismoa 352 °C-tan galtzen du. Aldaezina da aire hezean, ur edangarrarian eta itsasoko uretan. Ongi jasaten ditu konposatu kimiko ia guztiak.

Erabilpenak

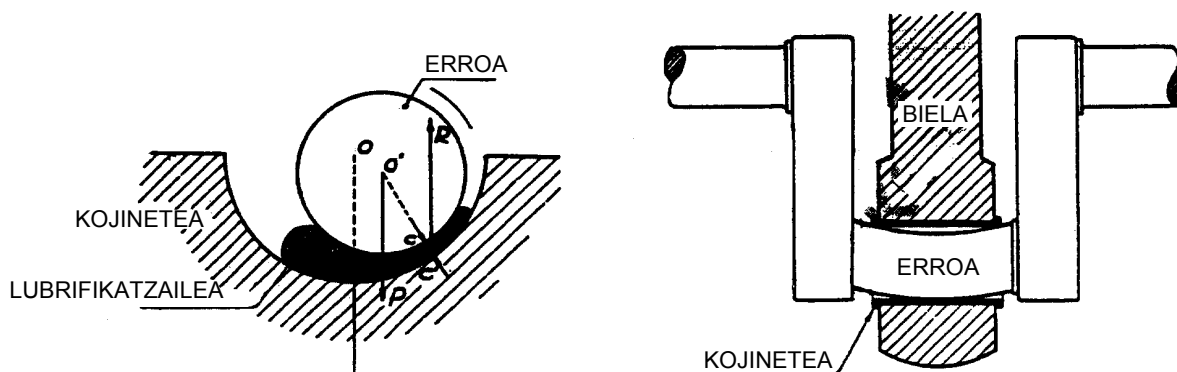
Nikel purua kirurgiako, fisikako eta industria kimikoko tresnak, katalizatzaileak, metagailuak, burdina, nikel eta kadmiozkoak fabrikatzeko, nikelaturako, etab. erabiltzen da.

Altzairu herdoilgaitza, nikelzko brontzeak (alpakak, erresistentzia elektrikoak)... sortzeko aleatzen da.

Monel metala: % 65 Ni – % 28 Cu - Fe - Mn – Co; korrosioaren aurkako erresistentzia 800 °C-ra bitartean, eta baita beste produktu kimiko askoren aurkako ere.

Permalloy: % 78 Ni - % 22 Fe, hasierako iragazkortasun magnetiko handikoa.

6.5 Marruskaduraren aurkako aleazioak



6.1. irudia.

Horrela deitzen zaie neurri bateko konplexutasuna duten aleazio batzuei, kojinetek estaltzeko erabiltzen direnei.

Metalik erabilienak hauexek dira: beruna, kadmioa, aluminioa, kobrea, antimonioa, zilarra, nikela eta artsenikoa.

Matrize plastiko batean sartuta dagoen ale gogorren osagarri batek osatuta egon ohi dira. Lehena higadurari aurre egiteaz arduratzen da eta bigarrenak, berriz, kojinetek ardatzari automatikoki doitzea ahalbidetzen du eta kargak berdin banatzen direla ziurtatzen du. Kojinetek zenbat eta presio handiagoa jasan behar izan, hainbat eta osagarri gogorrenen proportzio handiagoa izango da. Gainera, osagarri bigunak tenperatura baxuan urtu behar du (200-300 °C) gogortzea edo aleka hartzea saihesteko.

► **Multzoak**

- ✓ *Eztainudun marruskaduraren aurkakoak:* % 3- 10 Cu - % 4-13 Sb - Sn (Babbitt)
Urtze-tenperatura igo egiten da zenbat eta kobre gehiago izan, eta 320 °C-tik 450 °C-ra igarotzen da. Oso itsaskorak eta plastikoak dira, baina konpresioaren aurrean erresistentzia txikia (80 kg/cm²-tik behera) dute. E = 6.000 MPa.
- ✓ *Berundun marruskaduraren aurkakoak:* % 10-15 Sb - % 0,5-1,5 Cu - 0-% 10 Sn Pb
Oso plastikoak dira hauek ere. Konpresioaren aurrean duten erresistentzia aurrekoenaren antzekoa da (80-110 kg/cm²), baina beren elastikotasun-nodulua erdia baino zerbait handiagoa da, E = 3.500 MPa, eta horregatik ez dute nekea ondo jasaten. Gainera, segregazio-fenomenoak izaten dituzte.
- ✓ *Berun/eztainudun marruskaduraren aurkakoak,* oso urtze-puntu baxukoak (180 °C) eta segregaziorik gabeak, kojinete handietarako aproposak.
- ✓ *Kadmiodun marruskaduraren aurkakoak*
- ✓ *Kobre/berundun marruskaduraren aurkakoak*
- ✓ *Indioaz egindako aleazioak*

6.6 Aleazio erregogorrak

Ezaugarri mekaniko onak dituzten eta korrosioaren aurkako eta, halaber, talka termikoaren eta tenperatura altuen aurkako erresistentzia duten aleazioak dira.

Gas-turbinetan, turborreaktore eta koheteen errektuntza-ganberetan, errektore nuklearrenetan, etab. erabiltzen dira. Turborreaktoreetan tenperatura bikoiztu egiten delako, bultzada % 25 igo daiteke aurreko azaleraren erdiaz.

800 °C inguru bitartean urtze-puntu altuko metalak erabil daitezke: nikela, kromoa, kobaltoa, wolframioa, molibdenoa, titanioa, tantaltoa eta niobioa, eta beren aleazioak (nimonic eta hastelloys, nikelarenak, vitallium eta Haynes stellite, kobaltoarenak).

Urtzen oso zailak direnez, hautsen metalurgiaz lortu ohi dira.

1.000 °C-tik gora, material zeramikoak urtze-puntu altuko metalekin bateratzen dira eta material konposatuak (*konpositeak*) sortzen dira, **cermet** izenekoak.

Matrize metalikoak ezaugarri mekaniko onak ematen dizkio (plastikotasuna eta zailtasuna); zeramikoaren talka termikoaren aurrean erresistentzia ona dute, eta eroankortasun termiko ona mantentzen dute.

Fase zeramikoa oxido bat (alumina, magnesia, kromia, zirkonia...), konposatu interstiziala (karburoak, nitruoak) edo metalarteko konposatu bat (silizuroa, boruroak) izan daiteke.

Bere propietateak fase zeramikoa eta metalikoa, sinterizazio-prozesua, aleen tamaina eta forma eta abarren arabera dira.

Cermet-ak korrosioaren aurkako erresistentzia handia eta erresistentzia mekanikoa behar denean erabiltzen dira: oxigeno likidoa, sodio likidoa, kea darion azido nitrikoa, etab. maneiatzeko ponpak; errektuntza-ganberak eta koheteetarako eta jaurtigaietarako kojinetek batzuetan, errektore nuklearrak fabrikatzen, eta trefilagailu eta ebaketa-erremintak fabrikatzen.

Azken arlo horretan, oso ezagunak dira widiak, Co eta Ni-rekin W, Ti, Cr, Mo, Ta, B, etab. egindako karburo-sinterizatuak.

Bestalde, ebaketa-plakatxoetarako zeramikak (alumina, ...) garatzen ari dira, beren gogortasuna eta ebaketa-propietateak 2.000 °C inguruko tenperaturetan mantentzen dituztenak, eta 800 m/min-ko abiadurak ere ahalbidetzen dituztenak.

7 ZERAMIKOAK

Ikusi dugunez, materialak Metalikoak, Organikoak (polimeroak) eta Inorganiko Ez-Metalak (zeramikoak) izan daitezke.

Atal honetan azken horiei buruzko nozio batzuk emango ditugu.

Normalean, konposatuak izaten dira: oxidoak, karburoak, nitruroak. Metalak ez bezala, egoera kristalinoan (magnesia, MgO), amorfoan (beira mineralak, pyrex-a: $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{CaO}\cdot(\text{SiO}_2)_5\cdot\text{B}_2\text{O}_3$) eta are erdi-kristalinoan ere (bitrozeramikoak) egon daitezke.

Lehen sailkapenak zeramiko tradizionalak (zeramika, lur egosia, portzelana,...) eta zeramiko teknologikoak (urratzaileak, erregogorak, imanak, zementoak,...) bereizten ditu.

► Erabilera

- ✓ Piezen estaldura
 - Temperatura altuetan lan egin behar duten gainazalak gogortzeko
 - Ardatzak edo bestelako piezak higatzearen aurka babesteko
- ✓ Erreminten fabrikazioa
 - **Karburoak** eta aluminak = Al-oxidoak eta silizio **nitruroak**

8 PLASTIKOAK

8.1 Definizioa

Plastiko deitzen zaie pisu molekular handia duten jatorri organikoko produktu askori; produktu horiek solidoak dira behin betiko egoeran, baina fabrikazio-prozesuaren etaparen batean beroaren eta presioaren bidez moldatu ahal izateko bezain isurkor dira.

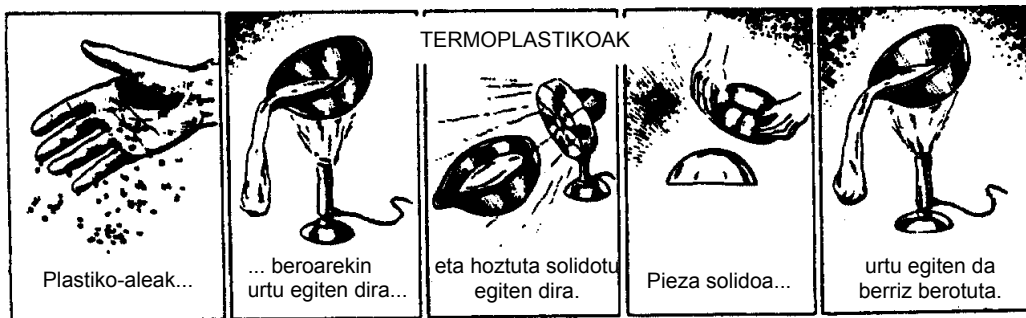
8.2 Propietateak

- ✓ Oso plastikotasun handia moldeatze-tenperaturan
- ✓ Forma konplikatuetakoz piezak lortzen dituzte
- ✓ Oso arinak dira
- ✓ Elektrizitatea eta beroa ongi isolatzen dute
- ✓ Eragile atmosferikoen aurrean erresistentzia ona dute
- ✓ Azido batzuen erasoari aurre egiten diote

8.3 Sailkapena

■ Termoplastikoak

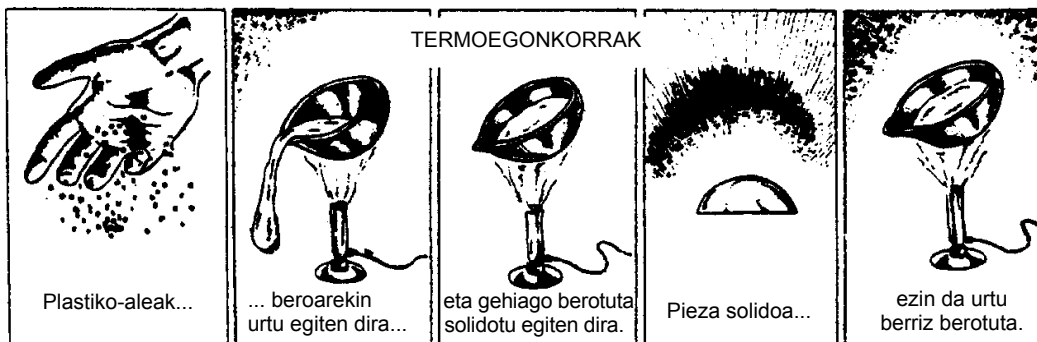
- ✓ Beroaz bigundu egiten dira, berotzen diren guztietan
- ✓ Deformazio plastikoa dute



8.1. irudia.

■ Termoegonkorak edo termogogorriak

- ✓ Moldatu ondoren, beroaz jadanik ez dira biguntzen
- ✓ Zurrinak dira, gutxi deformatzen dira



8.2. irudia.

Kautxuak edo elastomeroak

- ✓ Oso material elastikoak dira, estankotasun-elementuak, etab. fabrikatzeko
- ✓ Behin bakarrik molda daitezke

8.4 Erabilera mekanikoa

Beren abantaila nagusia, beren konposizioan nahi ditugun ezaugarri mekanikoak ematen dizkiguten gehigarriak onartu ahal izatea da.

- ✓ Suaren edo tenperatura altuen aurkako erresistentzia
- ✓ Marruskaduraren aurrean, propietate onak
- ✓ Erresistentzia mekaniko handiagoa
 - * Talkak xurgatzea
- ✓ Eragile kimikoen aurkako erresistentzia
- ✓ Isolatzaileak
- ✓ Eraldaketa erraza

8.5 Plastikoen adibideak

► Politetrafluoretilenoa (PTFE)

Termoplastikoa da; bere izen komertziala tefloia da.

Ezaugarriak

- ✓ Material zeharrargitsua, zuria edo grisaska
- ✓ Hezetasuna egotzi egiten du
- ✓ Aldaezina -75 °C-tik 327 °C-ra bitartean
- ✓ Ez diote azidoek ezta disolbagarriek erasotzen
- ✓ Ezaugarri mekaniko kaxkarrak

Erabilera

- ✓ Tenperatura altuetan funtzionatu behar duten motorren isolamendua atmosfera korrosiboetan
- ✓ Kojineteak eta itsaspenaren aurkako estaldurak
- ✓ Iturginak → estankotasun-juntura

► **Poliamidak (PA)**

Termoplastikoa da; bere izen komertziala Nylon da.

Ezaugarriak

- ✓ Plastikoarik erresistenteenetako bat da. Pieza teknikoetan erabiltzen da.
- ✓ Propietate elektriko ezin hobeak.
- ✓ Propietate mekaniko onak
 - Nekea
 - Marruskadura
 - Talka (batzuk)

Erabilpenak

- ✓ Engranajeak
- ✓ Errodamendu-kaiolak
- ✓ Elementuen kirtanak
- ✓ Tennis-erraketak
- ✓ Arrantza-haria
- ✓ Futbol-boten zolak

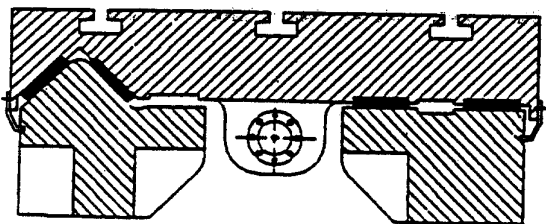
► **Turcite (PTEE + Turcon + Brontzea)**

Ezaugarriak

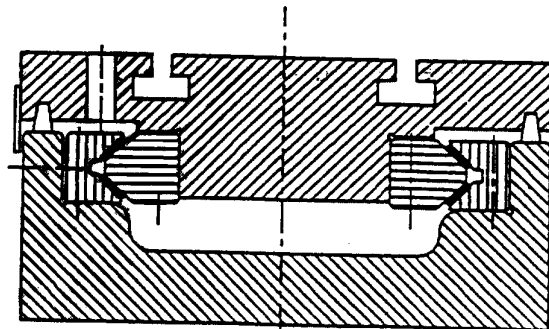
- ✓ Ezin hobeak marruskadura, higadura, karga aplikatu eta lan-tenperaturari dagokienez.
- ✓ Makinaren bibrazioak xurgatzen ditu. Ez dizkio orgari transmititzen.
- ✓ Aleka hartu ahal izatea saihesten da. Ez dago kontaktu metalikorik.
- ✓ Temperatura baxuetan hain berezkoa den tiraketa-mugimendua (stick-slip) desagertu egiten da.

Erabilpenak

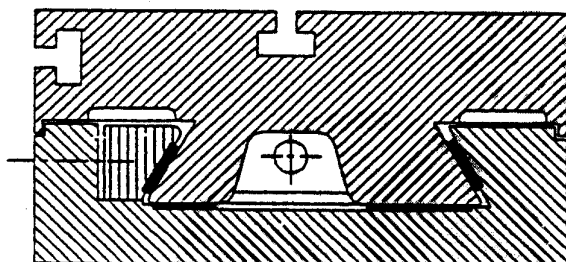
- ✓ Erabilera ugari onartzen ditu, higaduraren aurrean arras erresistentea baita eta mekanizazioaren aurrean erantzun ona baitu.
- ✓ Turcite gidak mugimendu linealeko makina-mahaietan erabiltzen dira.



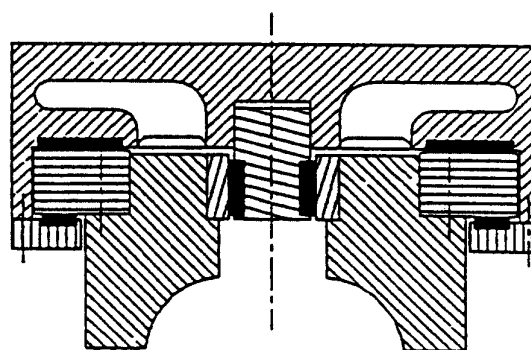
Gida konbinatua : laua eta "V"-erakoa



"V"-erako gida



Mirubuztan-erako gida



Gida laua

8.3. irudia. Turcite-ak orgak gidatzen dituen erabilpenak.

► **Polietilenoa**

Termoplastikoa, bere izen komertziala Durogliss da.

Ezaugarriak

- ✓ Marruskadura-propietate ezin hobeak lehorrean lan eginez
- ✓ Ez du hezetasuna xurgatzen
- ✓ Eragile kimikoei aurre egiten die
- ✓ Talka-tentsio altua

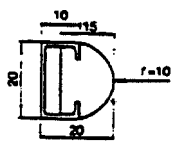
Erabilpenak

- ✓ Pieza erdi-bukatuak (barrak, profilak,...) makina-erreminta konbentzionalak erabiliz (zerratu, eskuilatu, torneatu, fresatu, zulatu) mekaniza daitezke.
- ✓ Oso egokia garraio-aplikazioetarako eta garraiatu bitartean piezak babesteko (talkaren aurkako erresistentzia).
- ✓ Ontziraketa (Txarkuteria)
- ✓ Loktitez itsasten da

8.6 Durogliss erabiltzearen adibidea

Eskudeletarako gidak

Durogliss berde, PER1000 berde,
 Durogliss beltz antiestatiko edo PER1000 beltzean,
 C profil metalikoarekin edo gabe.
 C profil metalikoaren neurriak 28. orrialdean.



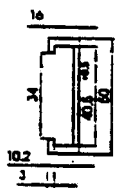
HR 2020 Durogliss berdean/beltz antiestatikoan

Erref. Artikulua	Durogliss	C altzairu-profila
115001	berdea	zinkatua
115002	berdea	VZA herdoilgaitza
115003	beltz antiest.	Zinkatua
115004	beltz antiest.	VZA herdoilgaitza



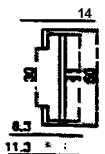
C profila 50 x 6 mm pletina metalikorako, Durogliss berde /beltz antiestatikoan

Erref. Artikulua	Durogliss
115005	berdea
115009	beltz antiest.



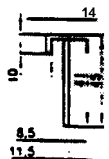
C profila 40 x 10 mm pletina metalikorako, Durogliss berde /beltz antiestatikoan

Erref. Artikulua	Durogliss
115020	berdea
115021	beltz antiest.



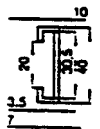
C profila 40 x 8 mm pletina metalikorako, Durogliss berde /beltz antiestatikoan

Erref. Artikulua	Durogliss
115006	berdea
115010	beltz antiest.



L profila 40 x 8 mm pletina metalikorako, Durogliss berde /beltz antiestatikoan

Erref. Artikulua	Durogliss
115007	berdea
115011	beltz antiest.



C profila 30 x 3 mm pletina metalikorako, Durogliss berde /beltz antiestatikoan

Erref. Artikulua	Durogliss
115008	berdea
115012	beltz antiest.

Duroglass-eko giden luzera estandarra, 2.000 mm.
 C altzairu-perfilaren gehienezko luzera, 5.000 mm.
 Tarteko luzerak metroen prezioari kargatuko zaizkio.
 Edozein bertsio berezi eman daiteke.

▶ **LOKTITEA**

- Termogogorgarria

▶ **POLIPROPILENOA**

- Mahai-hankak
- Erresistentea
- Nylon-a baino merkeagoa

▶ **POLIESTERRA**

- Ontzi-konponketa
- Erretxina (konpositeez erabiltzen du)

▶ **PVC**

- Ur-botilak

▶ **PET**

- Coca-Cola botilak

▶ **KAUTXUA**

- Autoen gurpilak
- Tennis-pilotak
- Mahukak (gasolina-tutuak)

9 MATERIAL KONPOSATUAK

9.1 Sarrera

Ideia orokorrak

Konpositea bi edo gai gehiagok osatutako materiala da; gai horiek ez dira nahasgarriak, egitura desberdina dute eta beren banakako kalitateak konbinatu egiten dira, propietate orokor hobetuak dituen material heterogeneoa sortuz.

Ikasturte honetan bi fasek konposatutako materialak aztertzea mugatuko gara; faseetako bat jarraitua da, matrize izeneko nolakotasun organikoa duena, eta bestea etena, zuntzez osatua. Zuntzen eginkizuna indartzea da, eta matrizeak aglomeratzeko eginkizuna du.

Ezaugarriak

Konpositeen ezaugarriak faktore askoren arabera dira, hala nola bera lortzeko erabili diren osagaiena, elaborazio-prozesuarena, etab., baina denek ondoren aipatuko ditugun ezaugarri orokor batzuk dituzte:

- ✓ Dentsitate baxua
- ✓ Erresistentzia altua eta berariazko zurruntasuna
- ✓ Dilatazio termiko baxua
- ✓ Prozesaketa-energia baxua
- ✓ Korrosioaren aurkako erresistentzia handia
- ✓ Nekearen aurkako erresistentzia handia
- ✓ Bibrazioen moteltze ona
- ✓ Errefortzuak esfortzuen noranzkoaren arabera orientatzeko aukera

Ez daude abantailak soilik beste materialen aldean: pieza bukatuak zuzendu edo berreskuratu ezina, hezetasun, tenperatura eta abarrei dagokienez dauden lan-baldintza zorrotzak... eragozpenetako batzuk dira.

ZERGATIK ARI DIRA KONPOSITEAK METALAK ORDEZKATZEN?

- ✓ Errefortzuak esfortzu mekanikoen noranzkoaren arabera orientatzeko aukera.
- ✓ Akabera-eragiketak erabat edo partzialki ezabatzea.
- ✓ Prozesua eragiketa bakar gisa har daiteke, polimerizatu gabeko materialak, multzo integratuak sortuz, forma konplexuetara egokitzeko duen gaitasuna aprobetxatuz.
- ✓ Lodiera txikiagoko piezak lortzeko aukera.

KONPOSITEEN ERAGOZPENAK METALEN ALDEAN

- ✓ Ezin da bukatutako pieza zuzendu
- ✓ Lan-baldintza zorrotzagoak behar dira
- ✓ Prozesaketa-zailtasunak

 **Abantailak**

- ✓ Arintasuna
- ✓ Berariazko propietate mekaniko handiak.
- ✓ Anti-korrosioa
- ✓ Isolatzailerikoa
- ✓ Nekearen aurkako erresistentzia
- ✓ Bibrazioak moteldu egiten ditu
- ✓ Kostuen balantzea:
 - Eduki energetikoa
 - Prozesua - makineria
 - Lodiera - materia-pisua
 - Porrota
 - Funtzioen integrazioa
 - Masako pigmentazioa
 - Kontrolak
- ✓ Diseinua

 **Mugak**

- ✓ Tenperaturaren aurkako erresistentzia
- ✓ Suaren aurkako erresistentzia
- ✓ Eroankortasun termikoa, elektrikoa
- ✓ Gabeziak
- ✓ Automatizazioa
- ✓ Pintura-arazoak
- ✓ Usaina. Higienaren kutsadura, segurtasuna, hondakinak berreskuratzea
- ✓ Informaziorik eza:
 - Kalkulu-programak
 - Eraikuntza-kodeak

9.2 Osagaiak

Esan dugunez, aztertuko ditugun konpositeak bi materialez osatuta daude: zuntzez eta matrizeez.

Zuntzak

Zuntzen eginkizun nagusia indartzea da, hau da, materialean egin behar diren esfortzu mekanikoak jasan behar dituzte.

Piezaren erabilpen, forma, esfortzu eta kontuan hartu beharreko gainerako faktoreen arabera, zuntz batzuk ala beste batzuk erabiliko dira, aurkezpen desberdinekin.

► Zuntz-motak

Konposite materialen indargarri gisa gehien erabiltzen diren zuntzak beira-, karbono-, aramida-zuntzak dira (garrantzitsuena Kevlar izenekoa da), baina badaude beste batzuk ere, hala nola boro-zuntzak edo silizio karburoko zuntzak, hainbat arrazoiengatik hainbeste erabiltzen ez direnak.

Horietan, erabilienak eta guk erabiliko ditugunak propietateak/prezioa erlazio egokia duten beira-zuntzak dira, nahiz eta propietaterik baxuenekoak izan.

Piezak baldintza gogorretan landu behar diren kasuetan, prestazio hobekak dituzten zuntzak erabili behar dira. Adibidez, temperatura altuak jasateko karbonozko zuntzak erabiliko ditugu, eta talkei aurre egiteko, Kevlar delakoa.

► Zuntzaren aurkezpenak

MAT	GAINAZALA
	HARI EBAKIAK
	HARI JARRAITUAK (UNIFILO)
ROVING	ZUZENA
	MUNTATUA
	SPUN ROVING
	BOLUMINIZATUA
	EHUNDUA
EHUNA	OREKATUA
	ORIENTATUA
	NORABIDE BAKARREKOA

EBAKETA-ERREM.	TERMOPLASTIKOEN ERREFORTZUA
	ESKAIOLEN ERREFORTZUA
	BESTE ZENBAIT ERABILERA
BESTE ZENBAIT	EHOTAKO ZUNTZA
	MAT-EHUN KONPLEXUAK

Matrizeak

Matrizeak aglomeratzeko eginkizuna duten elementuak dira. Normalean matrizeari honako hauek betetzea eskatzen zaio, partzialki edo erabat:

- ✓ Erresistentzia mekanikoko propietateak eta lan-baldintzetan gordetzea.
- ✓ Ingurunerako erresistentzia hezetasuna edo murgiltzea, beroa edo hotza, kimikoki erasokorrak diren lurrun edo likidoen eraginpean, estalperik gabe, etab. dagoenean.
- ✓ Errefortzuen inpregnazio ona.

“**Konposite**” delakoan erabilitako matrizeak desberdinak izan daitezke, eta hiru multzotan sailkatzen dira: organikoak, metalikoak eta zeramikoak.

Azterketa honetan matrize organikoak izango ditugu aztergai, horiekin egingo baitugu lan, beira-zuntzeko errefortzuetarako aproposak direnez.

Azken horiek, beren aldetik, termoplastikoak edo termoegonkorrak izan daitezke. Lehenak fluidifikatu egiten dira tenperatura igota, eta bigarrenak, berriz, zurrun geratzen dira degradatu arte.

Gaur egun, matrizerik erabilienak termoegonkorrak dira; hala ere, erretxina-sistema bakoitzak baditu abantailak eta eragozpenak konpositearen azken propietateei dagokienez. Orain, gero eta gehiago jotzen da erretxina termoplastikoetara, eta gero eta interes handiagoa pizten dute konposite materialen matrize gisa dituzten eragozpenak gainditzeko ikerketek.

Kargak eta gehigarriak

Produktu desberdinak sar daitezke zuntz/matrizeko konpositeetan, hainbat helburu betetzeko.

Gehitzen diren produktu horien ehunekoaren arabera, kargak edo gehigarriak izango dira.

Kargatzat hartzen da ehunekoa % 10ekoa denean eta gehigarria ehunekoa txikiagoa denean.

► **Kargak**

Kargez bukatutako produktuetan lortu ohi diren ezaugarriak eta propietateak honako hauek izan ohi dira:

- ✓ Uzkurduraren aurkako eragileak
- ✓ Koloratzaileak eta pigmentuak
- ✓ Karga eroaleak eta antiestatikoak
- ✓ Propietate mekanikoak hobetzea
- ✓ Fabrikazio-kostuak murriztea
- ✓ Errekuntzaren aurkako erresistentzia areagotzea (karga ignifugoak)

Gehien erabiltzen diren kargak hauexek dira:

- ✓ **Karga indargarriak:** Beirazko mikroesferak, karbonozko mikroesferak, mikroesfera akrilikoak, aluminioa mika,...
- ✓ **Karga ez-indargarriak:** Kostua murriztea: kaltzio karbonatoa, silizioa, silikatoak (talkoa, kadina, feldespatoa,...), dolomitak.
- ✓ **Karga ignifugoak:** aluminio hidratoak, antimonio oxidoa, zink boratoak.
- ✓ **Karga eroaleak eta antiestatikoak:** hauts edo ezkata metalikoak (aluminioa, kobrea, nikela, zilarra, burdina,...), karbono-partikulak.

► **Gehigarriak**

Gehigarriak, normalean, transformadore gisa erabiltzen dira eta honako helburu hauek dituzte:

- ✓ Gogorgarriak, inhibitzaileak, katalizatzaileak, egonkortzaileak, antioxidatzaileak
- ✓ Lubrifikatzaileak
- ✓ Eragile tixotropikoak

Gehigarriak honelakoak izan ohi dira:

- ✓ Katalizatzaileak
- ✓ Azeleratzaileak
- ✓ Fotosentikortzaileak
- ✓ Permotoreak
- ✓ Inhibitzaileak
- ✓ Egonkortzaileak
- ✓ Antioxidatzaileak

10 GALDERAK

1. Zer-nolako materialak daude?
2. Zer da aleazioa?
3. Zer da konpositea?
4. Nola sailkatzen dira metalak C.E.N.I.M.en arabera?

5. Zer motatako aleazioa da C-....?

6. Zer motatako aleazioa da L-....?

7. Zer motatako aleazioa da F-....?

8. Zer motatako aleazioa da S-....?

9. Zer motatako mineraletatik lortzen dira metalak?

10. Hautsen metalurgiaren abantailak.

11. Defini ezazu Siderurgia.

12. Zergatik erabiltzen da hainbeste burdina?

13. Zer fabrikatzen zen Bizkaiko Labe Garaietan?

14. Zer da burdin aleazioa?

15. Zein letrarekin identifikatzen dira ferroaleazioak?

16. Nola sailkatzen dira burdin aleazioak?

17. Zein da altzairuen eta burdinurtuen arteko desberdintasuna?

18. Nola lortzen da altzairua?

19. Nola sailkatzen dira altzairuak?

20. Zertarako aleatzen da altzairua honako hauekin: kromo, kobalto, molibdeno, wolframio, eta banadioarekin?

21. Zein da tenplagarritasuna hobetzeko aleatzen den elementua?

Zeintzuk korrosioaren aurkako erresistentzia hobetzeko?

Zeintzuk desoxidatzeko?

Zeintzuk gogortzeko?

22. Zer da altzairu aleatua?

23. Esan zein den F-1000 seriea eta zein multzo diren bere osagaiak.

24. Esan zein den F-5000 seriea eta zein multzo diren bere osagaiak.

25. Zein da beren izen arrunta eta zertarako erabiltzen dira honako altzairu hauek:

F-1110
 C 25 K
 F-1220
 35 NiCrMo 4
 F-1310
 F-1440
 15 NiCr 11
 F-1550
 F-5510
 18-0-2-10

26. Zein da ondoko altzairu hauek izan dezaketen konposizioa:

30 Mn 5	UNE 36254
34 CrMo 4	UNE 36254
C70	UNE 36254
AM-X 120 Mn 12	UNE 36253
AE 25.5	UNE 36-081-76
A 31	UNE 36-080-85
100 Cr 6	UNE 36-072-75
X 20 Cr 13	UNE 36-072-75
6-5-2	UNE 36-073-75
2-10-1-8	UNE 36-071-75
C 80	UNE 36-071-75
120 Cr V	UNE 36-071-75
X 2 Cr Ni 19-10	UNE 36-016-75
60 Si Cr 8	UNE 36-015-77

27. Zein altzairu izendatzen dira sinbolikoki beren konposizioaren arabera eta zeintzuk beren ezaugarri mekanikoen arabera.

28. Defini itzazu: pletina, biribila, eskubanda, habea, erraila.

29. Zer izen du 3 mm-ko lodiera eta 150 mm-ko zabalera duen ebakidura angeluzuzeneko altzairu-puskak?

Ebakidura zirkularra duen \varnothing 80 mm-koak?

Alde desberdineko angelu zuzenaren formako ebakidura duenak?

30. Zeintzuk dira burdinurtua osatzen duten elementuak?

31. Burdinurtuen ezaugarriak.

32. Zerk bereizten du burdinurtu grisa zuriaren aldean?

33. Zer da burdinurtu xaflakorra?

34. Zeintzuk dira burdinurtu grisaren eta zuriaren arteko desberdintasunak?

35. Zein motatako burdinurtuak dira:

FG 25	UNE 36-111-73
F.2.B	UNE 36113
F.2.D	UNE 36116
F.2.B	UNE 36116
F.2.B	UNE 36114
FGE 50-7	UNE 36118

36. Zertarako erabiltzen dira ferromanganesoak?

37. Zergatik ez zen erabili aluminioa XIX. mendearen bukaerara arte?

38. Aluminioaren abantailak.

39. Zertarako erabiltzen da aluminio purua?

40. Zein serietakoak dira forjarako aluminio-aleazioak?

41. Zeintzuk dira arintzat jotzen diren aleazioak?

42. L-2300 aleazioen ezaugarriak.

43. Zein aleazio erabiliko zenuke motor-pistoirako?
Zein aleazio erabiliko zenuke ontzigintzarako?

44. Kobrearen ezaugarriak.

45. Defini itzazu letoia eta brontzea.

46. Zein aleazio da:

F-8101

L-3110

L-3450

F-1530

C-4210

L-3850

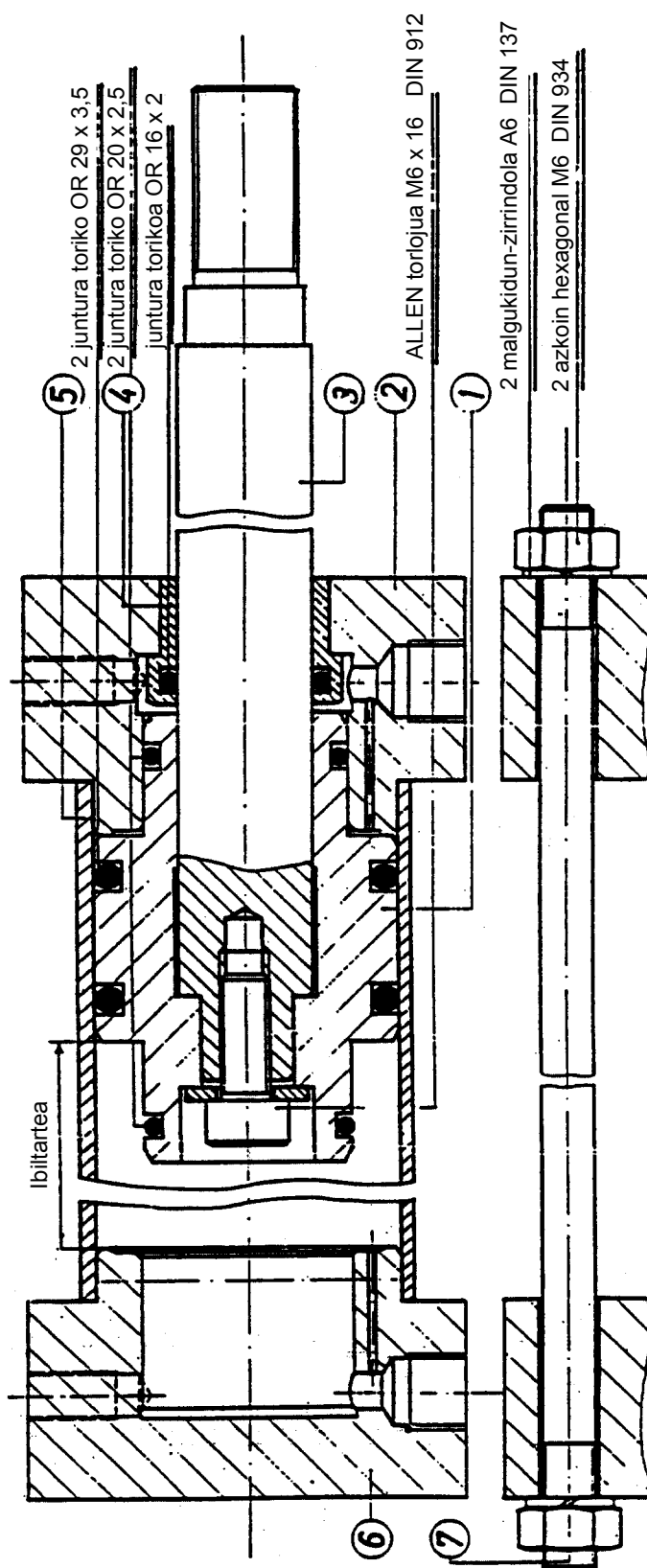
C-6400

F-1200

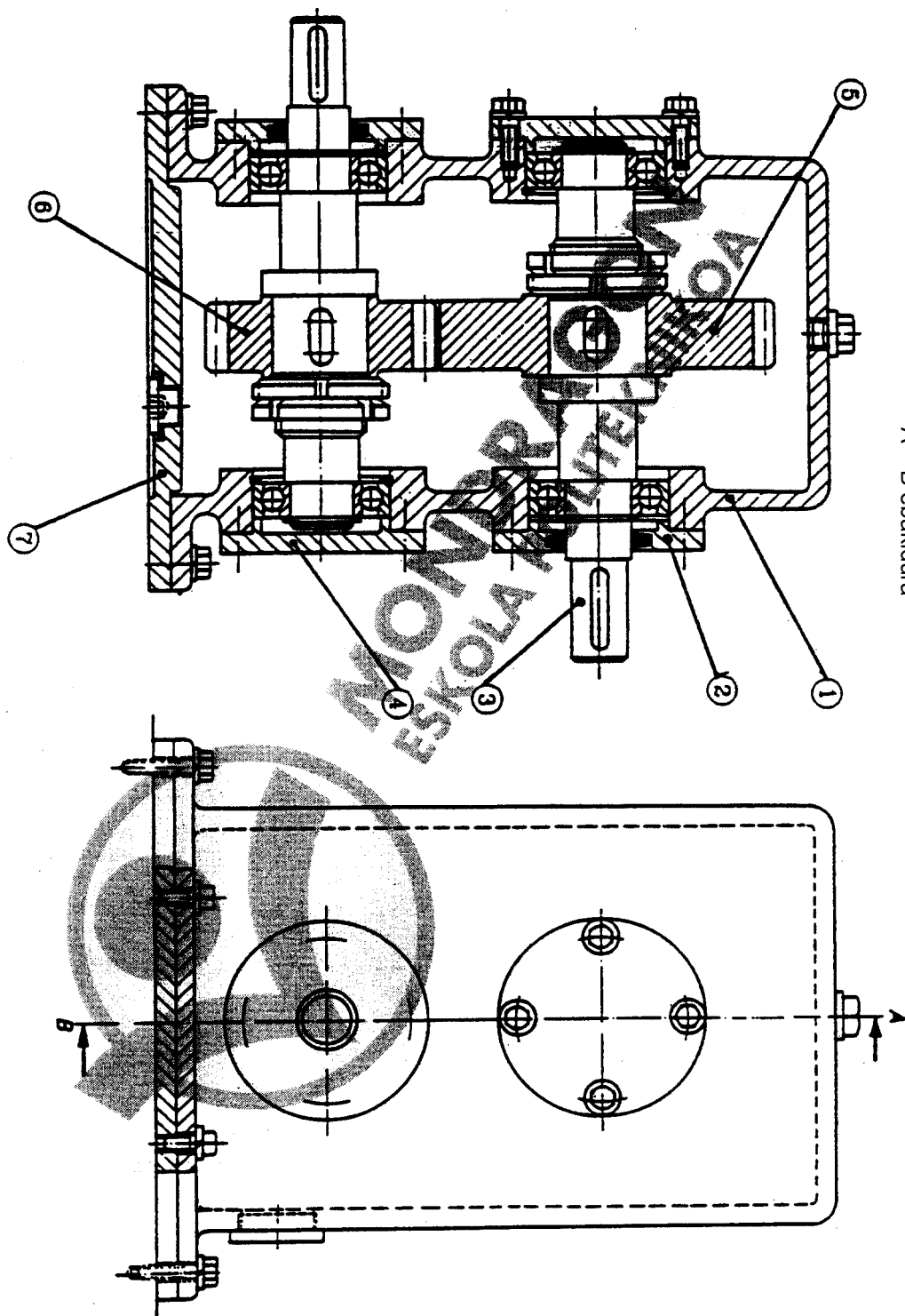
47. Zer izen du torlojugintzan erabiltzen den letoiak?

48. Zein letoi erabiliko zenuke kaniletan?

49. Zein letoi erabiliko zenuke esfortzu handiak jasan behar dituzten kojineteetan?

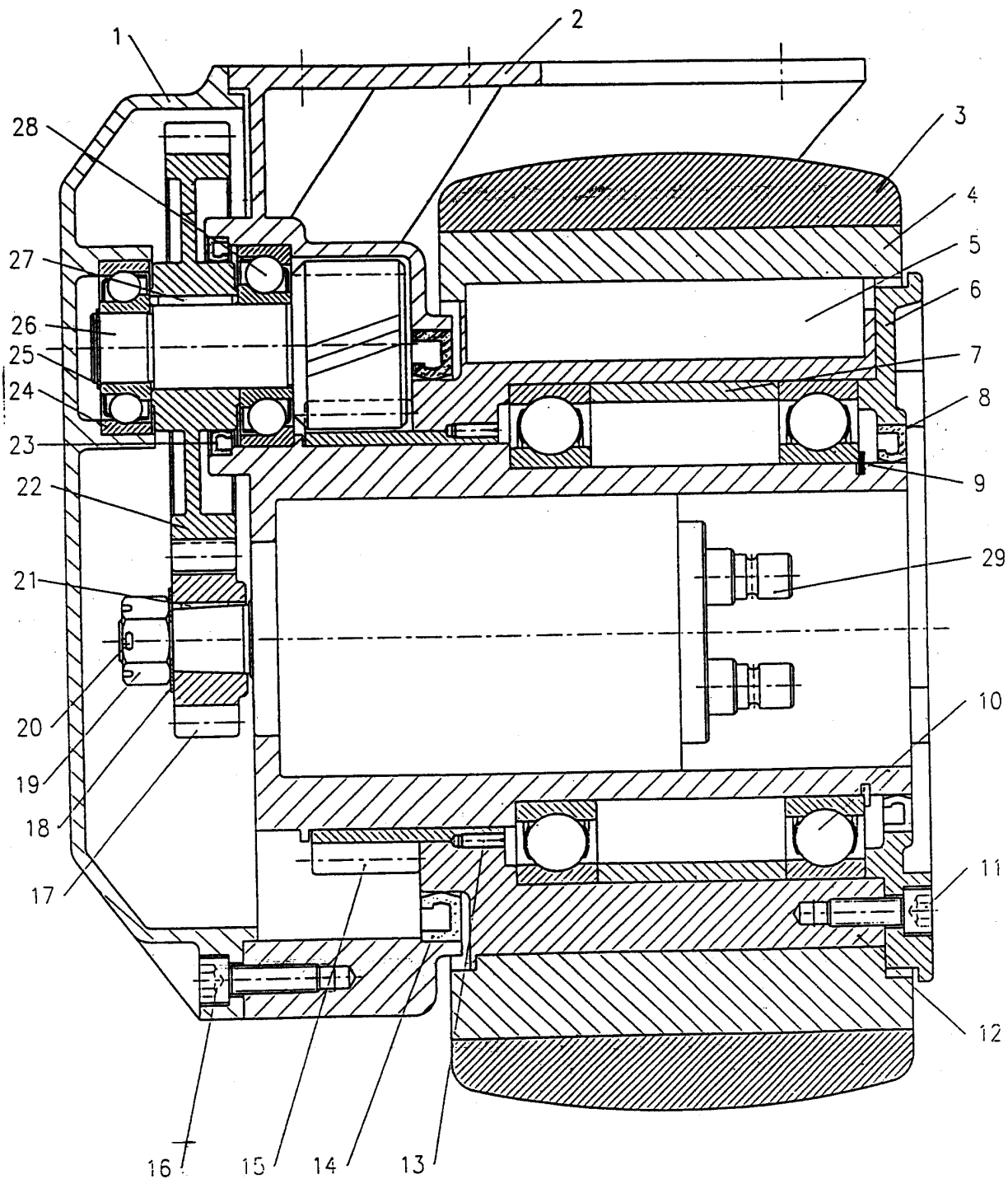


10.1. irudia. Efektu bikoitzeko zilindro pneumatikoa.

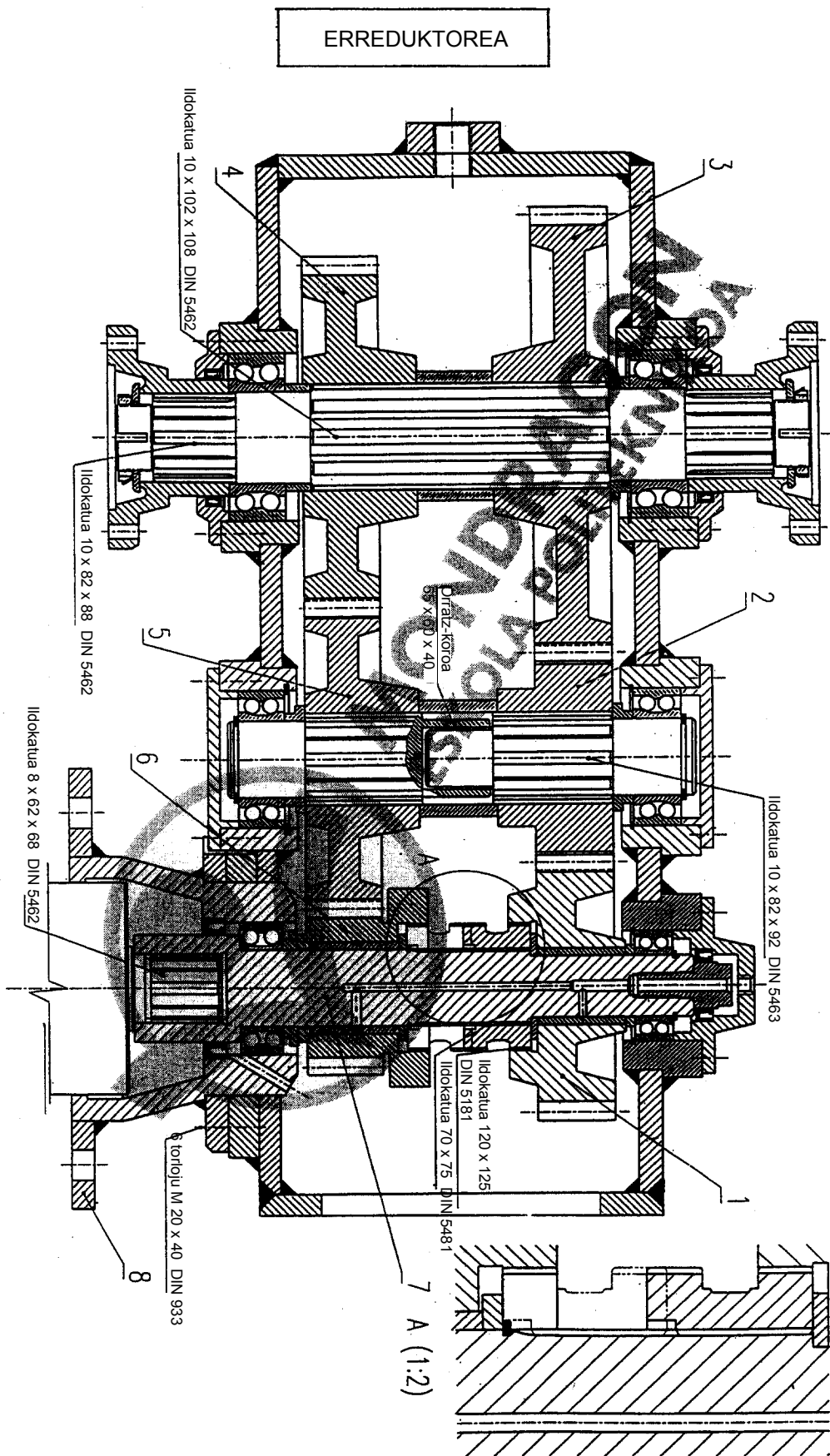


A - B ebakidura

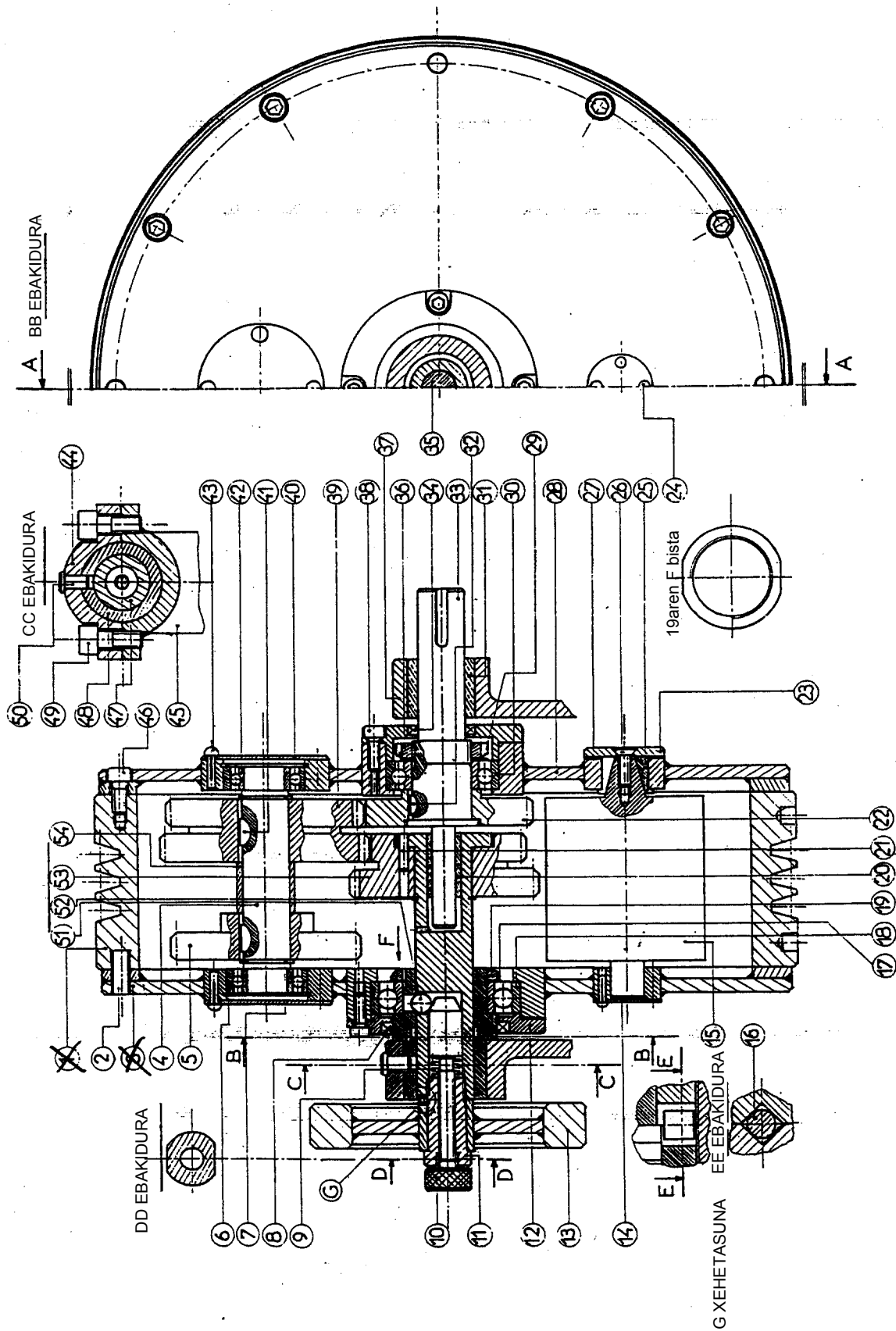
10.2. irudia. Ardatz paraleloko erreduktorea.



10.3. irudia.



10.4. irudia.



10.5. irudia. Polea erreduktorea.

11 BIBLIOGRAFIA

Conocimiento de materiales

P.Coca eta J. Rosique
Ed. Cosmos
Valentzia, 1967

Introducción a la Metalurgia fisica

S. Avner
Ed. McGraw-Hill
Mexiko, 1979

Procesos básicos de Manufactura

H.C. Kazanas, G.E. Baker eta T.G. Gregor
Ed. McGraw-Hill
Mexiko, 1983

Materiaren muinean. Kimika BBB3

I. Irazabalbeitia
Elhuyar-Elkar S.A.
Donostia, 1986

Conocimiento de materiales

J.M. Sánchez-Marin eta J.M. Lasheras
Ed. Donostiarra
Donostia, 1987

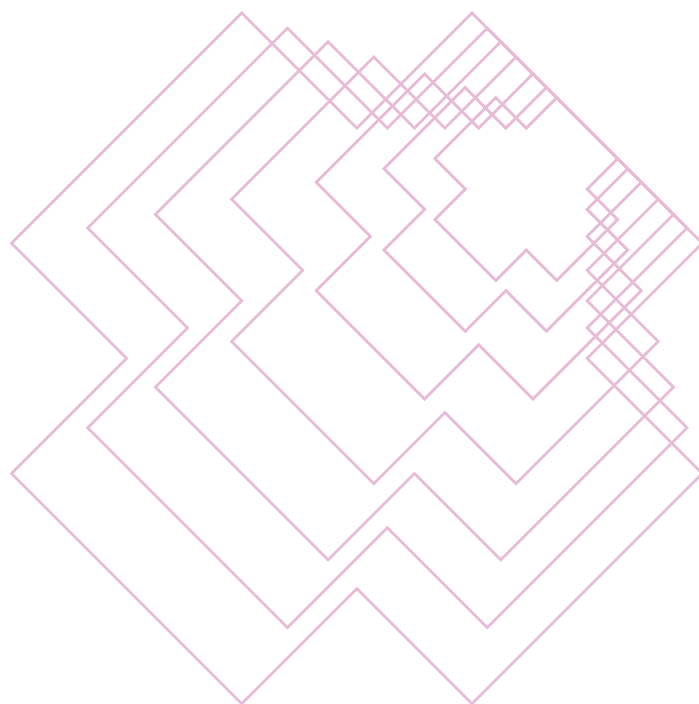
CETIM

Altzairuen diseinurako Metalurgia fisikoa

J.M. Rodriguez Ibabe eta J.J. Urkola
Elhuyar-Elkar S.A.
Donostia, 1993



Metaletarako entsegu mekanikoak



LANBIDE
EKIMENA

Aurkibidea

1. SARRERA.....	66
2. UNITATEAREN HELBURUA	68
3. ENTSEGU MEKANIKOETARAKO SARRERA.....	68
4. MATERIALEN PROPIETATEAK ETA ENTSEGU MEKANIKOAK.....	68
4.1. Trakzio-entsegua	69
4.2. Gogortasun-entseguak	76
4.3. Gogortasun-neurrien arteko korrespondentzia.....	86
4.4. Gogortasun-neurrien eta trakzio-erresistentziaren arteko korrespondentzia	89
4.5. Erresilientzia-entseguak edo talka bidezko flexio-entseguak probeta hozkatuaz.....	89
4.6. Bihurdura-entsegua	93
4.7. Flexio estatikoaren entsegua.....	93
4.8. Konpresio-entsegua	94
4.9. Neke-entsegua	95
4.10. Entsegu teknologikoak	95
4.11. Entsegu ez-suntsigarriak	97
5. GALDERA-SORTA	104

METALETARAKO ENTSEGU MEKANIKOAK

1 SARRERA

Fabrikatutako piezen ezaugarriak eta propietateak egiaztatzeko edo akatsak aurkitzeko, materialaren laginekin egiten diren prozedurak edo probak dira.

Entsegu horiek honela sailka ditzakegu:

► Ezaugarri-entseguak

- ✓ Konposizioarenak
- ✓ Egiturarenak: - makroskopikoa
 - mikroskopikoa
 - kristalinoa
- ✓ Anlisi termikoa: - fusio- eta solidotze-tenperaturak
 - eraldaketa-tenperaturak (puntu kritikoak)

► Propietate mekanikoen entseguak (suntsigarriak)

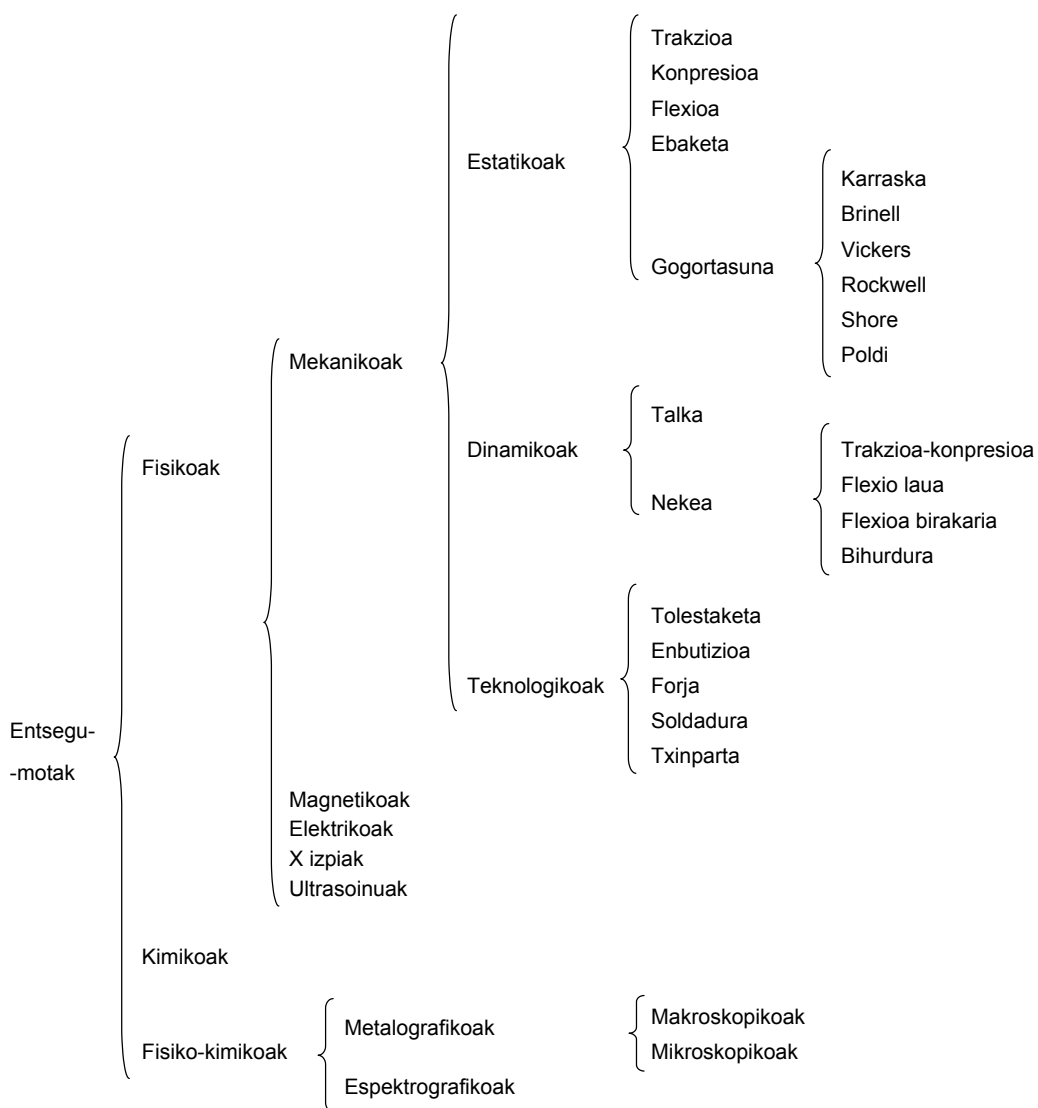
- ✓ Estatikoak: - Gogortasuna
 - Trakzioa
 - Isurpena
 - Konpresioa
 - Gilbordura
 - Flexioa
 - Bihurdura
- ✓ Dinamikoak: - Talkaren aurkako erresistentzia
 - Higadura
 - Nekea

► Entsegu teknologikoak edo konformaziozkoak

- ✓ Tolestaketa
- ✓ Enbutizioa
- ✓ Forja
- ✓ Ebaketa
- ✓ Puntzonaketa
- ✓ Tutuetakoak

► Entsegu ez-suntsigarriak

- ✓ Makroskopikoak eta mikroskopikoak
- ✓ Magnetikoak
- ✓ Sonikoak
- ✓ Ultrasonikoak
- ✓ Erradiografikoak



1.1.irudia. Entseguen sailkapena.

2 UNITATEAREN HELBURUA

Entsegu mekaniko interesgarrienak ezagutzea, bai estatiko eta dinamikoak, bai teknologikoak.

Unitate honetan metaletako entseguak soilik aztertuko dira.

3 ENTSEGU MEKANIKOETARAKO SARRERA

Koloreak eta behatze hutsak material bati buruzko ideia orokorra eman diezagukete. Nahikoa da pieza bat behatzea altzairua edo burdinurtua den, aluminioa edo aleazio arina den, kobrea edo letoia den, nikelatuta edo pintatuta dagoen, txirbil-harroketaz, fusioz, forjaz, etab. lortu den jakiteko.

Baina informazio hori ez da nahikoa fabrikatuta dagoen materialaren propietateak jakin ahal izateko. Horretarako, behaketa hutsa baino konplexuagoak diren prozeduretara jo beharko dugu, **materialen entseguak** izenez ezagutzen direnetara, alegia.

Garrantzi handikoak dira, helburu jakin baterako egokienak hautatzea ahalbidetzen dutelako.

Ikerketaren eta entseguaren helburu diren alderdiak hauexek dira:

- ✓ Ezaugarri fisikoak eta kimikoak.
- ✓ Deformatzeko duten gaitasuna, mekanizagarritasuna, soldagarritasuna, etab.
- ✓ Eskakizun mekanikoak edo erresistentziari dagozkionak betetzeko duten gaitasuna.

4 MATERIALEN PROPIETATEAK ETA ENTSEGU MEKANIKOAK

Materialen jokabidea beren propietate mekanikoen erabakitzen dute, jasaten dituzten esfortzuen arabera eta, halaber, haien eraginpean deformatzeko duten gaitasunaren arabera.

Ez dago material batek edozein esfortzuren aurrean izango duen jokabidea ezagutu ahal izateko propietate orokorrik, jokabide orokorraren alderdi zehatzak definituko dituzten propietate desberdinak baizik.

Piezaren historiak, tratamendu termikoen, etab.ek aldatu egiten dituzte propietate horiek; beraz, propietateak aztertutako egoeran baino ez dira behin betikoak.

Aipatuko ditugun ezaugarri nagusiak hauexek dira:

- ✓ Elastikotasuna
- ✓ Plastikotasuna
- ✓ Zailtasuna
- ✓ Hauskortasuna

Honako hauen propietateek definitutakoak, gutxi gorabehera:

- ✓ Erresistentzia
- ✓ Gogortasuna
- ✓ Erresilientzia
- ✓ Etab.

Entsegurik ohikoenen bitartez zehaztuta, hala nola:

- ✓ Trakzioa
- ✓ Gogortasuna
- ✓ Erresilientzia

Propietaterik garrantzitsuenetako bat hausturaren aurkako erresistentzia da, honela definitua:

Entseguan haustura gerta dadin beharrezkoa den karga unitarioa da.

Entseguek berez dituzten beste balioekin batera, materialaren ezaugarri **elastikoak** eta **plastikoak** definitzea ahalbidetzen du. Trakzio- edo flexio-entseguen bitartez neurtzen da.

Gogortasuna:

Materialak beste material batek marratzeari edo hura sartzeari egiten dion erresistentzia da.

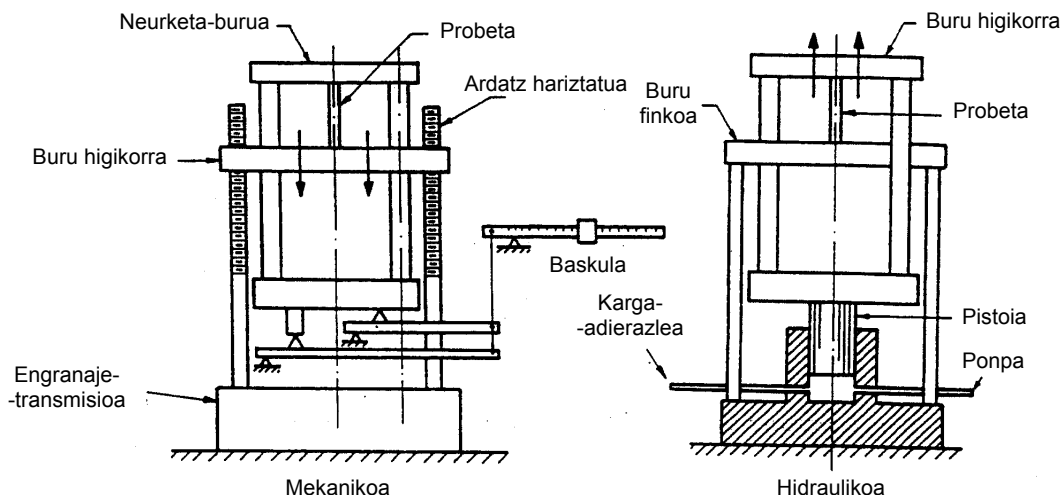
Erresilientzia:

Talka bidezko flexio-entseguan, probeta baten hausturan kontsumitutako energiaren neurria da.

Erresilientziak materialaren zailtasunaren balorazioa eskaintzen digu.

4.1 Trakzio-entsegua

Forma eta tamaina normalizatuko probetari gero eta trakzio handiagoko ardatz-esfortzua jasanaraztea da, normalean haustura gertatu arte. Entseguan zehar probetaren luzapenak trakzio-esfortzuaren arabera zehazten dira.



4.1. irudia. Trakzio mekanikoko makinaren eta makina hidraulikoen irudikapen eskematikoa.

Esfortua edo aplikatutako indarra indar-sentsore batez neurtzen da, karga-zelula izenekoaz, zeina makinan ezarrita egoten baita, probetaren trakzioaren ardatz axialean bertan.

Luzapenak edo deformazioak, berriz, gaur egun “estentsometro” batez neur badaitezke ere, uneoro probetaren euste-puntuen arteko distantzia makinaren desplazamendu-sentsoreaz neurtuz lortzen dira (enpresa askotan hala egiten da).

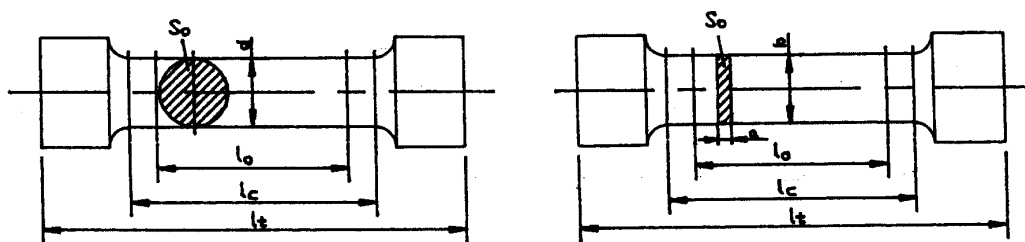
Probetak entsegu-makinara metodo egokiez lotzen dira, trakzio-indarraren noranzkoak probetaren luzetarako ardatzarekin bat etor dadin saiatur betiere.

■ Probetak

Probeta-mota produktuaren formaren eta tamainaren (barrak, hariak, txapak, tutuak, pieza forjatuak, galdatuak, etab.) araberakoa eta ezaugarriak zehaztu nahi ditugun materialaren nolakotasunaren araberakoa da.

Probetak mekanizatuta edo landu gabe egon daitezke, eta beren ebakidura zuzena honelakoa izan daiteke: zirkularra, karratua, angeluzuzena, hexagonal edo, kasu berezietan, edozein formatakoa.

Horiek guztiek alderdi kalibratu bat dute, zeina, oro har, erradioen bitartez ebakidura handiagoko bi lotzeko bururekin lotuta baitago; horren forma entsegu-makinaren eusteko gailuaren araberakoa da.



4.2. irudia. Trakzio-entseguarako probeta normalizatuak, UNE-ren arabera.

Estentsometroa erabili behar bada, alderdi kalibratua lotzen da; hala ez denean, haustura arteko luzapena neurtzeko, distantzia jakin batean dauden bi puntu markatzen dira (L_o), erreferentziatutako balio dezaten. Probeta hautsita, berriz osatu egiten da eta puntuen arteko distantzia neurtzen da, geroago ikusiko dugunez.

Emaitzak alderatu ahal izateko, komeni da probeta proportzionalak erabiltzea, hau da, puntuen arteko hasierako distantzia (L_o) eta hasierako ebakiduraren erro karratua (S_o) erlazionatuta dituztenak.

$$L_o = k \sqrt{S_o}$$

Altzairuzko produktuetarako, UNE 7-262 arauak proportzionaltasun-legea duten probetak erabiltzea gomendatzen du, edota $L_o = 5 \cdot d$, ebakidura zirkularra bada.

Entsegu-arauek probeten forma eta mekanizatu-tolerantziak definitzen dituzte..

Ondoko forma eta tamaina duten probetak erabiltzea gomendatzen dugu:

a mm.	B mm.	L_o mm.	L_c mm.	L_t mm.
< 3	20	80	120	>150
≥ 3	25	$5,65 \sqrt{S_o} \cdot 1$	$L_o + 2\sqrt{S_o} \cdot 2$	$< L_c + 2\sqrt{S_o} \cdot 3$

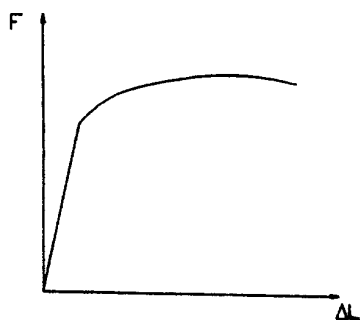
4.1. taula.

d mm.	S mm ² .	L_o mm.	L_c mm.	L_t mm.
$13,8 \pm 0,09$	150	70	77-98 bitartean	$L_t > L_c + 2d$
$20 \pm 0,105$	314,16	100	110-140 bitartean	

4.2. taula.

Trakzio-diagramak

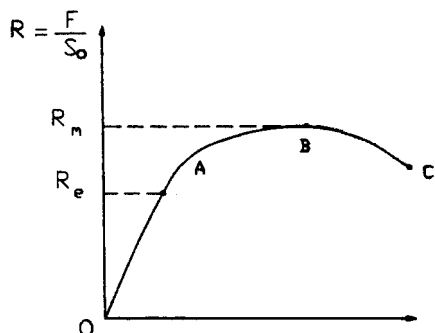
Esan dugunez, trakzio-entsegutik Indarra/Luzapena grafikoa lortzen da.



4.3. irudia. F/ΔL diagrama.

Probeta bat luzatzeko beharrezkoa den indarra bere sekzioaren araberakoa denez eta luzapena ($\Delta L = L - L_o$), bere aldetik, hasierako luzeraz aldatu egiten denez, grafikoa ezin izango litzateke beste dimentsio batzuetako probetetara aldatu.

Horregatik, entsegua uniformizatzen saiatu gara, eta trakzio-**diagrama konbentzionala** delakoa aurkeztu dugu:



$R = \frac{F}{S_0}$ erresistentzia edo karga unitarioa da.

$e = \frac{\Delta L}{L_0}$ luzapena edo deformazio unitarioa da.

Unitateak MPa (N/mm^2) edo kg/cm^2 dira R-rako eta % e-rako. S_0 eta L_0 probetaren hasierako sekzioa eta luzera dira.

4.4. irudia. Trakzio-diagrama konbentzionala.

Diagraman hiru zona ikusten dira:

OA: Zona elastikoa

Materiala luzatzeari uzten badiogu, hasierako dimentsioetara itzuliko da (malgukia bezala).

Zona honetan, R eta e proportzionalak dira (zuzen bat da): $R = E \cdot e$

Proportzionaltasun-koefizientea Young-en modulua edo E elastikotasun-modulua da.

A puntua eremu elastikoaren mugari dagokio, eta R_e dagokion erresistentziari itxurazko muga elastikoa deitzen zaio.

E handia denean materiala zurruna dela esaten da: kargatzen denean gutxi deformatzen da.

AB: Zona plastiko homoginoa

Halaber deformazio iraunkor homogineoaren eremua edo deformazio plastiko banatuaren eremua deitua.

Materiala askatzen badugu, deformazioaren zati bat (deformazio elastikoa) berreskuratu egiten du, baina beste alde bat bere horretan geratzen da, hau da, deformazio iraunkorraz geratzen da (plastikoki deformatuta).

Batzuetan, zona horren hasieran **isurpena** gertatzen da; materiala deformatu egiten da karga handitu gabe.

B puntua gehienezko kargaren puntuari dagokio. Hortik aurrera, probetaren zona bat estutzen hasten da; estutze horri **estrikzio** deitzen zaio.

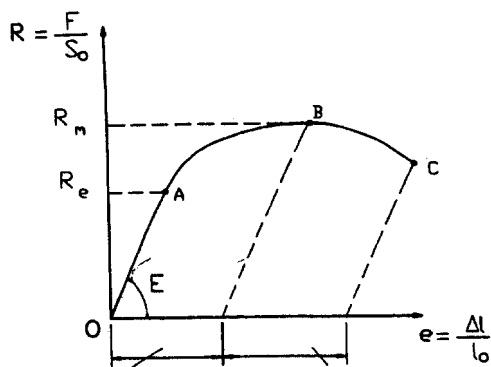
Puntu horri dagokion erresistentziari (R_m), trakzio-erresistentzia, erresistentzia mekanikoa edo hausturaren aurkako erresistentzia deitzen zaio.

BC: Estrikzio-zona edo tokian tokiko deformazio plastikoaren zona

Probetaren haustura fisikoa C puntuan gertatzen da. B-ren eta C-ren artean gero eta estutze nabarmenagoa ikusten da: probetaren deformazio-zonarik garrantzitsuena da.

Trakzio-entseguan zehaztutako ezaugarri nagusiak

Trakzio-diagraman materialaren ezaugarri mekaniko batzuk atera ditzakegu:

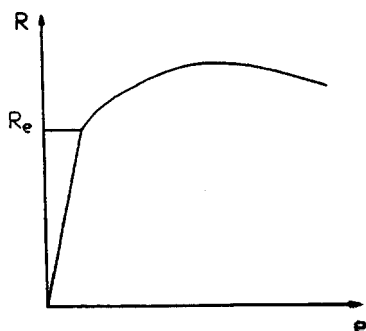


- a) Muga elastikoa, R_e edo R_p
- b) Erresistentzia mekanikoa edo trakzio-erresistentzia, R_m
- c) Luzapena, A
- d) Elastikotasun-modulua edo de Young-ena, E
- e) Estrikzioa, Z

Deformazio homogeneoa + Estrikzioko deformazioa = % A

4.5. irudia. Ezaugarri mekanikoak.

a. Elastikotasun-muga



Berez, deformazio iraunkorra izateko behar den karga unitarioa esan nahi du.

Hala ere, puntu hori oso zaila da zehazten; horregatik, hainbat muga definitu dira:

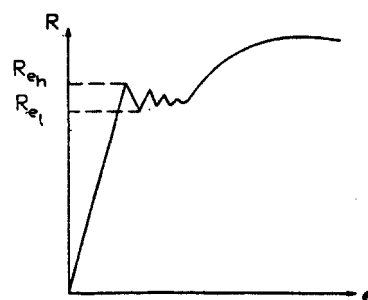
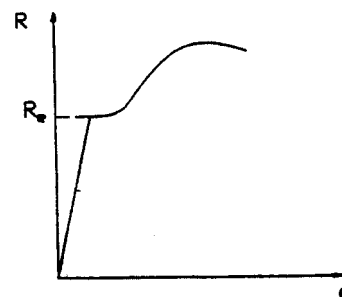
4.6. irudia. Elastikotasun-muga.

Itxurazko muga elastikoa, R_e

Karga hustu gabe, deformazioa asko handitzen den uneari dagokion karga da.

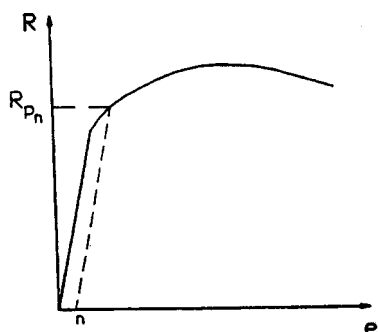
Material batzuek, karbonozko altzairuek adibidez, nolabaiteko oszilazioa dute zona honetan; horregatik, itxurazko bi muga elastiko definitzen dira:

- Goikoa, R_{eH} , isurpenaren hasierari dagokiona.
- Behekoa, R_{eL} , isurtzen ari denean kargarik baxuenari dagokiona.



4.7. irudia. Itxurazko muga elastikoak.

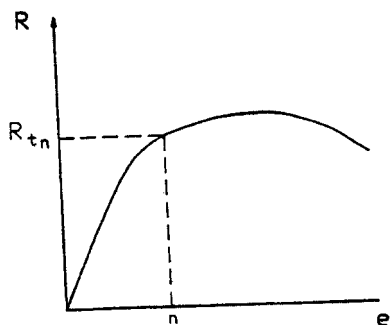
Muga elastiko konbentzionala, R_{p_n}



Aurrez finkatutako % n-ren etengabeko luzapena gertatzen den karga unitarioa da. n ohikoenak % 0,2 eta 0,1 dira.

4.8. irudia. Muga elastiko konbentzionala.

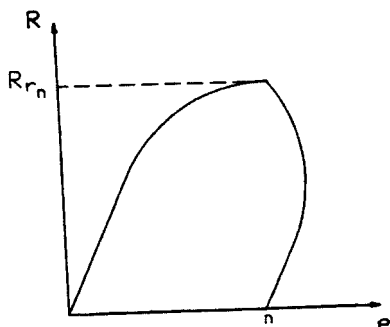
Kargapeko muga elastiko konbentzionala, R_{t_n}



Kargapeko guztizko luzapena (luzapen elastikoa + luzapen plastikoa) % n duen karga unitarioa da.

4.9. irudia. Muga elastiko konbentzionala kargapean.

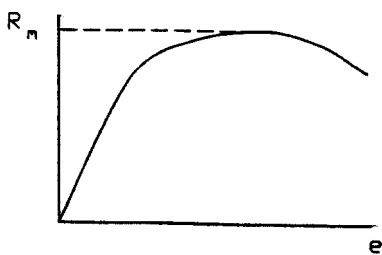
% n-ko hondarreko luzapena duen muga elastikoa, R_{rn}



Karga kendu ondoren, probetak aurrez finkatutako % n-ko luzapen iraunkorra duen karga da (zona proportzionalik ez duten materialetan erabiltzen da).

4.10. irudia. %ko hondarreko luzapena duen muga elastikoa.

b. Erresistentzia mekanikoa edo trakzioaren aurkakoa, R_m

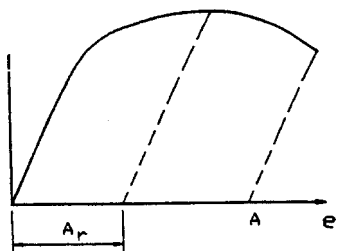


Probetak entseguan jasaten duen gehieneko karga unitarioa da.

Adibidea: % 30 Zn duen letoiak trakzio-aurkako erresistentzia 315 MPa-ekoa du. Horren arabera, 3 x 25 mm-ko probetak 23625N jasaten ditu.

4.11. irudia. Erresistentzia mekanikoa.

c. Luzapena, A



Materiala zenbat deformatu den adierazten du.

4.12. irudia. Luzapena.

Hondarreko luzapena, Ar

Probetaren puntuen arteko distantzia handitzea da, finkatutako karga jasan ondoren eta deskargatu ondoren, %-tan adierazia.

$$A_r \% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

6

Adibidea: Probeta 7.10³ kg-raino kargatu eta deskargatu egiten da. Hasieran 100 mm-tan zeuden markak orain beste 2 mm urrundu direla ikusi dugu. Benetako luzapena % 2koa izango litzateke.

Hautsi ondoko luzapena, A

Puntuen arteko distantzia handitzea da, probeta hautsi eta osatu ondoren.

$$A \% = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

7

K proportzionaltasun-erlazioarekin batera adierazi behar da beti ($L_0 = k\sqrt{S_0}$).

d. Elastikotasun-modulua edo Young-en modulua (E)

Balio hori trakzio-kurbaren hasierako alderdi zuzenaren malda neurtuz lortzen da. Elastikotasun-modulua luzapen elastikoak tentsioen arabera ezagutzea ahalbidetzen duen eta materialaren zurruntasunaren berri ematen duen konstantea da.

Badaude E-ren balioa jakiteko beste metodo zehatzago batzuk, bibrazioen moteltzean edota ultrasoinuak hedatzeko abiadura neurtzean oinarrituak.

e. Estrikzioa (Z)

Hasierako ebakiduraren arearen (S_0) eta probeta hautsi ondorengo area minimoaren (S_f) arteko aldea da, %-tan adierazia.

$$Z = 100 \frac{S_0 - S_f}{S_0}$$

8

4.2 Gogortasun-entseguak

Gogortasun-entseguak oinarritzko entsegu mekanikoen artean ditugu, beren azkartasuna, soiltasuna eta ongi errepikatzeko erraztasuna dela-eta.

Badira gogortasun-entseguetarako hainbat metodo:

- ✓ Marradura bidezkoa
- ✓ Errebote bidezkoa
- ✓ Sartze bidezkoa
- ✓ Etab...

 Marradura bidezko gogortasun-entsegua

Entsegu hau karga bat aplikatzen zaion diamante-punta batez marra bat egitea da. Teknika hau mineralogistek erabili zuten lehena da. (Mohs-en eskala, 1820).

<i>Mohs-en eskala</i>	
1	Talkoa
2	Gatzarria
3	Kaltzita
4	Fluorita
5	Apatitoa
6	Feldespatoa
7	Kuartzoa
8	Topazioa
9	Korindoia
10	Diamantea

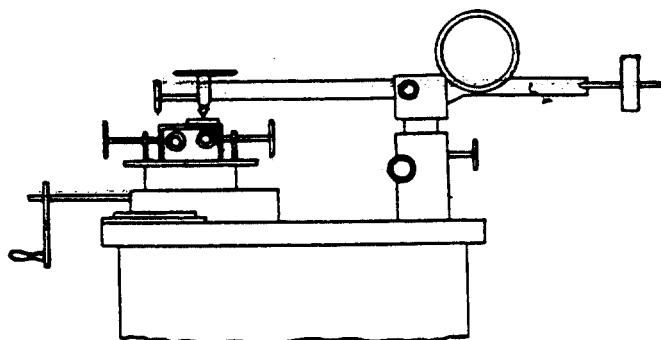
4.3. taula.

Mohs-ek 10 mineralen eskala ezarri zuen, oraindik mineralogian erabilia izan arren, metalurgian aplikaziorik ez duena. Material baten gogortasuna zehazteko, ezagutzen den gorputzik gogorrenaz (diamanteaz) marratzen saiatzen gara, eta eskalako hurrengo materialez probatuz jarraitzen dugu, gogorrenetik bigunenera, probako gorputza marratzen ez duen (eskalako) materialera iritsi arte; kasu horretan, materialak eredu zko gorputz horren gogortasuna duela esaten dugu.

Karraskazko gogortasun-entsegua marradura bidezko entsegutzat jo dezakegu. Nahiko akastuna da eta gogortasunaren gutxi gorabeherako ideia besterik ez du ematen.

Marten-en marradura bidezko gogortasun-entsegua (4.13. irudia) piramide-formako eta erpinean 90°ko diamante-muturrak, karga konstanteaz probatzen den materiala mugitzen saiatzen denean, egiten duen marraren zabalaren neurrian oinarritzen da; "a" marraren zabalera da, mm-tan. Marten-en gogortasuna honako formula honek kalkulatu du:

$$HM = \frac{10.000}{a^2}$$



4.13. irudia. Marten-en esklerometroa, marradura bidezko gogortasuna neurtzeko.

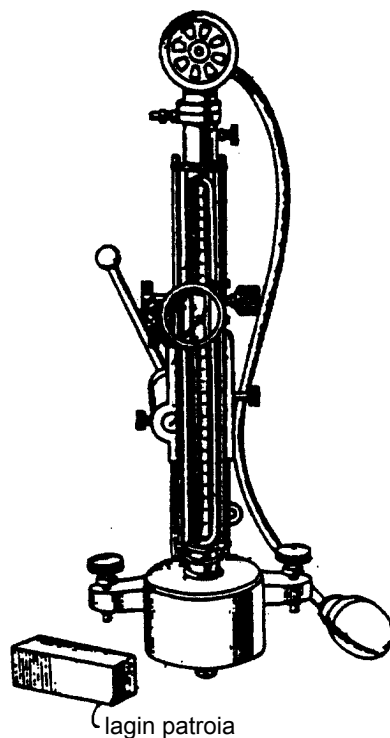
Errebote bidezko gogortasuna edo gogortasun elastikoa

Entsegu honetan, altuera jakin batetik erortzen den bolaren erreboteak materialaren gainazalean duen altuera neurtzen da.

Shore entsegua entsegu-mota hauetakoa dugu. Tamaina handiko piezen gogortasunerako erabiltzen da eta, halaber, kautxuzko eta plastikozko piezen kasuan.

Shore eskleroskopia deitutako aparatua (3.15 irudia) 300 mm inguruko altuerako kristalezko tutu batek osatzen du; bere barrualdetik 1/12 ontza (2,36 g) pisatzen duen mailua erortzen da, diamantezko mutur biribildua duen altzairuzko zilindroa, alegia.

Erorketa-altuera 10"-koa da (254 mm) eta 140 zati berdinetan zatituta dago.



4.14. irudia. Shore makina errebote bidezko gogortasun-entsegutarako.

Gogortasun-entsegurako, pieza aparatua oinarrian finkatzen da, mailua erorketa-posizioraino garraiatzen da, xurgatze-sistema baten bitartez, eta ondoren erortzen uzten da. Errebotearen gehienezko altuerak, non mailua atxikita geratzen den, gogortasunaren neurria zehaztuko du.

Metodo horren abantaila neurtutako piezan ia hatzik ez uztea da.

Sartze bidezko gogortasuna

Entsegu hau, neurtu beharreko piezan bera baino elementu gogorragoa karga konstante baten eraginpean sartzea da. Gogortasun-entsegurik garrantzitsuenak dira, batez ere metalen eremuan duen erabileragatik. Honako metodo hauek aipatuko ditugu: Rockwell, Brinell, Vickers eta Knoop.

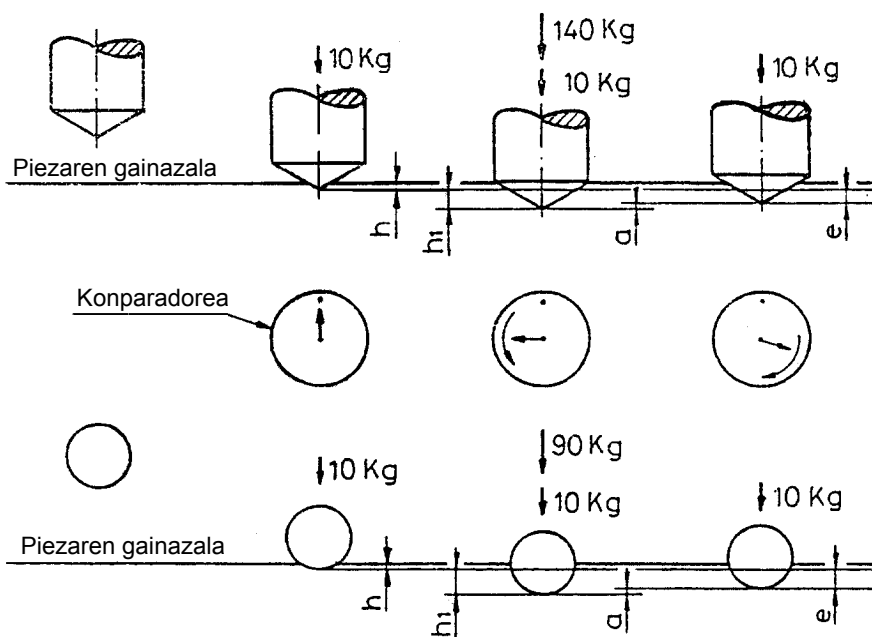
Rockwell metodoa

Rockwell metodoak materialaren gogortasuna hatzaren sakontasunaren arabera zehazten du.

Metodoa mutur bat neurtu beharreko produktuaren laginean sartzea da, bi karga elkarren segidan aplikatuz, eta sortutako hatzaren sakontasunaren "e" hondarreko handitzea neurtzea da.

Bi sargailu-mota daude:

- ✓ Diamantezko konoak, erpinean 120° eta muturra biribildua ($r = 0,02 \text{ mm.}$) dutenak.
- ✓ Hainbat diametrotako ($1/16"$, $1/8"$, $1/4"$, $1/2"$) bola esferikoak.



4.15. irudia. Rockwell entseguen eskema.

Rockwell gogortasun-eskalak:

Izendapen- -eskala	Proba- -mota	Sargailu-mota eta tamaina	Karga txikiena Kg-tan	Karga handiena Kg-tan	Konparadorearen eskala		Erabilpenak
					Kolorea	Ezarpena	
A	Normala	Diamantezko konoa	10	60	Beltza	Kanpoan	Altzairu nitruratuak, hotzean luzatutako zumitzak, bizarra mozteko xafiak. Karburo metalikoak (90etik 98ra bitartean).
B	"	1/16"-ko bola	"	100	Gorria	Barruan	Karbono-altzairu suberatuak, C eduki txikikoak.
C	"	Diamantezko konoa	"	150	Beltza	Kanpoan	Altzairu gogorrak. 100 Rockwell B edo 20 Rc-tik gorako gogortasuna dutenak.
D	"	Diamantezko konoa	"	100	Beltza	Kanpoan	Zementatutako altzairuak.
E	"	1/8"-ko bola	"	100	Gorria	Barruan	Metal bigunak, hala nola marruskadura aurkakoak eta pieza galdatuak.
F	"	1/16"-ko bola	"	60	"	"	Brontze suberatuak.
G	"	1/16"-ko bola	"	150	"	"	Fosforo-brontzea eta beste zenbait metal.
H	"	1/8"-ko bola	"	60	"	"	Homogeneotasun gutxiko metal gogorrak, burdinurtuak.
K	"	1/8"-ko bola	"	150	"	"	Homogeneotasun gutxiko metal gogorrak, burdinurtuak.
L	"	1/4"-ko bola	"	60	"	"	"
M	"	1/4"-ko bola	"	100	"	"	"
P	"	1/4"-ko bola	"	150	"	"	"
R	"	1/2"-ko bola	"	60	"	"	Oso metal bigunak
S	"	1/2"-ko bola	"	100	"	"	"
V	"	1/2"-ko bola	"	150	"	"	"
15-N	Azalekoa	Diamantezko konoa	3	15	"	"	Altzairu nitruratuak, zementatuak eta erremintakoak, oso gogorrak.
30-N	"	Diamantezko konoa	"	30	"	"	"
45-N	"	Diamantezko konoa	"	45	"	"	"
15-T	"	1/16"-ko bola	"	15	"	"	Brontzea, letoia eta altzairu biguna.
30-T	"	1/16"-ko bola	"	30	"	"	"
45-T	"	1/16"-ko bola	"	45	"	"	"

4.4. taula.

4.15. irudian eskematizatzen denez, entseguak honela burutzen dira:

1. Probeta makinaren euskarrian ezartzen da
2. F_0 , hasierako karga, ezartzen da
3. F gainkarga gehitzen da, $F = F_0 + F$ guztizko karga lortzeko
4. F ezabatzen da eta, F_0 karga mantenduz, hondarreko "e" sakonera irakurtzen da

Rockwell gogortasuntzat hartzen da H-e zenbakia, honela:

- ✓ H, 100 zenbakia A, C, D, N eta T eskaletarako eta 130 zenbakia gainerako eskaletarako.
- ✓ e, hondarreko sakonera, u unitatetan neurtua (u unitatea = $2\mu\text{m}$ eskala guztietarako, N eta T gainazal-gogortasunaren eskaletarako izan ezik, non $u = 1\mu\text{m}$).

Rockwell gogortasuna ezaugarri hori neurtzen duen zenbakiaz eta ondoren HRX ikurrez adierazten da; X da eskalaren ezaugarria den letra, N eta T eskalarentzat izan ezik.

Bi eskala horietan, N edo T letrek kasu bakoitzean aplikatutako guztizko karga daramate aurretik.

Adibidea

C eskala, $e = 48u \Rightarrow (96\mu\text{m}) \Rightarrow H - e = 52$, Gogortasuna: 52HRC

N eskala, 30kg karga, $e = 40u \Rightarrow (40\mu\text{m}) \Rightarrow H - e = 60$, Gogortasuna: 60HR30N

Normalean, entsegua inguruneko tenperaturan egiten da.

Probeta euskarri zurrin eta garbian ezartzen da, eta sargailua probetaren gainazalarekin kontaktuan jartzen da, haren indarra honekiko zuta izan dadin.

Entsegua egin bitartean makinak ez du talkarik ez eta bibraziorik jasan behar, eta probetaren gainazalaren eta euskarriaren arteko desplazamenduak saihestu egingo dira.

Pieza zilindrikoetan edo esferikoetan gogortasuna neurtzeko, erabiltzen diren arauak ezarritako zuzenketak hartu beharko dira kontuan.

Piezaren lodierak 8e-tik gorakoa izan behar du altzairuen kasuan eta 10e-koa aluminio- eta kobre-aleazioen kasuan. Entseguaren ondoren, ez da deformaziorik atzeman behar probetaren beste aldeko aurpegian.

Hurbileko bi hatzen arteko distantzia, edota horietako baten erdigunetik probetaren ertzerrainokoa, ez da hatzaren diametroa baino 2,5 aldiz txikiagoa izango.

Sargailua txikia izateagatik, Rockwell entsegua ez da gomendagarria ale lodiegia duten altzairuen kasuan, eta hori maiz gertatzen da altzairu moldatuetan.

► **Brinell metodoa**

Neurtu beharreko produktuaren laginean D diametroa duen bola F kargapean sarraraztea da, eta, karga s segundoko denboran ezarrita, jasotako hatzaren d batez besteko diametroa neurtzea.

Brinell gogortasuna ezarritako F karga, Kp-etan adierazia, zati hatzaren azalera, milimetro karratutan adierazia, eginez lortzen da; hatzaren azalera D diametroko esfera baten txapel esferikotzat hartzen da, eta formula matematikoa honako hau da:

$$HB = \frac{F \text{ (Kgf)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}}$$

9

Hatzeko txapel esferikoaren azalera honakoa izango da:

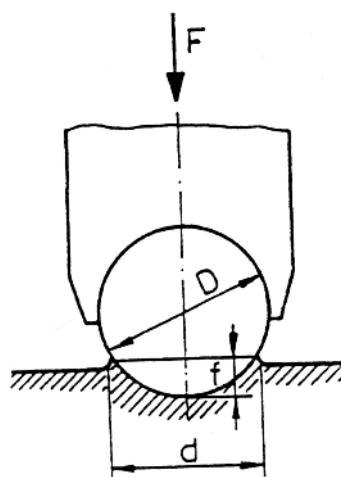
$$A = \pi \cdot d \cdot f \quad 10$$

eta $f = \frac{(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$ 11 denez, hau izango dugu:

$$A = \frac{\pi d (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2} \quad 12$$

eta ordezkapena eginda:

$$HB = \frac{2F}{\pi d (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad 13$$



4.16. irudia. Brinell entsegua eskema.

Erosotasun handiagoa lortzeko, kalkulu hau egin beharrean, badaude Brinell gogortasuna d hatz-diametro bakoitzerako (erretikulu graduatua duen lupaz neurtzen da) zuzenean kalkulatzeko duten taulak.

Material desberdinez lortutako emaitzak konparagarriak izan daitezzen, aplikatutako kargek bolaren diametroaren karratuarekiko proportzionalak izan behar dute.

Kargaren balioa honako formula honen bitartez zehazten da:

$$F = k \cdot D^2$$

k balioa neurtzen den materialaren arabera da:

- ✓ Burdina eta altzairua k = 30
- ✓ Kobrea, brontzea, letoia k = 10
- ✓ Aleazio arinak k = 5
- ✓ Eztainua eta beruna k = 2,5

Halaber, 1,25 eta 0,5 koefizienteak proposatu ohi dira oso material bigunetarako.

Gogortasun-neurketa ahalik eta baldintzarik onenetan egin dadin, d hatz-diametroak bolaren diametroaren % 35etik % 50era bitartekoa izan behar du. Erabilitako bolak 10 mm, 5 mm, 2,5 mm, 1,25 mm, etab. diametrokoak dira.

Piezaren lodierak euskarriaren gogortasunarekin interferentziarik ez izateko adinakoa izan behar du. Oro har, lodierak hatzaren sakonera baino **10** aldiz handiagoa, gutxienez, izan behar duela kalkulatu da. Bestalde, hatzaren erdigunetik probetaren ertzetara distantzia gutxienez 1,5 D-koa izango da, eta elkarren segidako bi aztarnen erdiguneei arteko distantzia, gutxienez, 2,5 D-koa.

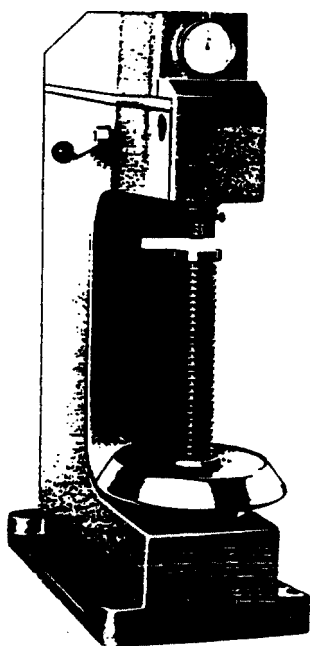
Karga aplikatzeko denbora honako hau da:

- ✓ Burdina eta altzairua 10 ÷ 30 s.
- ✓ Kobrea, brontzea, letoia 30 s.
- ✓ Aleazio arinak 60 ÷ 120 s.
- ✓ Eztainua eta beruna 120 s.
- ✓ Oso metal bigunak 120 s.

Piezaren lodieraren arabera aplikatu beharreko kargak.

Piezaren lodiera mm	Bola, D mm	$F = k \cdot D^2$ (kg)					
		Burdina eta altzairua k = 30	Kobrea, brontzeak eta letoiak k = 10	Aleazio arinak k = 5	Eztainua eta beruna k = 25	Oso metal bigunak	
						k = 1,25	k = 0,5
>6	10	3000	1000	500	250	125	50
3 ÷ 6	5	750	250	125	62,5	31,5	12,5
2 ÷ 3	2,5	187,5	62,5	31,2	15,6	7,8	3,1
<2	1,25	46,9	15,6	7,8	3,91	1,99	

4.5. taula.



4.17. irudia. Probetaren kokapena aplikazio-ardatzari dagokionez.

Probetak erabat laua, kargaren aplikazio-ardatzarekiko normala eta ahalik eta homogeneoena izan behar du. Gainazalaren egoera ez da kritikoa; hatzaren irakurketa zuzen egitea besterik ez du ahalbidetu behar.

Brinell entsegua 500 HB-tik beherako gogortasunetara mugatzen da, balio horietatik gora bolaren deformazioak jasotako emaitzetan eragin nabarmena baitauka.

Brinell gogortasuna entseguan lortutako balioaz eta jarraian HB letrez eta D, F eta s parametroen balioez adierazten da, horiek barra batez bereizita.

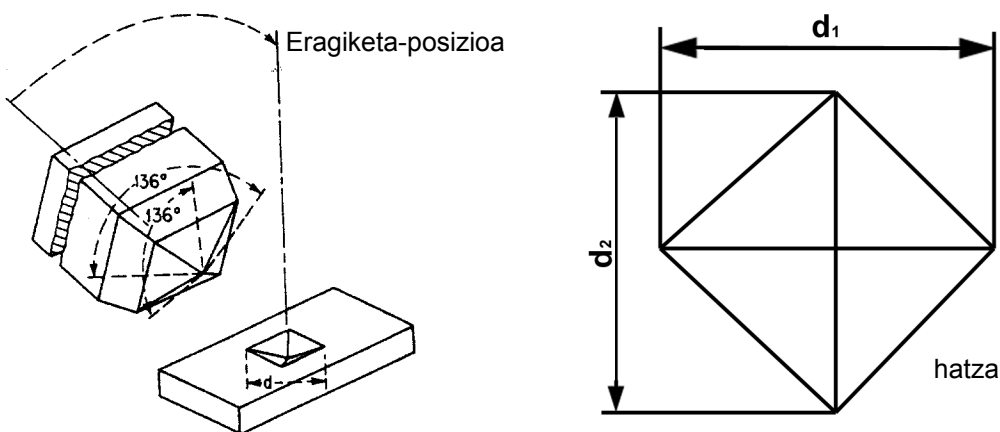
Adibidez:

350 HB 10/ 3000/ 20

350 HB-ko gogortasuna 10 mm-ko bolaz, 3000 kg-ko kargaz eta 20 s-ko aplikazio-denboraz lortu bada.

► **Vickers metodoa**

Metodo hau Brinell metodotik eratorria da zuzenean, eta entseatu beharreko produktuaren laginean, F karga baten eraginpean, diamantezko sargailua sarraraztea da, oinarri karratuko piramide zuzeneko formakoa bera, erpinarekin duen angelua, aurkako aurpegien artean, 136°koa duena (4.18. irudia), eta halaber, karga s segundotan aplikatuta, jasotako hatzaren d diagonal neurtzea.



4.18. irudia. Diamantezko sargailua eta bere bitartez lortutako hatza.

Vickers gogortasuna F aplikatutako karga, Kp-etan adierazia, zati hatzaren azalera, milimetro karratutan adierazia, eginez lortzen da; hatza oinarri karratuko piramide zuzena, d diagonalakoa, erpinean sargailuaren angelu bera duena, izango litzateke.

Balioa honako formula honen bitartez lortzen da:

$$HV = \frac{F \text{ (kg)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}}$$

Vickers gogortasuna zehazteko, *diagonalaren balioetat hatzaren bi diagonalen baturaerdia hartuko da*, diagonalak erretikulu graduatuko mikroskopioaz neurtuta, eta honako formula honen bitartez:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Hatzaren area d oinarritzat hartuta kalkulatzen da, honako formula honen bitartez:

$$A = \frac{d^2}{2 \text{ sen } \alpha/2} = \frac{d^2}{1,854}$$

hortik:

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

Entseguan erabiltzen diren kargak 1 Kp-etik 120 Kp-era bitartekoak izan daitezke. Dena den, mikrogogortasuneko entseguetarako 1 Kp-etik beherako kargan erabiltzen dira, normalean 15 g-tik 1000 g-ra bitartean. Gogortasunaren eta mikrogogortasunaren entseguen printzipioa berbera bada ere, erabiltzen diren makinak desberdinak dira kasu bakoitzean.

Karga aplikatzeko denbora 10 segundotik 30era bitartekoa da, eta normalean 15 s-koa izaten da.

Vickers gogortasuna ezaugarri hori neurtzen duen zenbakiaz eta, ondoren, HV letraz eta F eta s parametroen balioaz adierazten da, barra batez bereizita.

Adibidez: 650 HV 30/20

gogortasuna 650koa bada, karga 30 Kp –ekoa, eta 20 s-tan aplikatzen bada.

Probetaren lodierak ez du hatzaren diagonalak baino 1,5 aldiz handiagoa izan behar.

Entsegua gainazal kurbatuetan egiten denean, aplikatutako kargak makurdurak d diagonalaren balioan duen eragina ezabatzeko bezain txikia izan behar du, edota, gogortasun-balioak d/D (D = gainazal

kurbatuaren diametroa) erlazioaren arabera zuzenduko dira, arauetan tabulatutako faktoreen bitartez (ikus, adibidez UNE 7050-73).

Knoop metodoa

Mikrogogortasun-neurketak egiteko erabiltzen da.

Vickers metodoarekin duen desberdintasun bakarra sargailua da, erronbo-oinarridun piramide formakoa baita (4.19. irudia). Piramidearen erpinarekiko angeluak $172^{\circ} 30'$ eta 130° -koak dira, eta oinarriko diagonalen arteko erlazioa 7/1 da.

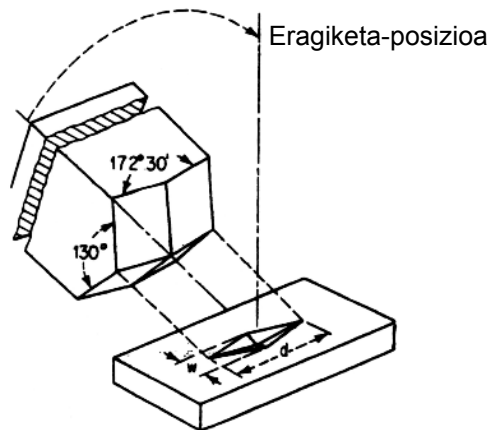
Gogortasuna honako formula honen bidez zehazten da:

$$HK = \frac{F}{0,07028 \cdot d^2}$$

14

non d diagonal handiena baita, erretikulu graduatuko mikroskopioaz neurtzen dena, eta F aplikatutako karga, orokorrean 15 gramotik 1000ra bitartekoa izan daitekeena.

Vickers nahiz Knoop mikrogogortasunak, behaketa mikrografikoekin batera, laborategian oso erabiliak izaten dira materialak aztertzeko.



4.19. irudia. Knoop sargailua.

4.3 Gogortasun-neurrien arteko korrespondentzia

Gogortasuna muga elastikoaren eta deformazioz garratzasuna hartzeko ahalmenaren araberakoa da aldi berean. Entseguan toki jakin batean egindako deformazioak % 10 direla kontuan hartuta, zaila da material berean metodo desberdinez egindako gogortasun-neurketak kuantitatiboki parekatzea. Hala ere, badaude korrespondentzia-taulak, nahiz eta enpirikoak eta gutxi gorabeherakoak izan, oso baliagarriak direnak.

Gogortasunen bihurketa-banden batez besteko balioak, NF AO3 - 172 y NF AO3 – 173ren arabera.

HV $F \geq 98,1 \text{ N}$ gogortasuna	HBS HBW gogortasuna	HRA gogortasuna	HRB gogortasuna	HRC gogortasuna	HRD gogortasuna	Rm (MPa) trakzio- -erresistentzia
80	76,0					280
85	80,7					310
90	85,5					320
95	90,2					340
100	95,0					350
105	99,8					370
110	104,5		62,0			380
115	109,3		64,6			390
120	114,0		67,0			410
125	118,8		69,0			420
130	123,5		71,0			440
135	128,3		73,1			450
140	133,0		75,1			470
145	137,8		77,0			480
150	142,5		78,8			500
155	147,3		80,5			510
160	152,0		82,1			530
165	156,8		83,5			540
170	161,5		85,0			550
175	166,3		86,1			570
180	171,0		87,3			580
185	175,8		88,5			600
190	180,5		89,6			610
195	185,3		90,7			630
200	190,0		91,8			650
205	194,8		92,8			660
210	199,5		93,7			680
215	204,3		94,6			690
220	209,0		95,5			710
225	213,8		96,3			720
230	218,5					740
235	223,3					750
240	228	60,7		20,3	40,3	770
245	232,8	61,2		21,3	41,1	780
250	235,5	61,6		22,2	41,7	800
255	242,2	62,0		23,1	42,2	820
260	247,0	62,4		24,0	43,1	830
265	251,7	62,7		24,8	43,7	850
270	256,5	63,1		25,6	44,3	860
275	261,2	63,5		26,4	44,9	880
280	266,0	63,8		27,1	45,3	890
285	270,7	64,2		27,8	46,0	910
290	275,5	64,5		28,5	46,5	930
295	280,2	64,8		29,2	47,1	940
300	285,0	62,5		29,8	47,5	960
310	294,5	62,8		31,0	48,4	990
320	304	66,4		32,2	49,4	1020

4.6. taula.

HV $F \geq 98,1 N$ gogortasuna	HBS HBW gogortasuna	HRA gogortasuna	HRA gogortasuna	HRA gogortasuna	HRA gogortasuna	Rm (MPa) trakzio- -erresistentzia
330	313,5	67,0		33,3	50,2	1060
340	323,0	67,6		34,4	51,1	1090
350	332,5	68,1		35,5	51,9	1120
360	342,0	68,7		36,6	52,8	1160
370	351,5	69,2		37,7	53,8	1190
380	361,0	69,8		38,8	54,4	1220
390	370,5	70,3		39,8	55,2	1260
400	380,0	70,8		40,8	56,0	1290
410	389,5	71,4		41,8	56,8	1330
420	399,0	71,8		42,7	57,5	1360
430	408,5	72,0		43,6	58,2	1400
440	418,0	72,3		44,5	58,8	1430
450	423,0	73,3		45,3	59,4	1470
460	432	73,6		46,1	60,1	1500
470	442	74,1		46,9	60,7	1540
480	450	74,5		47,7	61,3	1570
490	456	74,9		48,4	61,6	1610
500	466	75,3		49,1	62,2	1650
510	475	75,7		49,8	62,9	1680
520	483	76,1		50,5	63,5	1720
530	492	76,4		51,1	63,9	1760
540	500	76,7		51,7	64,4	1790
550	509	77		52,3	64,8	1830
560	517	77,4		53,0	65,4	1870
570	526	77,8		53,6	65,8	1910
580	535	78,0		54,1	66,2	1940
590	543	78,4		54,7	66,7	1980
600	552	78,6		55,2	67,0	2020
610	560	78,9		55,7	67,5	2060
620	569	79,2		56,3	67,9	2100
630	577	79,5		56,8	68,3	2140
640	586	79,8		57,3	68,7	2180
650		80,0		57,8	69,0	2220
660		80,3		58,3	69,4	
670		80,6		58,8	69,8	
680		80,8		59,2	70,1	
690		81,1		59,7	70,5	
700		81,3		60,1	70,8	
720		81,8		61,0	71,5	
740		82,2		61,8	72,1	
760		82,6		62,5	72,6	
780		83,0		63,3	73,3	
800		83,4		64,0	73,8	
820		83,8		64,7	74,3	
840		84,1		65,3	74,8	
860		84,4		65,9	75,3	
880		84,7		66,4	75,7	
900		85,0		67,0	76,1	
920		85,3		67,5	76,5	
940		85,6		68,0	76,9	

4.7. taula.

4.4 Gogortasun-neurrien eta trakzio-erresistentziaren arteko korrespondentzia

Aurreko puntuan azaldutako arrazoi berberengatik, zaila da gogortasuna trakzio-ezaugarriekin (R_p , R_m) erlazionatzea.

Dena den, aleazio berarentzat, beti aurki daiteke korrelazio hori. Zehazki, badaude koadroak ijezketako karbono-altzairu landugabeetarako, edota termikoki tratatuetarako. Koadro horiek ez dute balio garrantzatsuna duten altzairu, altzairu herdoilgaitz eta burdinazkoak ez diren aleazioetarako.

Era berean, formula enpirikoak proposatu dira, adibidez, IRSIDek altzairuetarako proposatutakoa:

$$HV = 1,4 R_p + 1,6 R_m$$

Korrespondentzia horiek oso erosoak dira, baina, erabiltzeko, beren erabilpen-mugak ezagutu behar dira.

4.5 Erresilientzia-entseguak edo talka bidezko flexio-entseguak probeta hozkatuaz

Trakzio-entseguetatik ondorioztatutako ezaugarri mekanikoen ezagutza baliteke nahikoa ez izatea, hausturak gerta baitaitezke muga elastikoaren azpitik, metalaren jokabide hauskorra eragin dezaketean baldintzetan.

Hauskortasuna areagotzen duten faktoreak hauexek dira:

- ✓ **Tentsioen triaxialitatea:** kontuan hartu dadin, probeta hozkatu egiten da.
- ✓ **Temperatura jaistea**
- ✓ **Deformazio-abiadura biziagotzea**
- ✓ **Piezen tamaina handitzea**

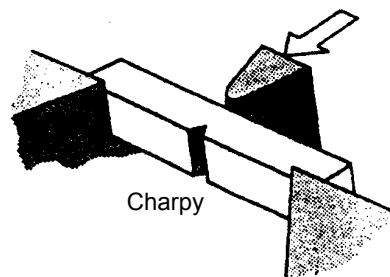
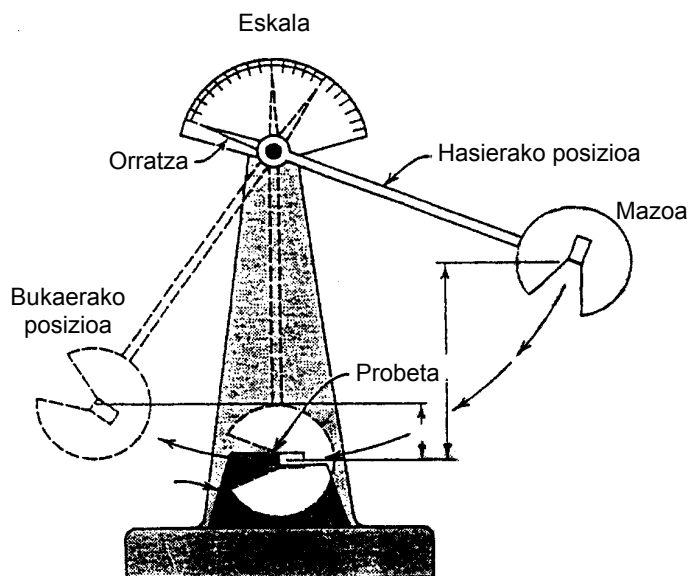
Talka baten eraginpean, metalaren hauskortasuna zehazteko bitartekorik klasiko eta zaharrenetako bat probeta hozkatuaz erresilientzia-entsegua edo Charpy-ren entsegua egitea da.

Entsegua, flexioz, kolpe bakar batez, erdigunean hozkatuta dagoen probeta, bi muturretan sostengatua, haustea da, eta xurgatutako energia zehaztea.

Erresilientziaren emaitzak hausturan xurgatutako energiaren balio gisa adieraz litezke (jouleak) edota azalera-unitateko duen balio gisa (jouleak/cm²). Lehen kasuan, KU edo KV ikurrak erabiliko dira eta, bigarrenean, KCU eta KCV ikurrak, non U eta V letrek erabilitako hozka-mota izendatzen baitute.

Entsegu-makina

Entsegu-makina plano bertikal batean oszilatzen duen pendulu-masadun egitura zurruna da, aurrez finkatutako lan bat burutzeko gauza dena; lan hori neurtzeko gailu bat dauka eta probeta kokatzeko sostengu-bloke bat.



4.20. irudia. Entsegu-penduluaren eskema (Charpy-ren pendulua).

Xurgatutako energia neurtzeko, hasieran penduluak bere altuerari ($E_o = mgh_o$) dagokion energia potentziala duela hartzen da kontuan. Probeta hausten denean, energia horren zati bat galdu egingo da, eta penduluak aurrera jarraitzen badu ere, altuera txikiagora ($E_f = mgh_f$) iritsiko da. Altueren arteko aldeak xurgatutako energiaren balioa emango digu.

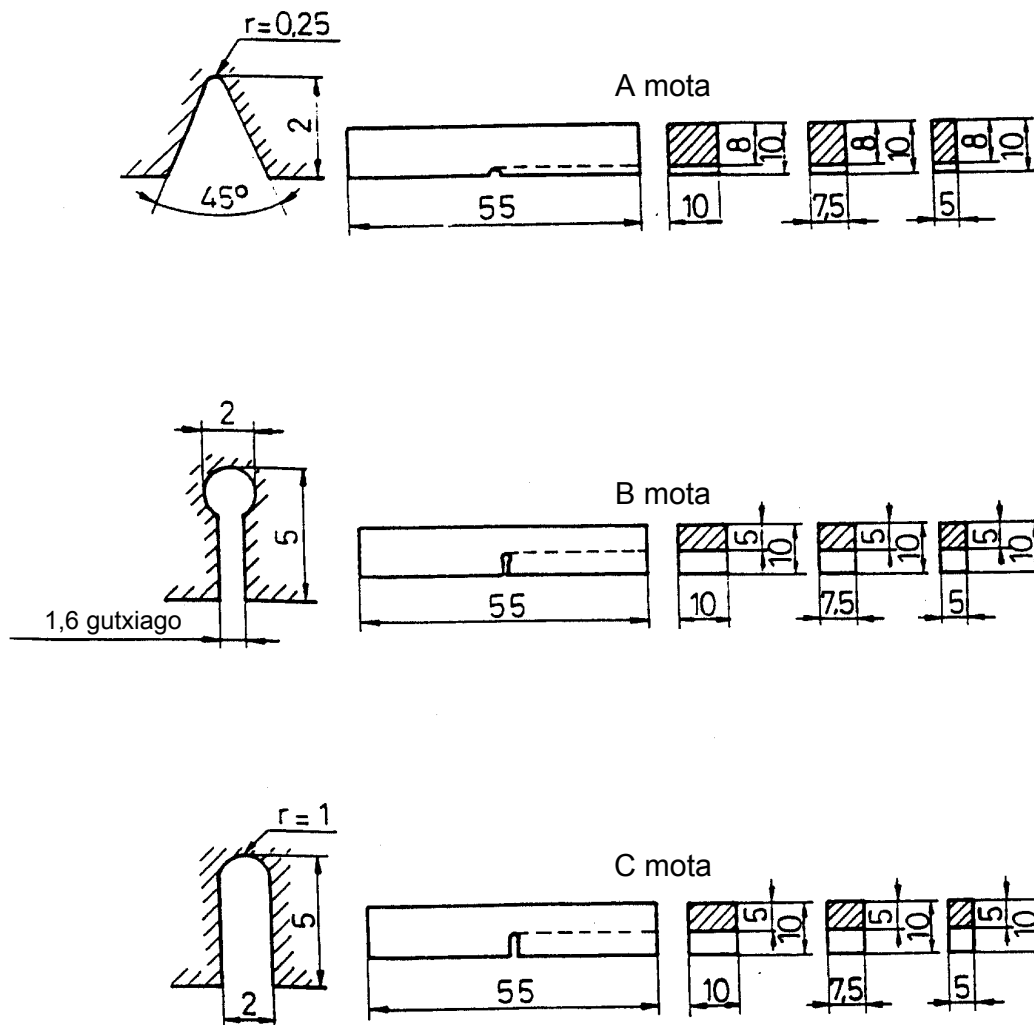
Altuera neurtzeko, penduluak, erortzean, zirkulu graduatu batean orratz bat bultzatzen du, eta gehienezko altuera adierazten du.

Eskalaren graduazioak xurgatutako energia zehaztea ahalbidetu beharko du, gehienezko energia erabilgarriaren $\% \pm 0,5$ ekoa baino errore txikiagoaz. Entsegu normalerako, energia erabilgarriak 300 joulekoa izan behar du.

Probetak

Probetak erabat mekanizatuak izango dira. Probeta normala ebakidura karratukoa da, aldea 10 mm-koa eta luzera 55 mm-koa dituen. Luzeraren erdiko puntuan V edo U formako edota sarraila-zuloaren formako hozka izango du (4.21. irudia).

Hozkaren simetria-planoa probetaren luzetarako ardatzarekiko zuta izango da.



4.21. irudia. Erresilientzia-probetak UNE 36.403-81.

Motak: A) V modukoa; B) sarraila-zulo modukoa; C) U modukoa.

Produktu jakin batzuetarako, eta kasu batzuetan, probeta txikiagoak erabiltzea onartzen da, hau da, 10 mm baino zabalera txikiagokoak, erabilitako kodearen edo arauaren zehaztapenetara zorrotz egokituta.

Entsegua egitea

Pendulua alde zuzenetik finkatutako altueraraino ($W_0 = 300$ joule abiapuntuko energiari dagokiona) igotzen da, probeta ezarri eta pendulua askatu egiten da; hausturan xurgatutako energiaren irakurketa apuntatu egiten da.

Probeta penduluaren ertzak hozkaren simetria-planoan jotzeko moduan kokatzen da, eta hozkaren aurkako aurpegian.

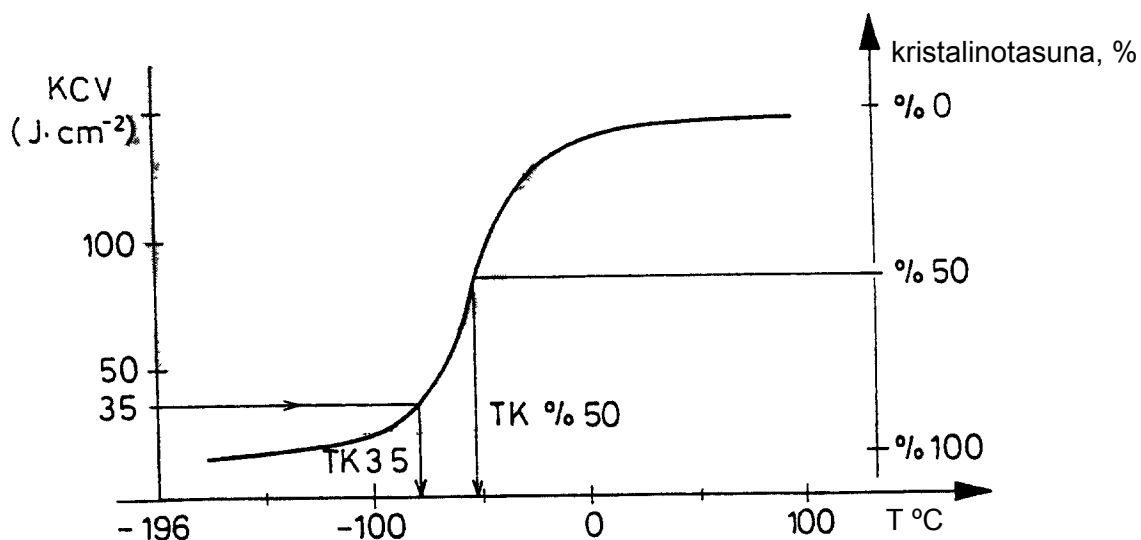
Entsegua neurtu nahi den produktuaren arauak ezarritako tenperaturan egin behar da. Kasu guztietan, entseguaren unean probetak duen tenperatura espreski adierazi behar da..

Temperaturaren eragina

Erresilientzia hainbat temperaturatan neurtzen bada, trantsizio-zona **harikorra/hauskorra**, baldin eta halakorik badago, erakuts dezakeen kurba marraz daiteke (4.22. irudia).

Haustura harikorra bada, hautsi baino lehen deformatzen da (plastikoa); energia handia behar da probeta hausteko.

Haustura hauskorra bada, ordea, oso energia txikia behar da (beira).



4.22. irudia. Harikorra/hauskorra trantsizio-kurba.

Ia material guztiak dira hauskorrak temperatura baxuetan eta harikorrak temperatura altuetan.

Normalean, trantsizioa nahiko leuna izaten da eta, horregatik, trantsizio-temperaturak irizpide arbitrarioen arabera hautatzen dira.

Ohikoenak honako hauek dira:

- ✓ Trantsizio-temperatura energiaren balio jakin baterako zehazten da (normalean 35 J/cm²), TK35 gisa jasotzen dena.
- ✓ % 50eko kristalinitasunari dagokion trantsizio-temperatura. Kristalinitasuna haustura-gainazalaren itxuraren arabera definitzen da, eta honelakoa izan daiteke:
 - a. “Aleduna” edo “kristalinoa” (ale distiratsuak) xurgatutako energia txikia den haustura hauskorreko zonan.
 - b. “Nerbioduna” (zona matea) haustura-energia handia den zona harikorrean.

Kristalinitasun-maila azalera “kristalinoaren” eta hausturaren guztizko azalearen arteko erlazioa da. Indize horrek 100 balio du eremu hauskorrean eta 0 eremu harikorrean. TK % 50 kristalinitasun-maila % 50ekoa den tenperaturari dagokio.

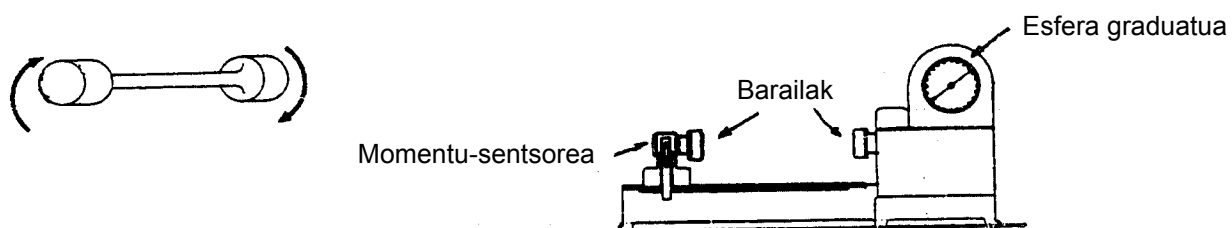
Trantsizio-tenperatura honako honengatik da interesgarria: harikorra izan behar duen egiturak, materiala hori horrela izan dadin aukerata, modu hauskorrean hauts daitekeen tenperaturan askoz ere energia txikiagoaz lan egin behar izateagatik.

4.6 Bihurdura-entsegua

Lotzeko burutik heltzea da, beste muturra birarazten den bitartean.

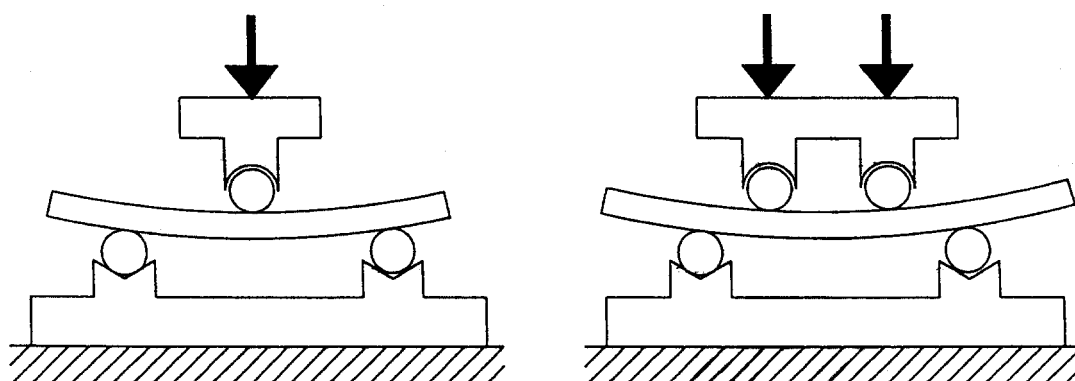
Beharrezko momentua eta ezarritako biratzeko angelua neurtzen dira.

Entsegu hori materiala asko deformatu nahi denean erabiltzen da (trakzioan ahal dena baino gehiago), edota ardatz edo barauts helikoidalen jokabidea ezagutu nahi denean.



4.23. irudia. Bihurdura-entsegua.

4.7 Flexio estatikoaren entsegua



4.24. irudia. Flexio-entseguak 3 eta 4 puntutan.

Ebakidura uniforme, angeluzuzena edo zilindrikoa duen probeta muturretan sostengatzen da, bere erdiko zatia arrabol baten edo biren bitartez flexioa eragiten den bitartean.

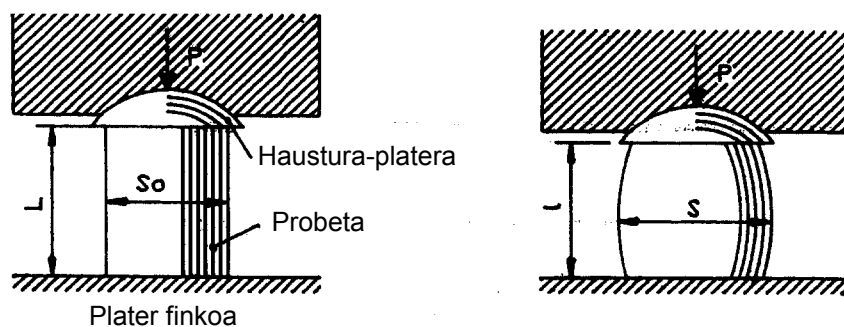
Entsegu honen bitartez hausturaren aurkako erresistentzia (trakzioaren aurkakoa ez bezalakoa) eta E elastikotasun-modulua atera daitezke. Azken hori trakzio bidez baino errazago ateratzen da.

Entsegu goiko arrabol baten edo biren bidez egiten da, eta orduan hiru edo lau puntuko flexioa deitzen zaio, hurrenez hurren; azken kasuan, datuak zehatzagoak dira.

Oso erabilia da material hauskorrak neurtzeko, hala nola burdinurtuak edo zeramikoak.

4.8 Konpresio-entsegu

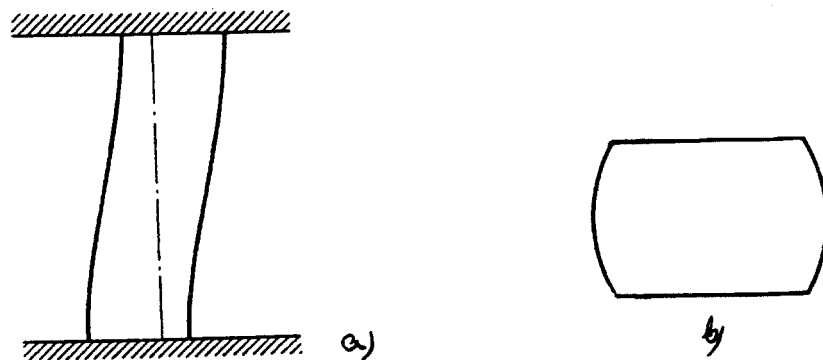
Trakzioarenaren antzekoa da, baina tiratu ordez konprimatu egiten da.



4.25. irudia. Konpresio-entsegu.

Estrikziorik gertatzen ez denez, trakzio bidez baino deformazio plastiko homogeneo handiagoak lor daitezke.

Dena den, beste akats batzuk gertatzen dira: probeta lerdetan (h/D handia) gilbordura gerta daiteke. Laburretan (h/D txikia), berriz, barrika-forma agertzen da.



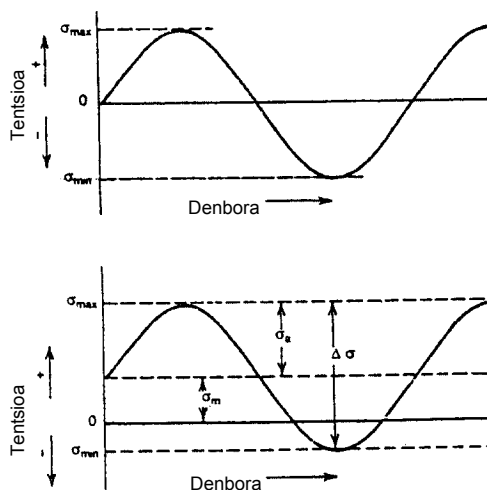
4.26. irudia. Konpresio bidezko entseguen akatsak: a) gilbordura b) barrika-forma.

Hala ere, h/D erlazio egokiak eta lubrifikazioa erabiltzen direnean, $e = 1$ (% 100)ko deformazio homogeneoak lor daitezke. Trakzio bidez, berriz, $e < 0,5$ (% 50)ra besterik ez da iristen.

4.9 Neke-entsegua

Batzuetan, materialak bibrazioak jasaten dituenean, baliteke bere erresistentzia mekanikotik beherako kargez haustea. Orduan, **nekea** hautsi dela esaten dugu.

Materialek nekearen aurrean duten erresistentzia egiaztatzeko, denbora luzez (egunak), txandaka, karga desberdinak aplikatzen zaizkien entseguak egiten zaizkie. Karga horiek trakzio bidezkoak nahiz trakzio/konpresio bidezkoak izan daitezke.



4.27. irudia. Neke-entseguan ezarritako kargak.

4.10 Entsegu teknologikoak

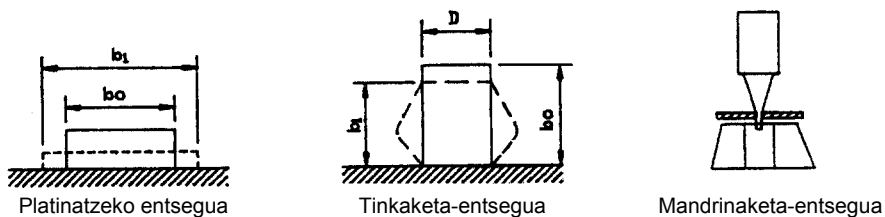
Badaude material batek konformatzeko duen gaitasuna adierazten duten entsegu batzuk: entsegu teknologikoak dira.

Horietan, ohikoenetako batzuk hauexek dira:

► Forja-entseguak

Materialak forjatua izateko duen gaitasuna neurtzen dute. Probeta forjatu egiten da (platinatuz, tinkaketaz,...), arrailak agertzen diren arte, eta forja-erlazioa neurtzen da, entsegu-motaren arabera, honako hau izango dena:

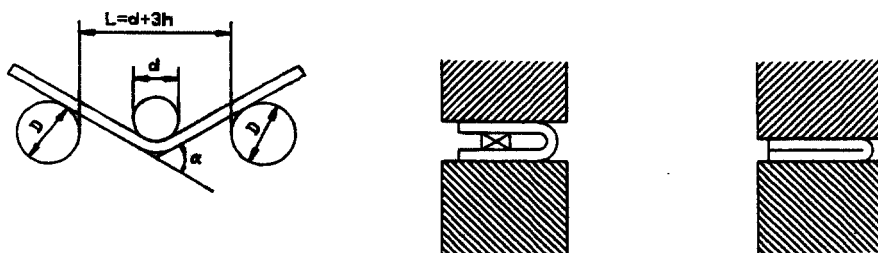
$$\frac{b_0}{b_1} \times 100, \frac{l_0}{l} \times 100, \text{edo } \frac{d_1}{d_0} \times 100 \text{ hurrenez hurren}$$



4.28. irudia. Forja-entseguak.

► **Tolestaketa-entseguak**

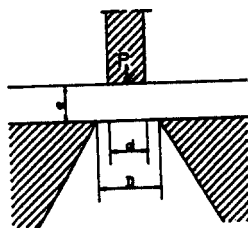
Materiala irudian agertzen diren moduetako batean tolesten saiatzen gara, eta arrailak agertzen diren begiratuko dugu.



4.29. irudia. Tolestaketa-entseguen motak.

► **Puntzonaketa-entseguak**

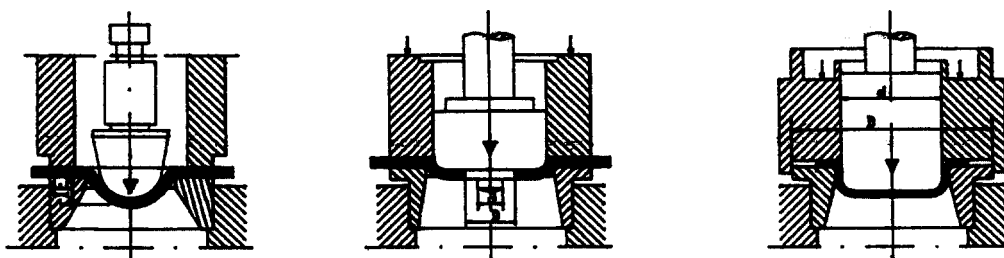
Puntzonaketaren aurkako erresistentzia neurtzen da. Eraikuntza errematxatuetan (lurrun-galdarak, etab.) erabili behar diren materialetarako erabiltzen da.



4.30. irudia. Puntzonaketa-entseguak.

► **Enbutizio-entseguak**

Kasu honetan materialak enbutitzeko duen gaitasuna aztertzen da (kartutxoak, latak,...). Entsegu-mota desberdinak daude, non, arrailak agertu baino lehen, enbutizio hori zein mailataraino sakon izan daitekeen aztertzen baita.

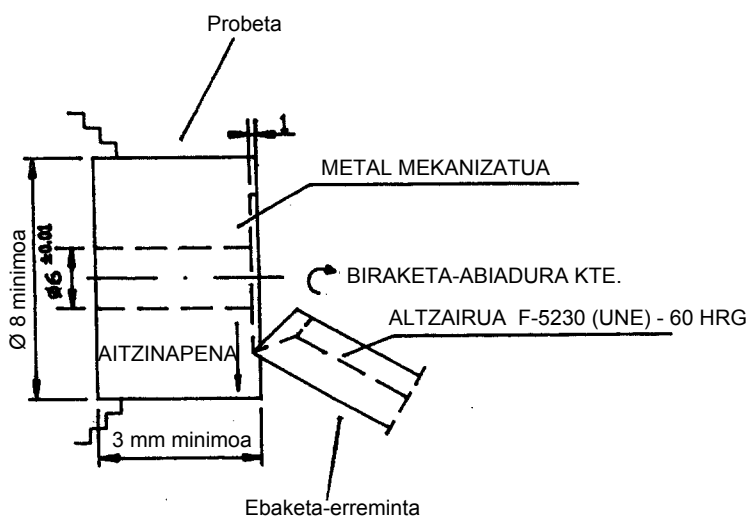


4.31. irudia. Enbutizio-entseguak.

► Mekanizagarritasun-entseguak

Material batek mekanizatua izateko duen gaitasuna adierazten dute. Ezagunena **Mathon entsegua** da. Bertan, probeta normalizatu bat barrualdetik periferiara aurpegitzen da; horrela, erreminta higatu egiten da. Materialak zenbat eta mekanizagarritasun txikiagoa izan, orduan eta lehenago gertatuko da erremintaren higadura arautua.

Ohikoa da 0,2 mm-ko higadura duen probeta-diametroa adieraztea.



4.32. irudia. Mathon entsegua.

4.11 Entsegu ez-suntsigarriak

Entsegu ez-suntsigarria hauxe da: entsegua burututa, entseatutako elementuak beren eginkizuna betetzeko erabil daitezkeena, baldin eta entseguaren eskakizuna bete badute, noski.

Entsegu suntsigarriak (trakzioa, talka, metalografikoak,...) oso garrantzitsuak dira, eta askotan ezinbestekoak izaten dira ez-suntsigarriek ematen duten informazioa osatzeko. Lehenak bereziki garrantzitsuak dira diseinu-fasean; bigarrenak, ezinbesteko bihurtu dira erantzukizun handiko piezak fabrikatzeko prozesuetan, non beharrezkoa baita seriearen guztizkoa egiaztatzea.

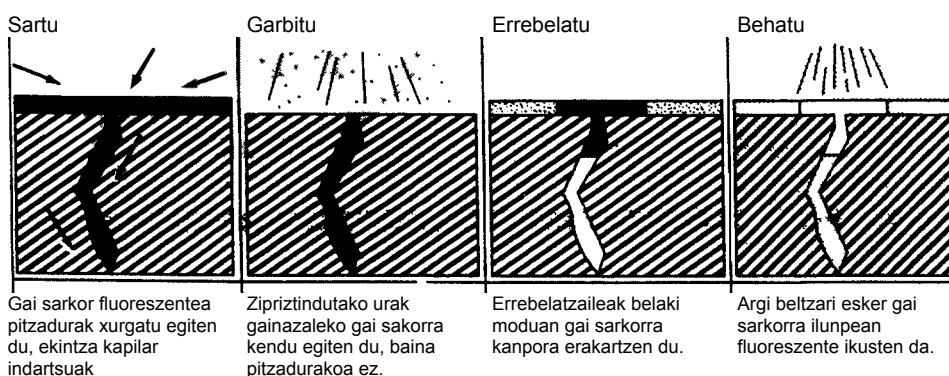
Entsegu ez-suntsigarrietan erabilitako teknikak hauexek dira:

a. Likido sarkorrak

Teknika honen abantaila handiak bere soiltasuna eta ekonomia dira, bere bitartez mota guztietako materialak ikuskatu ahal izatearekin batera.

Teknika honen bitartez, gainazalean irekitako etenak detekta daitezke, eta likido batzuek akatsetan sartu eta harrapatuta geratzeko bereziki dituzten propietateetan oinarritzen da, errebelatzaile izeneko beste produktu batek likido sarkorra ateratzen duen arte, etenak adierazle gorri edo fluoreszentez markatuta.

Poroak eta mikroporoak detektatzeko bereziki teknika egokia da.

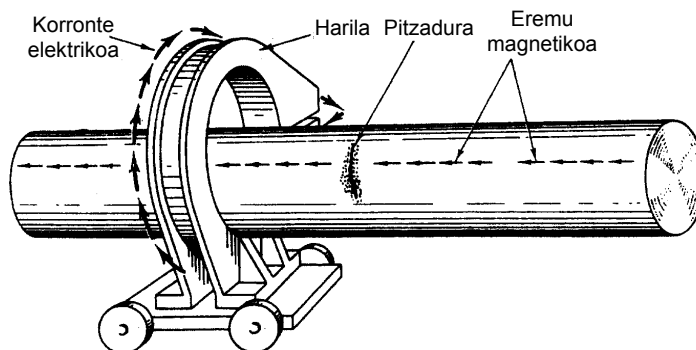


4.33. irudia. Likido sarkor bitartez ikuskatzeko metodoa.

b. Partikula magnetikoak

Oso teknika erabilia da burdinurtua-prozesuen eta tratamendu termikoen ondoren. Material ferromagnetikoetan soilik aplikatzen da, eta 5 edo 6 mm-ko sakoneraraino dauden azaleko eta azalpeko akatsak detekta ditzake.

Pieza magnetizatu egin behar da, eremu magnetikoen edo korrante elektrikoek bidez, eta adierazleak magnetizazio-eragiketarekin batera gehitzen diren fluido magnetikoak dira, koloreztatuak edo fluoreszenteak.



4.34. irudia. Partikula magnetikoez bidezko ikuskapena.

c. Korrante induzituak

Korrante induzitu bidezko entseguek gero eta garrantzi handiagoa dute, automatizatzeko duten erraztasuna dela-eta.

Teknika honen bitartez, gainazaleko eta gainazaletik hurbil dauden gainazalpeko etenak detekta daitezke korrante elektrikoaren eroaleak diren materialetan. Halaber, tratamendu termikoari buruzko datuak ematen dituzten gogortasun-desberdintasunak eta egitura metalurgikoen aldaketak detekta daitezke.

Beren oinarria korranteek eragindako eremu magnetikoek izaten duten aldaketa da; korrante horiek, beren aldetik, hasierako eremu magnetiko batek induzitutakoak dira.

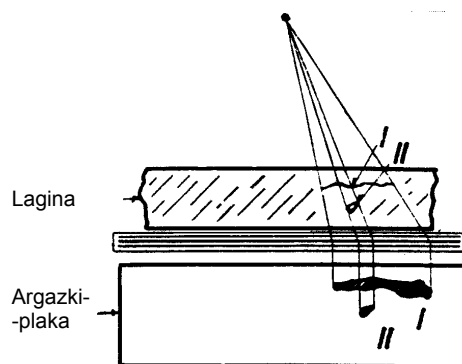
Hasierako eremu magnetikoa sortzeko iturria haril bat da, haztagailukoa izan daitekeena, ala ez. Erabiliena den teknika diferentzialaren kasuan, bi haril erabiltzen dira, bata erreferentziakoa, pieza patroian ezartzen dena, eta bestea, erreferentziako piezarekiko edozein desberdintasun adierazten duena.

d. Erradiografia

X izpiak sorgailu batek emititzen duen erradiazio elektromagnetikoa dira, entseatu beharreko objektuan aplikatzen direnak.

Gaur egungo sorgailuez, erradiazioa lodiera handitan sar daiteke, eta barne-egituraren irudi zehatza (erradiografia) ematen du; irudia pelikula batean inprimatzen da, eta horrek akatsak konparatiboki analizatzeko eta denboran zehar izan duen bilakaera aztertzeko aukera ematen digu, jasotako erradiografiaren alderaketa historikoa egin ahal izango baitugu.

Erradiazioaren nolakotasunean, pelikula-motetan (pelikularik gabeko teknikan ere), geometria konplexuko piezen kasuko patroien prestaketan dauden desberdintasunak eta sartze, bereizmen eta esposizioaren kontzeptuak, teknika hau erabiltzeko garaian kontuan hartu beharreko faktoreetako batzuk dira. Izan ere, teknika honek informazio asko ematen du zuzeneko interpretazioaz, baina garestia da eta eragileak erradiazioen aurka babestea eskatzen du.



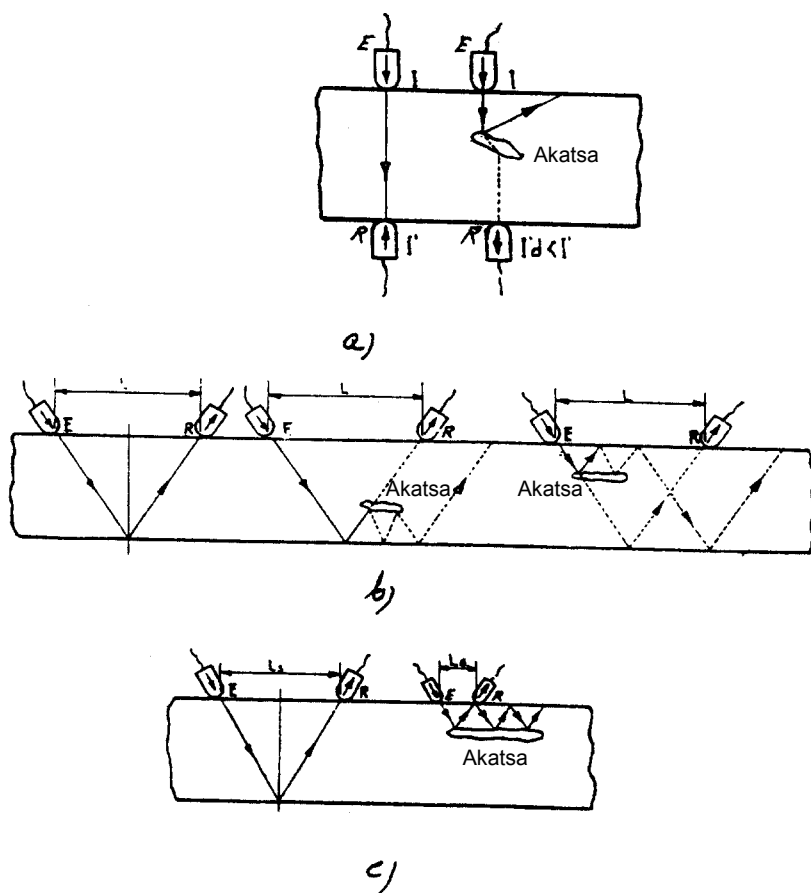
4.35. irudia. Akats baten irudi erradiografikoa.

e. Ultrasoniak

Ultrasonien teknika da egokia barne-akatsak detektatu eta aztertzeko.

Azkenaldi honetan erradiografiaren ordez erabiltzen ari da, ez baitu babes berezirik eskatzen, eta geometria konplikatu samarreko piezetan nahikoa sarkortasun baitu akatsen kokapena eta tamaina oso zehazki detektatzeko.

Teknika honen oinarria akats batek uhin ultrasonikoak moteltzea da, transduktore batetik datozen uhinak objektu baten bitartez transmititzen direnean. Moteltze horiek alderaketa bidez detektatzen dira, eta horregatik beharrezkoak dira patroiak.



4.36. irudia. Ikuskapen ultrasonikoa:

- a. gardenki bidez
- b. intentsitatea txikiagotuz
- c. oihartzunaren kokapenaren bidez

f. Txinparta-entsegua altzairuetan

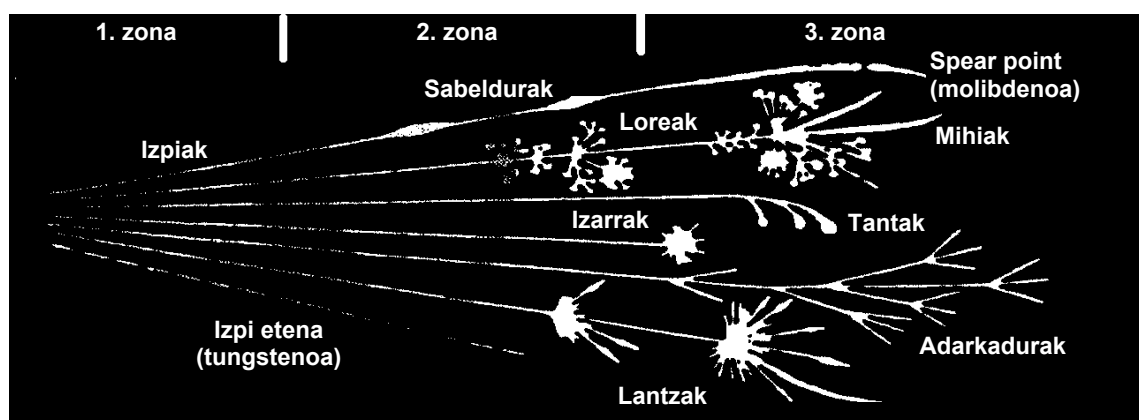
Txinparta-entsegua, altzairuetan, altzairuak bereizteko eta beren ezaugarriak edo konposizioak ezagutzeko balio duen entsegua da; oso erraz egiten da, eta ez du instalazio garestirik ez eta ezaupide berezidun pertsonalik behar izaten.

Altzairu-mota batzuk beren konposizioaren arabera sailkatzeko balio du, materiala abiadura handian biraka dabilen esmeril-harriarekin kontaktuan jartzean ateratzen diren txinpartak aztertuz.

Azpirarratu beharra dago entsegu honekin ez dela altzairuaren konposizioa edo analisisa zehazten. Entsegu osagarria besterik ez da, aplikazio berezia duena kontrol-eragiketetan, materialaren kalitatea egiaztatu nahi denean, okerren beldur garenean edota akats batengatik mota desberdineko altzairuz fabrikatu diren piezak bereizi behar direnean. Kasu horietan, oso gomendagarria da; izan ere, pieza edo barra bakoitzaren analisi kimikoa egitea baztertu beharrekoa da ia beti, batzuetan oso mantsoa delako, beste batzuetan oso garestia delako (kasu batzuetan piezak berak baino garestiagoa izango litzateke), eta beste batzuetan txirbila ateratzean piezak hondatu egiten direlako; txinparta bidezko sailkapena, berriz, oso erraz egiten da normalean, eta eragozpen horiek gabe.

Lehenago esan dugunez, entsegu hau, industrian erabiltzen diren beste batzuk bezalaxe (gogortasuna, tenplazeko gaitasuna, zailtasuna, etab.) osagarria da eta ez da beti beste metodoen orde erabiltzen; izan ere, karbonoaren gutxi gorabeherako ehunekoa, elementu jakin batzuen presentzia, beste batzuen eza, etab. besterik ez digu adierazten.

Txinpartak aztertzean, oso kontuz erreparatu behar diogu beren irudiari eta koloreari. Txinparta hiru zati nagusitan zati daiteke.



4.37. irudia.

Lehena esmeril-harritik hurbilen dagoena da, izpi zuzenek osatua, non berezkoa duen kolorea nahiko garbi ikus daitekeen.

Bigarrena tarteko zona da, non oraindik lerro primitiboak gordetzen baitira, baina izpien bidebanatzeak agertzen dira eta badaude jadanik eztanda batzuk.

Azkenik, hirugarren eta azken zonan, eztanda gehienak agertzen dira. Txinpartaren azterketan xehetasunik txikienak ikusi behar dira.

Ondoren, hainbat altzairuren txinparta-adibideak ikusiko ditugu.



4.38. irudia. % 15 C baino gutxiago duen altzairu gozoa.



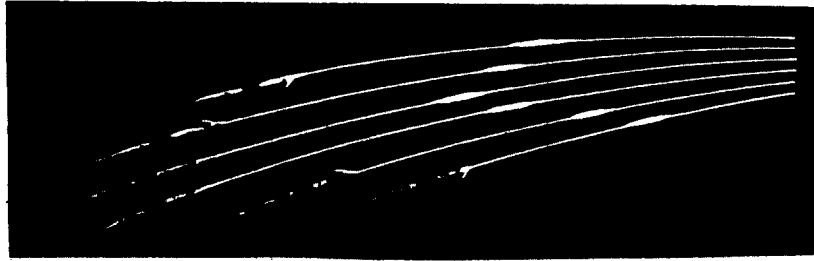
4.39. irudia. % 0,25tik 0,35ra bitarteko C duen karbono-altzairua.



4.40. irudia. % 0,45 C duen karbono-altzairua.



4.41. irudia. 0,7tik 1,3ra bitarteko C duen erreminta-altzairua.



4.42. irudia. Molibdenodun altzairua.



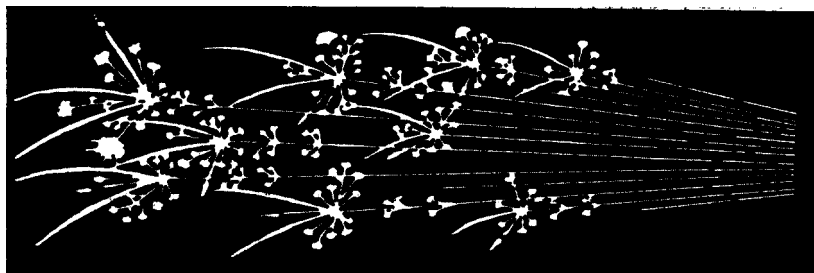
4.43. irudia. % 18 tungsteno duen altzairu lasterra.



4.44. irudia. % 4 W eta 1,25 C duen altzairua.



4.45. irudia. % 1,2 C eta % 1 W-dun barauts-altzairua.



4.46. irudia. % 12 Cr-dun trokeletarako altzairua.

5 GALDERA-SORTA

1. Zein prozeduratara jo behar da materialen propietateak ezagutzeko?
2. Zeintzuk dira honako ezaugarriok definitzen dituzten propietateak: elastikotasuna, plastikotasuna, zailtasuna eta hauskortasuna?
3. Zer-nolako entseguek zehazten dituzte 2. galderako ezaugarriek definitutako propietateak?
4. Defini ezazu haustura-karga.

9. Zein da 20mm-ko diametroa eta 200 mm-ko luzera duen altzairuzko probetak izaten duen luzapena 105 N-eko trakzio-esfortzua egiten duenean? ($E = 21.1010 \text{ N/ m}^2$). Zona elastikoan gaudela suposatzen dugu.

10. Altzairuzko probeta normal espainiar batek, 13,8 mm-ko \varnothing eta puntuen arteko distantzia 100 mm duenak, 60000 N-eko karga jasaten du eta 95400 N-eko haustura-karga dauka. Haustura-guneko diametroa 10,2 mm-koa da eta puntuen arteko distantzia, 115 mm-koa. Kalkulatu, baldin eta $E = 21.104 \text{ MPa}$ eta muga elastikoa 500 Mpa bada:

- a. Tentsio unitarioa, bi kasuetan
- b. Luzapena, 60000 N-etarako eta hausturarena
- c. Estrikzioa

11. 13,8 mm-ko diametroa duen probeta zirkularrari 60.000 N aplikatzen zaizkio. Zeintzuk dira jasaten dituen (R) tentsioak?

12. Zein da 20mm-ko diametroa eta 200 mm-ko luzera duen altzairuzko probetak duen luzapena, 10.000 N-eko trakzioko esfortzua jasaten duenean, deformazio elastikoaren zonan badago? ($E = 210.000 \text{ MPa}$).

13. 13,8 mm-ko diametroa eta $L_0=70 \text{ mm}$ duen altzairuzko probetaren trakzio-kurbatik ondoko taula lortzen da:

F (N)	0	1500	2000	2500	2850	3100	3400	3750	3820	3970	4000	4000
ΔL (mm)	0	0,27	0,4	1	2	3	5	8,5	10	14	15,5	17
F (N)	4030	4030	4000	3930	3800							
ΔL (mm)	20	23,5	25,5	28	29							

Haustura-karga: 4030 N

Puntuen arteko distantzia hausturaren ondoren: 98 mm

Haustura-ebakiduraren diametroa: 11,7 mm

Kalkulatu:

- Diagrama konbentzionala
- Young-en modulua, E
- R_m edo trakzio-erresistentzia
- Hautsi ondoko luzapena
- Estrikzioa

14. Zein da trakzio-makina batek izan behar duen gehienezko gaitasuna 13,8 mm-ko \varnothing ($R_m = 1250$ MPa) duen altzairuzko probeta entseatu ahal izateko?
15. Aipa itzazu gogortasun-entseguak.
16. Zertan datza Rockwell metodoa?
17. Zein da altzairuzko probeta batek izango duen gutxienezko lodiera, arauaren arabera, 60 HRC-ko gogortasuna neurtu ahal izan bada?

18. Zertan datza Brinell metodoa?

19. Zein da probeta batek izan behar duen gutxienezko lodiera Rockwell B gogortasunak neurtu ahal izateko?

20. Brinell entsegu batean 2,5 mm-ko diametroko bola eta 30 entsegu-konstantea erabili da, eta 1 mm-ko diametroko hatza lortu da. Kalkula ezazu gogortasuna.

21. 2,5 mm-ko lodiera duen letoizko txapa baten Brinell gogortasuna neurtu nahi dugu. Zein bola eta zein konstante erabili behar dira?

- 22.** Altzairu bati 10 mm-ko diametroko bolaz egindako Brinell entseguan, 4 mm-ko diametroa duen hatza lortu da. Adierazi altzairuaren gogortasuna; zein da, gutxi gorabehera, trakzioaren aurka duen erresistentzia?
- 23.** Aluminio zahartu baten gogortasuna Brinell durometroaz neurtu nahi dugu, eta 110HB 10/500/60 ingurukoa izatea espero dugu. Zein da probetak izan behar duen gutxienezko sakonera? Batez bestekoa kalkulatzeko, gutxienez bi neurketa egin nahi baditugu, zein izango da probetaren gutxienezko tamaina?
- 24.** Material baten gogortasuna bi metodo erabiliz, Vickers eta Rockwell C, neurtu da, eta 760 HV10 eta 63HRC lortu dira. Logikoa al da?
- 25.** Vickers entsegu batean, 30 kg-ko karga erabiliz, 0,35mm-ko hatz-diagonala lortu da. Zehaztu gogortasuna.

26. Zer dira talka bidezko flexio-entseguak?

27. Charpy-ren pendulu baten mailua ($m = 22\text{kg}$) 1,8 m-tik utzi da erortzen. Probeta hautsi ondoren, 0,5m-raino igo da. Zenbat energia gastatu da entseguan?

28. Zertarako balio du harikorra/hauskorra trantsizio-tenperatura ezagutzeak?

29. Material batek $TK_{35} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ du. Erabili al liteke Siberiara bidali behar den makina egiteko? Eta Saharara bidali behar bada?

30. Zer esan nahi du material batek 20 KU duela?

31. Zein da trakzio-entseguaren eta bihurtura-entseguaren arteko desberdintasuna?

32. Zein da talka bidezko flexio-entseguaren eta flexio estatikokoaren arteko desberdintasuna?

33. Zer da nekea?

34. Zein motatako entsegu teknologikoa da tinkaketa-entsegua?

35. Zer da tolesdura-entseguan bilatzen dena?

36. Zertarako balio du enbutizio-entseguak?

37. Zein materialetarako izan daiteke baliagarria puntzonaketa-entsegua?

- 38.** Hobeto zein torneatzen den jakin nahi dugu, karbono-altzairua ala aluminio-aleazioa. Zein entsegu egingo zenuke?
- 39.** Zer da entsegu ez-suntsigarria eta suntsigarria bereizten dituen?
- 40.** Zure enpresako teknikari batek piezak arrailduta iristen direlako susmoa dauka. Zer gomendatuko zenioke hori egiaztatzeko?
- 41.** Metodo magnetikoak 20 mm-ko lodierako pieza baten erdian dagoen arraila detektatu ahal izango al luke?

42. Metodo magnetiko bat erabili ahal izango zenuke aluminiozko pieza batek akatsik ez duela egiaztatzeko?

43. Zein da metodo magnetikoek duten aplikazio-muga? Eta korrante induzituek?

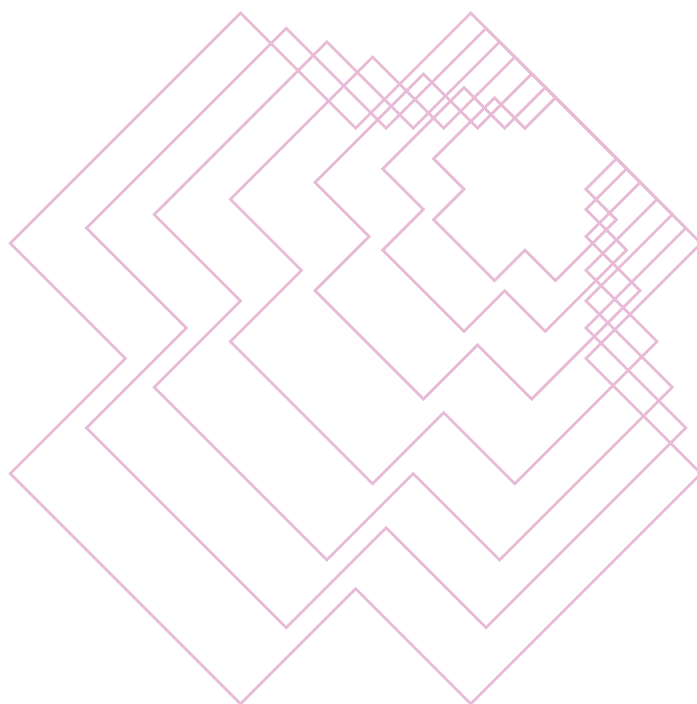
44. Zer detekta daiteke erradiografia batean?

45. Zein da ultrasoinuen metodoak X izpien metodoaren aldean duen abantaila?

46. Lagin porotsu batek soinua hobeto ala okerrago transmititzen du?



Tratamendu termikoak



LANBIDE
EKIMENA

Aurkibidea

1. SARRERA	116
2. BURDINA/KARBONOA DIAGRAMA	119
2.1. Burdina/karbonoa aleazioen oreka-diagramarako sarrera	119
2.2. Burdina/karbonoa diagrama	121
3. TRATAMENDU TERMIKOAK.....	122
3.1. Ideia orokorrak	122
3.2. Tratamendu termikoen garapena	123
3.3. Tratamendu termikoen sailkapena	124
3.4. Tenplagarritasuna	144
4. GAINAZAL-TRATAMENDUAK	146
4.1. Zementazioa.....	146
4.2. Niturazioa	151
4.3. Karboniturazioa	152
4.4. Gainazal-tenplaketa	152
4.5. Sursulf-a	154
4.6. Ilunketa.....	156
4.7. Anodizatua = Aluminioa babestea.....	157
4.8. Estaldurak	159
5. GALDERAK	174
6. BIBLIOGRAFIA.....	197

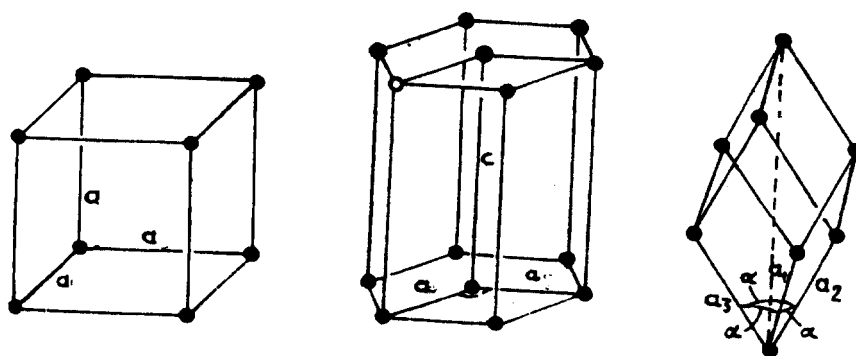
TRATAMENDU TERMIKOAK

1 SARRERA

Material jakin baten propietateak beren konposizioak erabakitzen ditu; dena den, hainbat kasutan propietate horiek aldatu egin daitezke, konposizioa aldatu gabe.

Hori egiteko moduetako bat "tratamendu termikoa" egitea da, hau da, materiala tenperatura jakin bateraino berotu, denbora-tarte batez mantendu eta ondoren hoztea. Tenperatura eta bertako denboraldia, hozte-abiadurarekin batera, tratamendu termikoa egitean eragina duten parametroak dira.

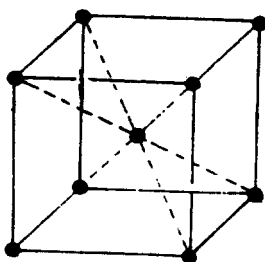
Materialak atomoek osatzen dituzte, eta horiek espazioan modu jakin batean banatzen dira, material jakin batean modu berean beti: kuboak, tetraedroak, etab. osatzen dituzte.



1.1. irudia. Sare kristalografikoak.

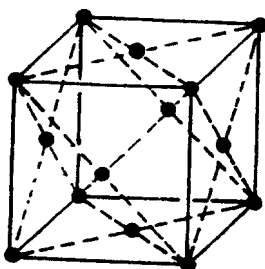
Dena den, elementu batzuek, burdinak besteak beste, tenperatura aldatzen denean atomoek posizioz aldatzeko ahalmena dute.

Adibidez, burdina likidua da 1539 °C-raino. Tenperatura horretara iristean, egitura jakin batez solidotzen da, *gorputzean zentratutako kubikoa* deituz.



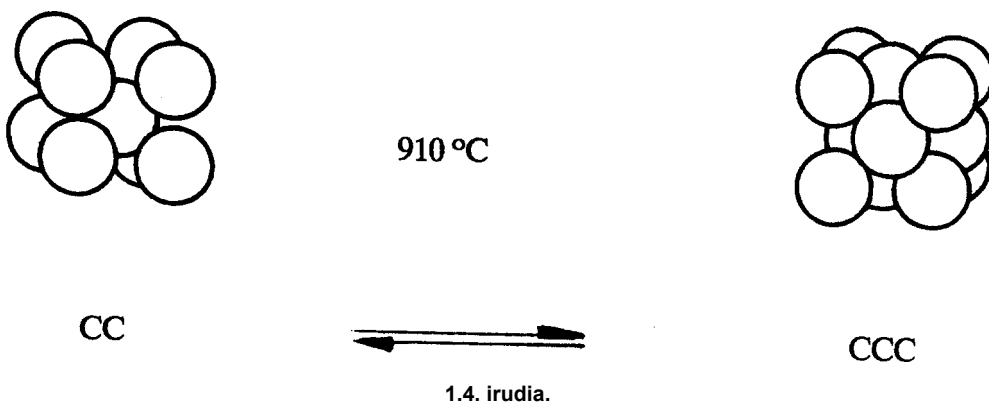
1.2. irudia. Gorputzean zentratutako egitura kubikoa (CC).

Hozten jarraituz gero, 1400 °C-ra, atomoen egitura hori beste batera aldatuko da, *aurpegietan zentratutako kubikora*, alegia.



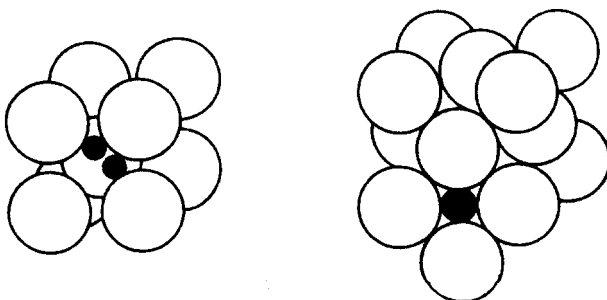
1.3. irudia. Aurpegietan zentratutako egitura kubikoa (CCC).

Azkenik, 910 °C-ra, CC-ra aldatzen da berriro.



1.4. irudia.

Fe-ri C gaineratzen badiogu, C-ren atomoak, oso txikiak, orain arte ikusi dugun bezala kokatutako Fe-renek uzten dizkieten hutsuneetan sartuko dira.



1.5. irudia. C-ren atomoak (beltzak) Fe-renen (zuriak) arteko hutsuneetan.

Aipatutako aldaketak, aldaketa alotropiko deituak, beren horretan mantentzen dira Fe-ri C gaineratzen diogunean, baina aldaketak sortzeko tenperatura aldatu egiten da C-ren ehunekoaz. Horregatik, Fe-C diagrama izenekoa erabiltzen da, hainbat T eta % C-tarako aleazioaren konposizioa aztertzen duena.

Karbono-ehunekoaren arabera, Fe-C aleazioek honela dute izena:

- ✓ ALTZAIRUA: C % 2 baino gutxiago duen Fe
- ✓ BURDINURTUA: C % 2 baino gehiago duen Fe

(Normalean C % 4,3 baino gutxiago izaten dute).

Ondoren, altzairuaz arituko gara nagusiki.

Egitura desberdinei dagokienez, honela dute izena:

- ✓ FERRITA: gorputzean zentratutako egitura kubikoa edo CC.
- ✓ AUSTENITA: aurpegietan zentratutako egitura kubikoa edo CCC.

Jadanik deskribatutako formez gain, C-k eta Fe-k honako hauek osa ditzakete:

- ✓ Burdina eta karbonoa CFe_3 moduan daudenean, burdina karburoa alegia, ZEMENTITA du izena.
- ✓ Altzairuen beste osagai bat PERLITA da, berez FERRITAzko eta ZEMENTITAzko plaka batzuk txandakatuta besterik ez dena.



1.6. irudia. Perlita.

Azkenik, altzairu bat azkar hozten bada, MARTENSITA lortzen da.



1.7. irudia. Martensita.

2 BURDINA/KARBONOA DIAGRAMA

2.1 Burdina/karbonoa aleazioen oreka-diagramarako sarrera

2.2. ataleko grafikoan burdina/karbonoa aleazioen diagrama adierazten da. Abzisa-ardatzean karbonoaren proportzioak datoz, altzairuari dagokion zonak ahalik eta espaziorik handiena hartzeko eskala logaritmikoan. Ordenatu-ardatzean tenperaturak adierazten dira.

Ondoko puntu definitu hauek aipa ditzakegu:

1. Diagramaren muga karbonoaren % 6,67ko proportzioari dagokio, zementitaren proportzioari, alegia. % 6,67tik gorako proportzioa duten karbonoaz egindako burdina/karbono aleazioek grafito moduan edukiko dute eta, beraz, aleazioetatik kanpo daude orain, burdina karburo moduan burdinaz konbinatutako karbonoaz soilik osatuta egon behar dutenez.
2. C puntua, eutektikoa deitua, % 4,3ko karbono-proportzioari eta guztira % 64,5eko burdin karburoari dagokiona; C-ren % 4,3ko aleazioa fusio-punturik baxuenekoa (1130°) da. Gainera, aleazioaren masa guztia tenperatura bakarrean urtu edo solidotzen da, bi tenperaturatan izan beharrean, bata egoera-aldaketaren hasierakoan eta bestea bukaerakoan (urtzea edo solidotzea), % 4,3tik gorako edo beherako karbono-edukia duten aleazioekin gertatzen den bezala.
 - a. Horregatik, solidotze-hasierako ABCD lerroak eta AHJECFk C puntu komuna daukate, eutektikoa, alegia.
 - b. Eta horrela, solidotzearen hasieraren eta bukaeraren arteko karbono-eduki txikiagoez, austenita hauspeatzen denez eta, % 4,3tik gorako karbono-edukiko aleazioetarako, solidotzearen hasieraren eta bukaeraren artean zementita-kristalak hauspeatzen direnez, C-ko % 4,3ko aleazioak osagarri bakar bat eratuz solidotzen dira, zeinari eutektiko deitzen baitzaio halaber eta ledeburita baita.
3. E puntuak karbonoak austenitan duen gehienezko disolbagarritasuna adierazten du. Abzisa-ardatzeko % 2ko puntu horrek burdina/karbonoa aleazioak oso ezaugarri desberdinetako bi motatan bereizten ditu: **altzairuak**, karbono-edukia % 2ra bitartekoa dutenak, % 0,02rainokoa, eta **burdinurtuak**, karbono-edukia % 2tik % 6,67ra bitartekoa dutenak.

4. S puntua, % 0,8koa, eutektoide deitua, eutektikoa deitu diogun C puntuaren antzekoa da, esku hartzen dutenak solidoak soilik (eta ez likidoak) izan ezik.
5. J puntua; bere karbono-ehunekoa % 0,18koa da, non austenita egonkorra 1492°ko temperatura altuenera baitago. Puntu horri peritektikoa deitzen zaio.
6. H puntua, C-ren % 0,08koa, delta burdinak disoluzio solidoan eduki dezakeen gehienezko ehunekoa da.
7. P puntua, C-ren % 0,025koa, ferrita disolba dezakeen C-ren gehienezko ehunekoa da.

Azken puntu horiek, J, H eta P, ez dute interes handirik praktikoki.

Ordenatu-ardatzean honako temperatura kritikoak daude.

$A_{C_0}=210^\circ$	non zementitaren aldaketa magnetikoa dagoen. Hau da, 210° -raino zementita magnetikoa da eta, temperatura horretatik gora, magnetikoa izateari utzi egiten dio.
$A_{C_1}=723^\circ$	perlitaren muga da.
$A_{C_2}=768^\circ$	ferritaren aldaketa magnetikoaren temperatura, alegia. Temperatura horren gainetik, ferritak magnetikoa izateari utzi egingo dio.
$A_{C_3}=(SG \text{ lerroa})$	ferritaren muga, alegia. Puntu kritiko hori 723° -ren eta 910° -ren artean dago, karbonoaren %aren arabera.
$A_{C_m}=(SE \text{ lerroa})$	zementitaren muga, alegia. Puntu kritiko hori 723° -ren eta 1130° -ren artean dago.

ECF lerroa = 1130° , ledeburitaren muga dena.

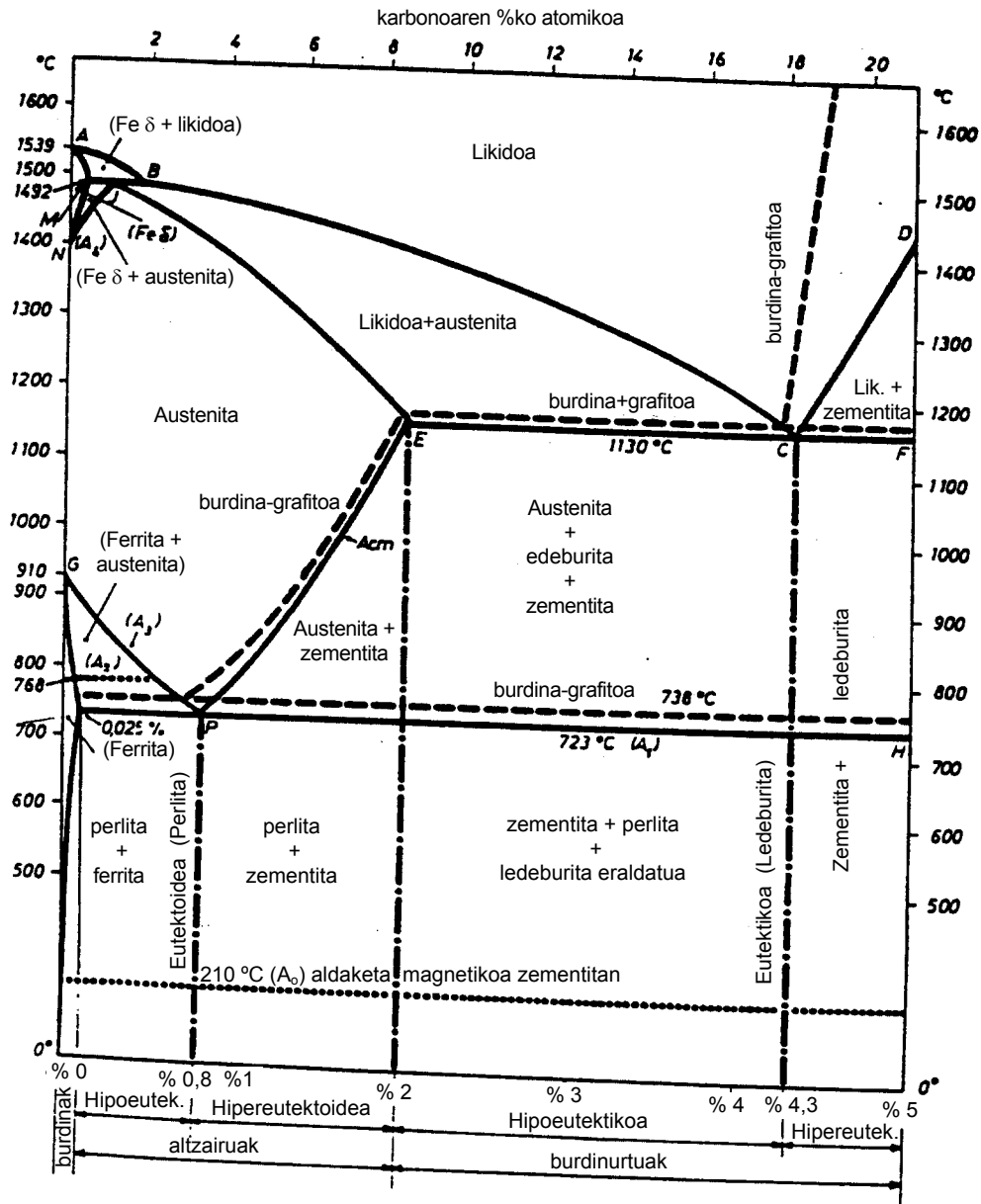
AHJECF lerroa urtzearen hasierako temperaturarena da berotzean, edo solidotzearen bukaerako temperaturarena hoztean.

ABCD lerroa urtze-amaierako temperaturarena da berotzean, edo solidotzearen bukaerakoarena hoztean. Horren gainetik, metal guztia egoera likidoan dago. Lerro horren eta aurrekoaren artean likidoaren eta solidoaren arteko nahastea dago.

A_{C_4} lerroa=(HB lerroa), austenitaren goiko muga dena, 1492°C .

2.2 Burdina/karbonoa diagrama

Fe - C sistema bitarrak bi eboluzio-mota izan ditzake, C-tan aberats den sortutako fasea zementita (Fe_3C) edo grafitoa (C_{gr}) izatearen arabera.



2.1. irudia.

3 TRATAMENDU TERMIKOAK

3.1 Ideia orokorrak

Tratamendu termikoak tenperatura eta baldintza jakinetan, altzairuak (eta beste zenbait metal eta aleazio) berotzeko eta hozteko eragiketak dira, erabiltzeko ezaugarriak egokienak ematearren.

Tratamendu termikoek ez dute konposizio kimikoa aldatzen, baina bai beste faktore batzuk, hala nola osagarriak, egitura eta egoera mekanikoa.

Tratamendu termikoen bidez, altzairuaren osaera aldatzen da, bere egoera aldatuta, eta baita burdinaren egoera alotropikoa ere; egitura-aldaketa alearen tamaina eta osagarrien banaketa aldatuz egiten da. Egoera mekanikoan ere eragina izaten da, tenplaketaren ondoren izaten dituzten tentsioen ondorioz, edota suberaketan, normalizazioan edo iraoketan, tentsioak ezabatzearen ondorioz.

Tratamendu nagusiak hauexek dira: suberaketa, tenplaketa eta iraoketa.

► Suberaketa

Suberaketa tenperatura egokian eta iraupen jakin batez berotzea da, eta ondoren pieza pixkanaka hoztea.

► Tenplaketa

Materiala tenperatura kritiko bateraino berotzea da, eta ondoren oso azkar hoztea, beroketan lortutako osagarriaren eraldaketa normala eragozteko. Horren bitartez, osagarri "anormala" lortuko dugu, egitura kristalino deformatua duena eta deformazio-tentsioak gogortasuna areagotuko duena.

Tenplaketaren helburua, nagusiki, gogortasuna eta erresistentzia mekanikoa areagotzea da.

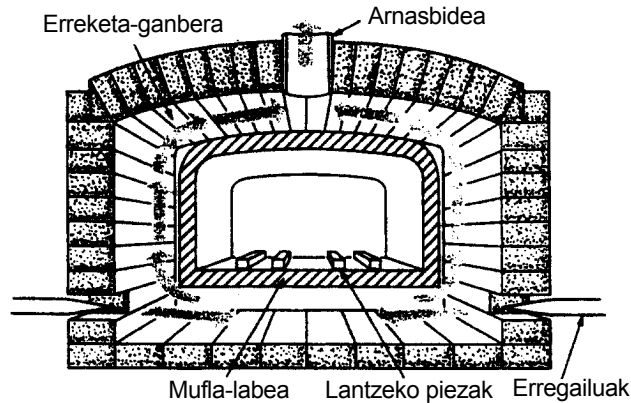
► Iraoketa

Iraoketa tenplaketaren tratamendu osagarria da eta, beraz, metal tenplatueta soilik aplikatzen da.

Iraoketa tenplaketa martensitikoaz tratatutako aleazioei aplikatzen zaie. Tratamendu horren bitartez, pieza tenplatuaren zailtasuna hobetzea lortzen da, gogortasunaren kaltetan.

Beroketaren tenperatura tenplaketarena baino baxuagoa da eta, zenbat eta gehiago hurbildu hartara eta gehieneko tenperaturan zenbat eta gehiago egon, hainbat eta gehiago galtzen da gogortasuna eta hobetzen da zailtasuna.

Tratamendu honetan, hozteko abiadurak ez du eraginik tratamenduaren emaitzan.



3.1. irudia. Mufila-labea.

3.2 Tratamendu termikoen garapena

Tratamendu termiko oro 3 fasetan garatzen da:

1. Gehienezko tenperaturaraino berotzea
2. Gehienezko tenperaturan egotea
3. Gehienezko tenperaturatik inguruneko tenperaturara hoztea

Metalen tratamendu termikoan, metalen kalitate txarrari egozten zaien porrot asko tenperatura-igotze desegokiaz egindako beroketak edota gehienezko tenperaturan gehiegi edo gutxiegi egoteak eragindakoak dira.

Beroketari labea tenperatura baxuan dagoela ekin behar zaio. Tenperatura-igoerak uniformeak izan behar du pieza osoan; hori labeko tenperatura ahalik eta mantsoen igoz lortzen da. Horrela, gainera, piezaren nukleoaren eta periferiaren arteko tenperatura-aldeak txikiagoak izango dira.

Horrela, adibidez, karbono-altzairuetarako, tenperatura 850°-raino igotzeko, piezaren lodiera-milimetrotako edo diametroko minutu 1 gutxienez behar izango da.

Gehienezko tenperatura fabrikatzaile bakoitzak adierazten du, altzairu bakoitzerako.

Tenperatura gehiegi igotzen bada, urtze-puntutik hurbil, metalak egitura trakets eta hauskorraz geratzen dira, aleen inguruko ezpurutasunak urtu egiten baitira eta, solidotzen direnean, beirazko geruza mehe gisa geratzen baitira, aleekin kohesiorik izan gabe.

Metal hori "erre" egin dela esaten da, eta ezinezkoa da ezein tratamenduz lehengoratzea.

Gehienezko tenperaturako denboraldiak ere eragina dauka alearen hazkundera eta, beraz, ahalik eta gehien murriztu behar da.

Piezaren milimetro bakoitzeko minutu bat edo biko denboraldia nahikoa dela kalkulatzen da, altzairuaren erabateko austenizazioa lortzeko.

Hozteari dagokionez, hainbat tratamenduren artean benetan bereiztea ahalbidetzen duen parametroa da.

Fe-C diagrama oreka-diagrama da; horrek hauxe esan nahi du, oso hozte mantsoetarako soilik balio duela (suberaketen kasua). Hoztea azkarragoa bada, lortutako osagarriak eta beren proportzioa desberdinak izango dira (tenplaketa ona edo ez hain ona). Aurrerago ikusiko dugunez, tenplaketa ona izan dadin, gutxienezko abiadura jakin bat gainditu behar da.

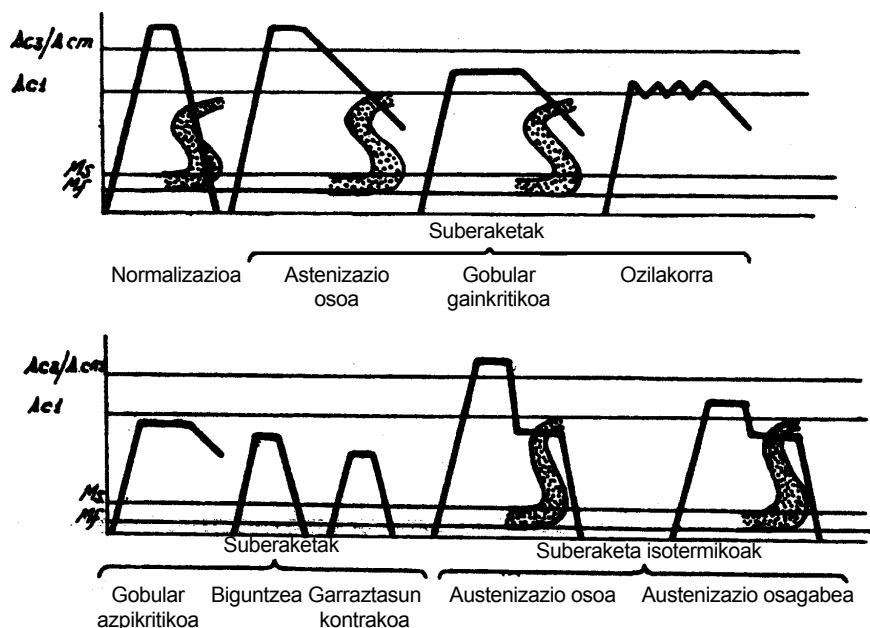
Tratamendu termikoen diseinurako, beste diagrama-mota batzuk erabiltzen dira, *S kurbak*, *eraldaketa isotermikoen diagramak* edo *EDT (Eraldaketa – Denbora – Temperatura)* deituak.

3.3 Tratamendu termikoen sailkapena

Suberaketak

Suberaketaren xede nagusia altzairua biguntzea da, hobeto landu ahal izateko. Hainbat suberaketa-mota daude, eta beren arteko desberdintasuna altzairua berotu beharreko gehienezko temperatura da. Ac_3 edo Ac_m puntu kritikoa gainditzen duena bada, gailkritikoa edo austenizazio osoa deitzen zaie; Ac_1 ren eta Ac_3 ren artekoa edo Ac_{3-2} ren eta Ac_m ren artekoa bada, austenizazio osagabeko suberaketak deitzen zaie, eta temperatura Ac_1 ren edo Ac_{3-2-1} ren azpikoa bada, suberaketa azpikritikoa.

Bada beste suberaketa-mota bat, isotermikoa, non austenita temperatura konstantean eraldatzen den.



3.2. irudia.

Laburbilduz, erabilitako suberaketak hauexek dira:

Suberaketa gailkritikoak

- ✓ Austenizazio osokoak: suberaketa osoa.
- ✓ Austenizazio osagabekoak: austenizazio osagabeko suberaketa globularra.

Suberaketa azpikritikoak

- ✓ Suberaketa globularra
- ✓ Biguntze-suberaketa
- ✓ Garraztasunaren aurkako suberaketa
- ✓ Egonkortze-suberaketa

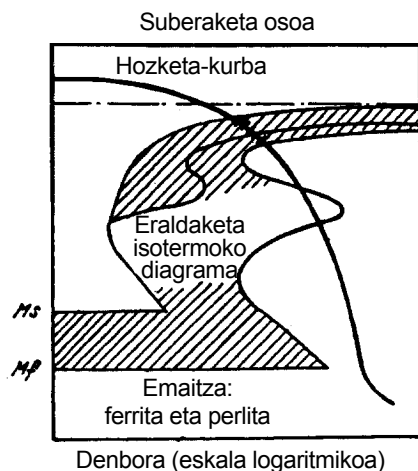
Suberaketa isotermikoak

- ✓ Austenizazio osoko suberaketa.
- ✓ Austenizazio osagabeko suberaketa

► **Suberaketa osoa**

Suberaketa hau altzairua Ac_3 edo Ac_m temperatura kritikoak baino handixeagoan berotuz egiten da (ikus burdina/karbonoa diagrama), altzairua hipoeutektoidea edo hipereutektoidea izatearen arabera, material guztia austenita bilakatzeko, ondoren labe barnean oso mantso hoztuz. Horrela, ferrita eta perlitazko azken osaera lortzen da baldin eta altzairu hipoeutektoidea bada, edo zementita eta perlitazkoa altzairu hipereutektoidea bada.

Karbono-altzairuak berotu beharreko gehieneko tenperatura, normalean Ac_3 edo Ac_m kritikoak baino 20 °C-40 °C altuagoa izaten da (ikus burdina/karbonoa diagrama).



3.3. irudia.

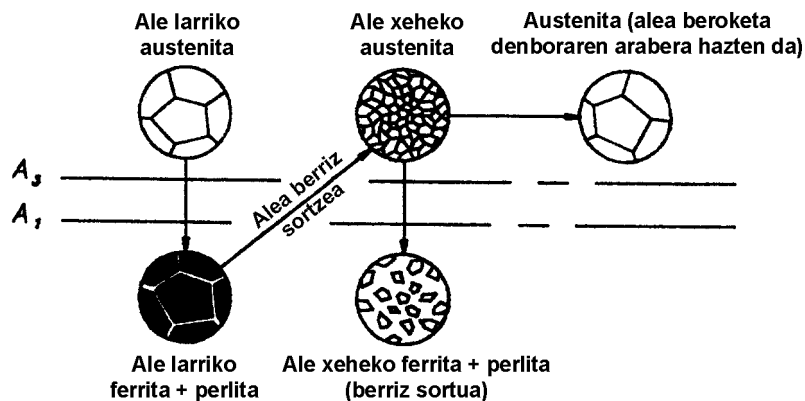
Karbono-altzairuen hoztea, karbonoaren edukia % 0,50tik beherakoa denean, orduko 10°, 20°, 30°, 50° eta are 100 °C-koa ere izan daiteke.

Karbonoa % 0,50tik % 0,90ra bitartekoa denean, abiadurak 15 °C/h-koa baino txikiagoa izan beharko du.

Batez ere, hoztea 723 °C-tik 600 °C-ra bitartean oso mantsoa izateaz arduratu behar dugu, hori baita perlita osatzeko zona kritikoa.

Tenperatura A_{r1} -etik behera jaitsita (ikus burdina/karbonoa diagrama) (600 °C-tik 500 °C-ra bitartean) pieza labetik atera eta azkar hotz daiteke, eraldaketarik gertatu gabe.

Suberaketa osoa biguntze-tratamendu gisa erabiltzen da, karbonoa % 0,60tik gora duten karbono-altzairuetan. Karbonoa % 0,60tik behera duten altzairuetan, tratamendu hori egitura ordenatu eta fintzeko soilik aplikatzen da.



3.4. irudia.

Komeni da karbonoa % 0,10tik % 0,50ra bitartekoa duten altzairuak aireak hoztea, alearen tamaina ez loditzearren.

► **Austenizazio osagabeko suberaketa globularra**

Altzairua A_{c1} edo A_{c3-2-1} (ikus burdina/karbonoa diagrama) beheko tenperatura kritikotik 30°- 50° gora berotuz, eta 15 °C orduko baino mantsoago 500 °C-raino hoztuz egiten da.

Austenizazio osagabeko suberaketa globularra aplikatu beharreko altzairuak egituratzat perlita laminarra badu, komeni da denbora batez A_{c3-2-1} baino 20 °C inguru baxuagoko tenperaturan edukitzea (ikus burdina/karbonoa diagrama), perlita laminarra suntsitzeko. Ondoren, dagokion austenizazio osagabeko tenperaturaraino berotzen da eta labean hozten da.

Austenizazio osagabeko suberaketa globularra altzairu aleatuak biguntzeko erabiltzen da nagusiki.

Halaber, austenizazio osagabeetatik datozen egitura globularrak lor daitezke, tenperatura aldakorrez egindako beroketez, Ac_1 edo Ac_{3-2-1} (ikus burdina/karbonoa diagrama) kritikotik baxuenetik zertxobait gainetik edo azpitik daudenez, alegia.

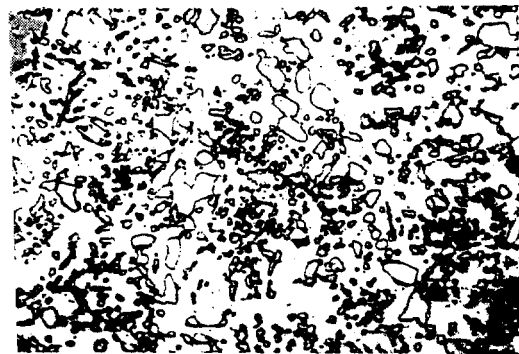
► **Suberaketa globular azpikritikoa**

Altzairua Ac_1 edo Ac_{3-2-1} (ikus burdina/karbonoa diagrama) beheko tenperatura kritikotik oso hurbil dagoen tenperaturan berotzea eta, ondoren, oso mantso hoztea da.

Prozesu horretan, zementitak egitura globularra hartzeko joera du, eta suberaketaren gehienezko tenperatura Ac_1 edo Ac_{3-2-1} beheko kritikotik zenbat eta hurbilago egon, hainbat eta perfektuagoa izango da. Suberaketa globular honetan koaleszentzia (globulizazioa), hasierako egitura zenbat eta xeheagoa izan, hainbat eta azkarragoa izango da.



Perlita laminarra



Perlita globularra

3.5. irudia.

Karbono-altzairuentzat gomendatzen den tenperatura 680 °C-koa da.

Hozteari dagokionez, aurreko suberaketaren gomendio berak egiten dira; 15 °C h-ko baino mantsoagoa izan behar du, 500 °C-ra iritsi arte.

► **Biguntze azpikritikoko suberaketa**

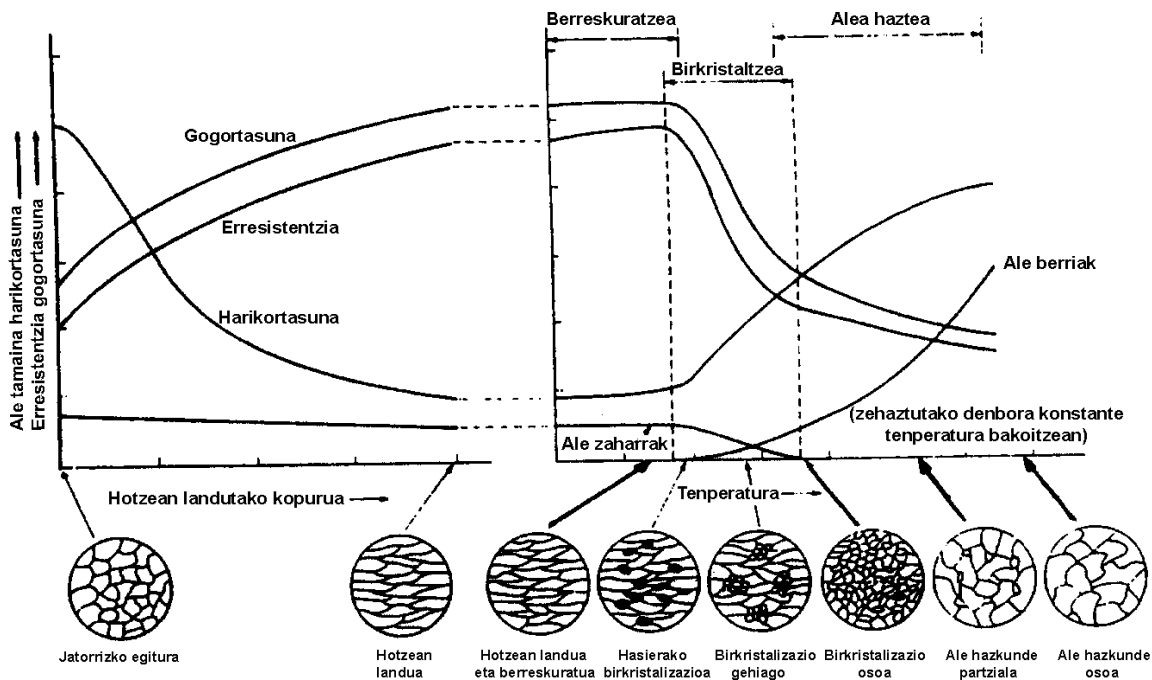
Biguntze-suberaketa gisa ezagutzen da besterik gabe, eta altzairua Ac_1 edo Ac_{3-2-1} (ikus burdina/karbonoa diagrama) kritikotik zertxobait beheago dagoen tenperaturan berotzea da, eta ondoren airean hozten uztea.

Bere helburua erresistentzia handiko kromo/nikel-, kromo/molibdeno-, etab. altzairu aleatuak biguntzea da; altzairu horiei suberaketa osoa aplikatzea ez da praktikoa, tenplaketa-abiadura kritikoa oso txikia dutenez, arras mantso hoztu beharko lirakeelako. Halaber, karbono-altzairuetarako erabiltzen da.

Tratamendu horren abantaila oso sinplea eta azkarra izatea da, eta hoztean ardura berezirik behar ez izatea.

► **Garraztasunaren aurkako suberaketa edo birkristalizazioarena**

Hotzean luzatu edo ijeksi diren altzairuak gogortu egiten dira eta zailtasuna galtzen dute. Hainbat trefilaketa edo elkarren segidako ijekteak jasan ondoren, izandako sekzio-murrizketa handia izan bada, une batean ezin izango dugu lanean jarraitu, altzairua hain gogorra eta hauskorra bihurtu denez, hautsi egingo baita. Orduan, garraztasun handiegia duela esaten da.



3.6. irudia. Hotzean egindako lanaren eta suberaketaren ondorioa mikroegituran eta ezaugarri mekanikoetan.

Altzairuaren harikortasuna eta xaflakortasuna hobetzeko eta hotzean beste luzatzeak edo ijekteak egin ahal izateko, beharrezkoa da garraztasunari aurre egiteko tratamendu termiko bat ematea, garraztasunaren aurkako suberaketa deitzen dena, alegia.

Garraztasunaren aurkako suberaketa 600-700 °C bitarteko temperaturan berotzea da, eta ondoren airean hoztea, edota labean, baldin eta altzairua ez herdoiltzea nahi badugu. Oro har, tratamendu hori zumitza, alanbrea, etab. suberatzeko erabiltzen da, zeinak altzairu hipoeutektoideetatik (ikus burdina/karbonoa diagrama) lortzen baitira, hau da, karbonoa % 0,76 baino gutxiago dutenetatik eta, beraz, ferritak eta perlitak osatzen dituztenetatik. Ohikoena altzairua % 0,30 baino karbonoa gutxiago duena izatea da, eta horregatik masa gehiena trefilaketaren edo ijeketaren ondoren luzatuta geratzen diren aleek osatzen dute.

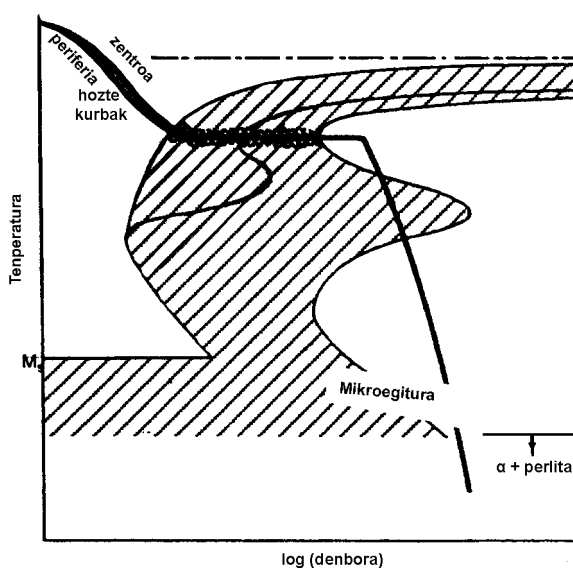
Garraztasunaren aurkako suberaketan, 550 °C ingurura iristean, ferrita birkristalizatu egiten da, eta aleek forma poliedrikoa eta altzairuak hasierako xaflakortasuna eta harikortasuna berreskuratzen dituzte. Perlita-aleek, hotzean egindako lanean luzatuak halaber, tratamendu honen bitartez ez dute hasierako forma berreskuratzen, baina haien proportzioa txikia denez, ez dute eragin handirik altzairuaren propietateetan.

► **Egonkortzeko tratamendua edo zahartze artifiziala**

Egonkortzeko tratamendua tratatutako piezak, mekanizatuak edo hotzean deformatuak, 100-200 °C bitarteko tenperaturan oso luzaroan berotuz (batzuetan 100 orduetik gora) egiten da, eta gero airean mantso hoztuz.

Tratamendu horren helburua, izan diren eragiketa mekanikoen edo termikoen ondoren gera litezkeen hondarreko tentsioak arintzea da. Horren bitartez, ondorengo deformazioak saihesten dira eta, oso altzairu gozo trefilatuetan, erresistentzia dezente areagotzea lortzen da.

Tratamendu hori, berez, zahartze artifiziala da, bere bitartez altzairuek denboran zehar inguruneko tenperaturan izango dituzten eraldaketak azkartu egiten baitira.



3.7. irudia.

► **Suberaketa isotermikoa**

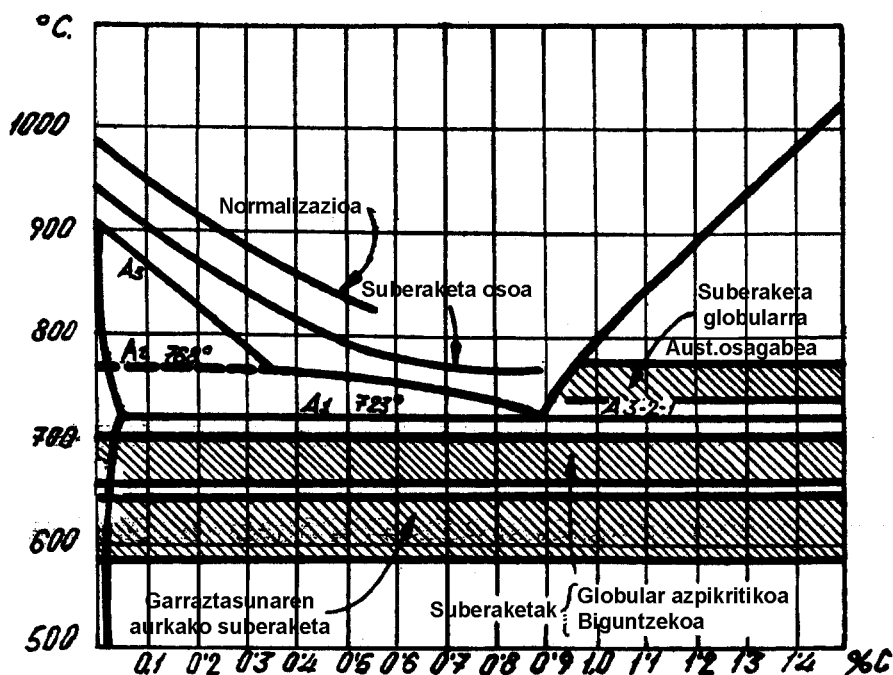
Suberaketa hau Ac_1 (ikus burdina/karbonoa diagrama) kritikoa baino tenperatura altuagoa eta, batzuetan Ac_3 (ikus burdina/karbonoa diagrama) kritikoa baino altuagoa ere berotzea da, ondoren azkar hozteko, Ar_1 (ikus burdina/karbonoa diagrama) baino zertxobait baxuagoa den tenperaturaraino, eta altzairua tenperatura horretan edukitzea austenita perlita bilakatzen dela egiaztatzen den arte. Gero, airean hoztean da.

Berotze-tenperatura Ac_3 baino altuagoa izan bada, austenizazio osoko suberaketa isotermikoa deitzen zaio, beroketa amaitzean altzairua austenitak osatzen baitu erabat.

Berotze-tenperatura Ac_1 -ren eta Ac_3 -ren artekoa izan bada, austenizazio osagabeko suberaketa deitzen zaio, perlita soilik bilakatu izango baita austenita beroketa amaitzen denean.

Suberaketa horren abantaila suberaketa osoaren aldean denbora aurreratzea da.

Oso erabilia da zementazio-altzairu batzuk eta oso aleatuta ez dauden eraikuntza-altzairuak tornu automatikoan mekanizatzen laguntzeko.

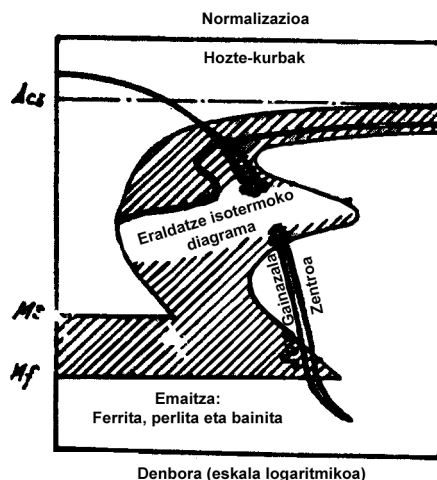


3.8. irudia.

Normalizazioa

Normalizazioa suberaketa osoaren eta tenplaketaren tarteko tratamendua da, altzairuei soilik aplikatzen zaiena.

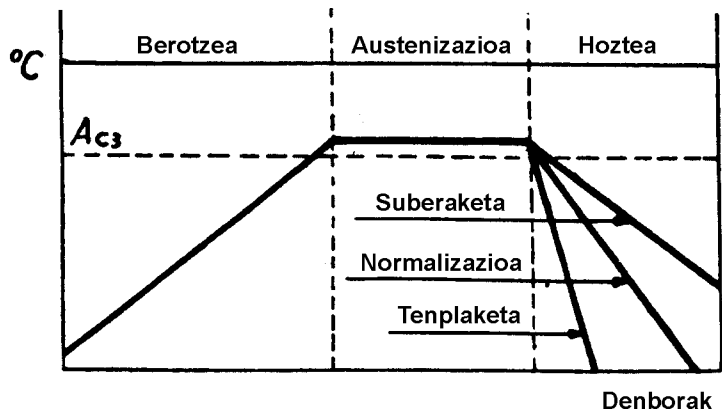
Materiala A_{c3} (ikus burdina/karbonoa diagrama) baino 40-50 °C temperatura altuagoraino berotuz egiten da, eta altzairu guztia egoera austenitikora igaro ondoren, airean hozten uzten da.



3.9. irudia.

Normalizatuaren helburua altzairua tratamendu akastunak jasan ondoren, edota forjaz, ijezketaz, etab. beroan edo hotzean landu ondoren, normalizat hartzen den egoerara itzultzea da. Horrela, bere egitura doitzeta eta barne-tentsioak ezabatzea lortzen da.

Normalizatuak suberaketa osoarekin eta tenplaketarekin duen desberdintasuna airean hoztea da, suberaketako abiadura mantsoaren (labean) eta tenplaketako azkarraren (uretan, oliotan, etab.) tartekoa den abiaduran.



3.10. irudia.

Tenplaketa

Berotzeko eta hozteko prozesua da; azken hori gutxieneko abiadura batez egiten da, normalean oso azkarraz, kritikoa deitutakoaz.

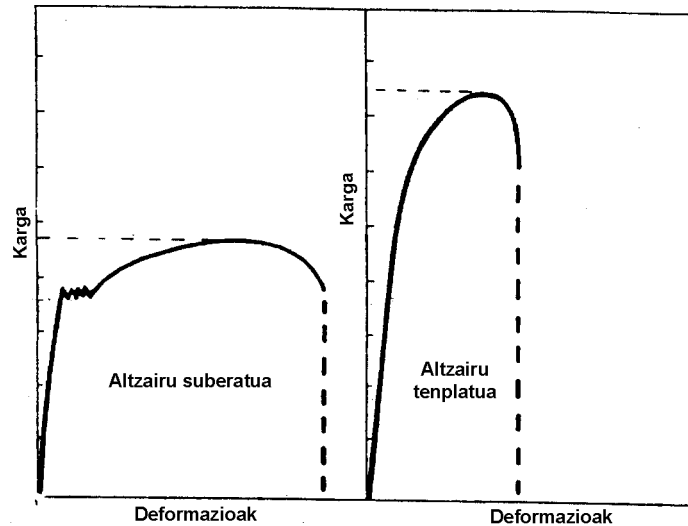
Orokorrean, ziklo honen bitartez lortu nahi izaten den helburua beroketaz altzairu-masa guztia austenita bilakatzea da eta, ondoren, behar bezain azkar hozteaz, austenita martensita bihurtzen da, altzairu tenplatuaren osagarri tipikoa, alegia.

Praktikan, altzairu hipereutektoideetan ez da masa guztia austenita bilaka dadin interesatzen; izan ere, eraldatu ez den eta, beraz, tenplaketaren ondoren piezan geratzen den zementita martensita baino are gogorragoa da.

Austenita martensita bilakatzeko praktika ere ez da beti gutzizkoa izaten; izan ere, kasu askotan ezinezkoa izaten da behar bezain hozte-abiadura azkarra lortzea, eta tarteko osagarriak agertzen dira, hala nola bainita, etab.

Altzairu tenplatuaren gogortasuna bere karbono-edukiaren arabera da: zenbat eta karbono gehiago izan, hainbat eta gogorragoa da altzairua.

Altzairu hipereutektoideen martensitak % 0,80 karbono du gutxi gorabehera, altzairuaren guztizko karbono-edukia edozein izanik ere; beraz, altzairu horien tenplaketan lortutako gogortasuna antzekoa da.



3.11. irudia. Altzairu bigun baten (suberatu) eta gogor baten (tenplatu) trakzio-diagramak.

► **Tenplaketaren lehen fasea: berotzea**

Fase honen helburua, teorian, altzairuaren masa guztia austenita bilakatzea da. Bere garapena hiru aldagaik definitzen dute: tenperatura igotzeko abiadurak, mugako tenperaturak eta mugako tenperaturan egoteak.

Praktikan erabiltzen diren tenplaketako mugako tenperaturak A_3 (ikus burdina/karbonoa diagrama) kritiko teorikoak baino 50 °C baino altuagoak dira altzairu hipoeutektoidetan. Altzairu hipereutektoidiak $A_{c3-2-1} + 50$ °C (ikus burdina/karbonoa diagrama) tenperaturan tenplatzen dira, perlita soilik bilakatzeke austenita, zementita eraldatu gabeko martensita baino gogorragoa mantenduta.

► **Tenplaketaren bigarren fasea: hoztea**

Bere helburua, teorian, berotzean osatutako austenita guztia martensita izeneko oso osagarri gogor bilakatzea da, nahiz eta tenplaketaren aldaeraren batean lortu nahi den azken osagarria bainita izan.

Hozte-fasearen faktore erabakigarria gutxieneko hozte-abiadura da, austenita guztia martensita bilaka dadin. Abiadura horri tenplaketa-abiadura kritikoa deitzen zaio.

Tenplaketa-abiadura kritikoak, karbono-altzairuen kasuan, segundoko 200 °C-tik 600 °C-ra bitartekoak izaten dira, karbono-ehunekoaren arabera.

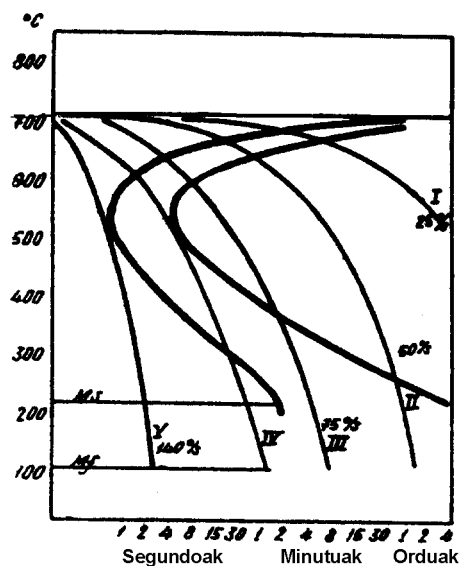
Aleazio-elementuek, oro har, tenplaketa-abiadura kritikoa moteldu egiten dute, eta oso aleatuta dagoen altzairuren bat airean tenpla daiteke, segundoko 50 °C-tik beherako abiaduran.

► S kurbak

Ikusi dugunez, temperatura jakin batetik behera hoztean, austenita ferrita bilakatzen da. Eraldaketa hori are azkarragoa da, hau da, gutxiago behar du hasteko, altzairua zenbat eta gehiago azpi-hoztu.

Diagrama bat egiten badugu, denbora abzisatan eta temperatura ordenatuta, austenitaren eraldaketaren hasiera- eta bukaera-puntuak adierazi ahal izango ditugu.

S moduko kurbak lortzen dira, irudian ikus daitezkeenez.



3.12. irudia. Eraldaketa-kurbak (S) eta hozte-kurbak.

Diagrama honetan hozte-kurbak adierazten dira (I, II, III, IV, V kurbak), piezaren temperaturak denboran zehar izan duen aldaketa erakusten dutenak.

I kurba aztertuta, 100 °C hozteko, adibidez, denbora luzea behar duela (ia 2 ordu) ikus daiteke. Austenita 2 minutura hasten da eraldatzen eta 6 minututan amaitzen da. Suberaketa adieraz lezake.

II legea (kurba) 600 °C-tara iristen da 2 min besterik igaro ez denean; III-k 15 segundo inguru behar du, IV-k 4 segundo, eta V-k segundo bat baino gutxiago (tenplaketa).

Era berean, eraldaketa gero eta lehenago hasten da, 2 minutuetatik (I kurba) 4 segundoraino (IV kurba). Eraldaketaren amaierari dagokionez, lehen kasuan 6 minututara gertatzen da eta, II-lan, berriz, 30 segundora.

V kurba tenplaketaren berezkoa da: austenita ez da bere oreka-osagai (ferrita, perlita) bihurtzen. Hain azkar hoztu ondoren lortzen dena MARTENSITA da. Bere eraldaketa M_s temperaturan hasten da eta (% 100 Martensita) M_f temperaturan amaitzen da.

IV kurba gaizki egindako tenplaketarena izan liteke; izan ere, kurba eraldaketa-hasierako zonan sartzen da, baina ez da bukaera-zonara iristen. Beraz, austenitaren zati bat martensita bilakatzen da, baina gainerakoa perlita bihurtu da jadanik; beraz, materiala bigunegia da eta tenplaketa, akastuna.

Azpirarratzekoa da austenita dela eraldatzen dena beti. Austenitaren % 10 perlita bihurtzen bada, adibidez, % 90 austenita besterik ez dugu martensita osatzeko.

Hortik ondorioztatzen dugunez, tenplaketan ahalik eta gogortasunik handiena (% 100 martensita) lortzeko, hozte-kurbak, gehienez ere, eraldaketa-hasierako kurbarekiko tangentea izan behar du, hau da, bada gutxienezko abiadura, **tenplaketa-abiadura kritikoa** (V) deitzen dena. Mantsago hoztuz gero, kurba eraldaketa-zonan sartuko da eta % 100 martensita baino gutxiago lortuko dugu.

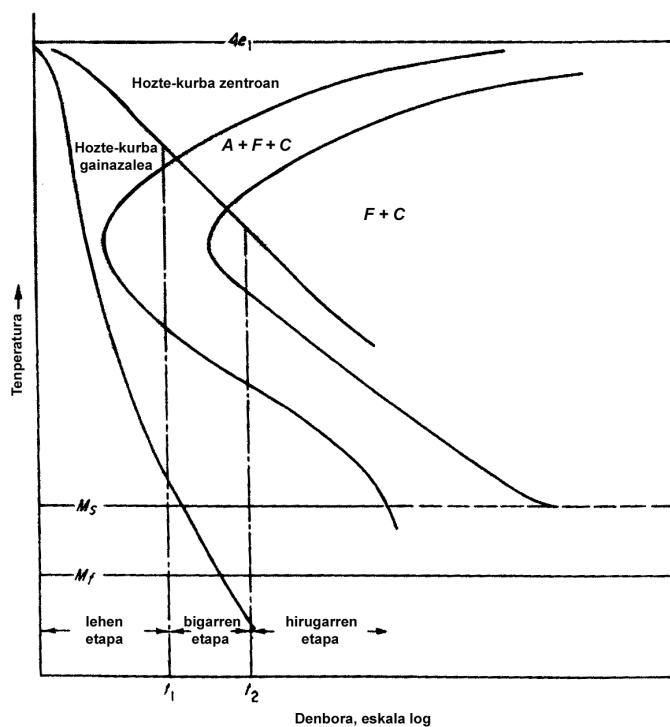
► **Tenplaketaren praktikan eragina duten faktoreak**

Tenplaketan eraginik handiena duten faktoreak hauexek dira:

Piezen tamaina, beren konposizioa, alearen tamaina eta hozteko erabilitako bitartekoa.

✓ *Piezen tamainaren eragina*

Azken ezaugarrietan eraginik handiena duten faktoreetako bat da. Profil mehetan, bai berotzean, bai hoztean, oso tenperatura-alde txikia izaten da piezaren periferiaren eta barrualdearen artean. Lodiera edo diametro handiko piezetan, berriz, barrualdeko tenperatura periferiakoa baino baxuagoa da berotzean eta altuagoa hoztean.



3.13. irudia. Hozte-aldea erdigunearen eta periferiaren artean.

Berotzeen kasuan, piezen tamainak prozesuaren iraupena luzatzearen eragina besterik ez du.

Hozte azkarra badago, tenplaketak eskatzen duena alegia, piezaren tamainaren eragina oso garrantzitsua da, erdigunea tenplaketarik gabe gera baitaiteke baldin eta hozte-abiadura kritikoa baino txikiagoa bada.

Dagozkion S kurbak aztertuta, azalaren hoztea kritikoa baino azkarragoa da; erdigunea mantsoago hozten da, ordea, eta, beraz, austenitaren eraldaketa-zonan sartzen da, eta ez da jada martensita osatzen.

✓ *Konposizioaren eragina*

Orokorrean, aleazio-elementuek tenplaketa errazten dute. Elementuen eragina aldakorra da batzuetatik besteetara, eta bakoitzaren eragina desberdina da.

Manganesoa eta molibdenoa tenplagarritasunean eraginik sakonena duten elementuak dira.

Aipagarria da boroak altzairuen tenplagarritasunean duen eragina. Elementu horren kopuru txiki-txikiak, % 0,003tik % 0,006ra bitartekoek alegia, dezente hobetzen dute tenplagarritasuna, eta alderdi horretan elementu aleatuetan eraginkorra da, eta tenplatzeko ahalmenik handiena duena.

Tenplagarritasuna hobetzeko duen eraginkortasuna aparta da.

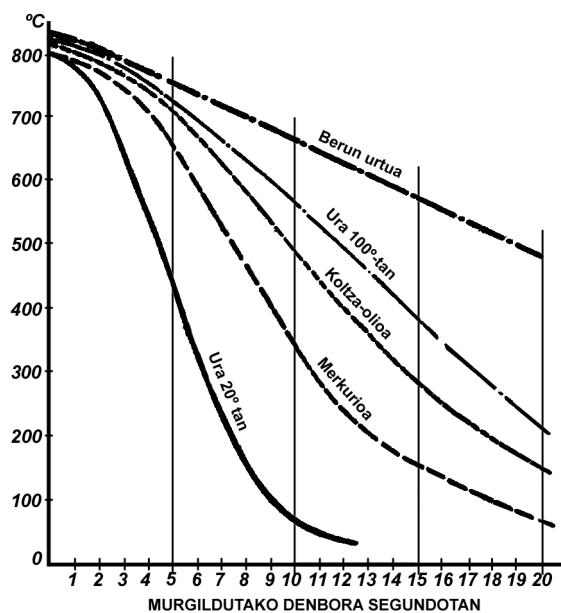
Batez ere % 0,30tik % 0,50ra bitarteko karbonoa duten altzairuetan da eraginkorra.

✓ *Ale-tamainaren eragina*

Ale-tamainak tenplaketa-abiadura kritikoa du eragina nagusiki. Konposizio berdinetan, ale lodiko altzairuen tenplaketa-abiadura kritikoa txikiagoak dira ale fineko altzairuen abiadura kritikoa baino, hau da, tenplagarritasun handiagoa dauka ale lodikoak.

✓ *Hozteko bitartekoaren eragina*

Altzairua tenplatzeko, hozteko bitartekorik egokiena kritikoa baino zertxobait handiagoa den tenplaketa-abiadura lortzen duena da.



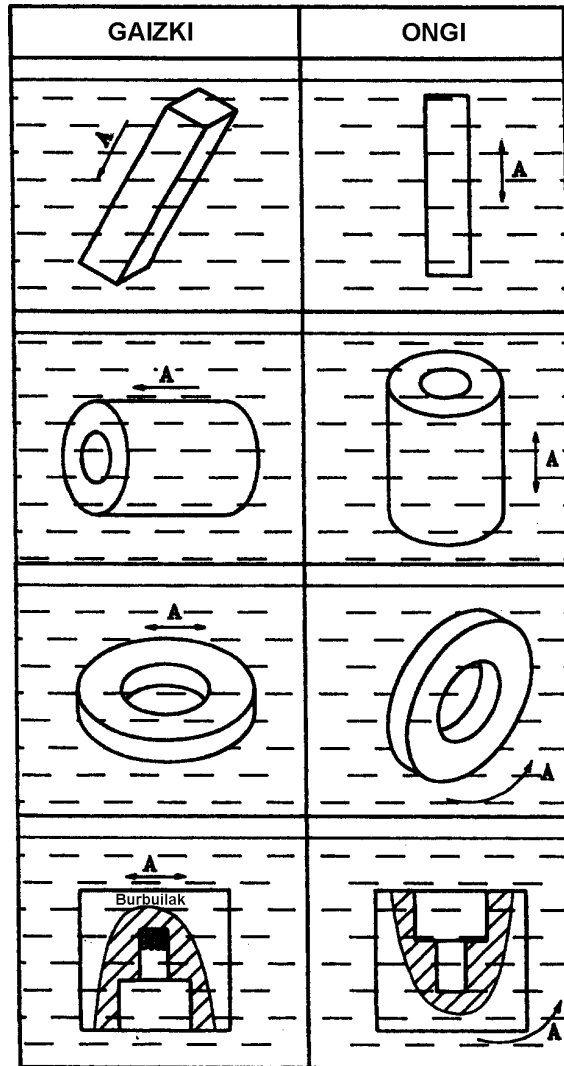
3.14. irudia. Hainbat ingurunetako hozte-kurbak

Ez da beharrezkoa eta, gainera, kaltegarria da tenplaketa-abiadura handiegia izatea, tentsioak eta arrailak sortzeko arriskua baitago, piezaren gainazalaren eta barrualdearen hozte desberdina dela-eta. Hoztea mantso gertatzen bada, uniformeagoa izango da.

Abiadura kritikoak nahiko handiak dira karbono-altzairuetan, eta 350 °C segundoko izatera iristen da % 0,50 C altzairuetarako, eta 200 °C segundoko % 0,80 altzairuetarako. Altzairu berezietan, abiadurak askoz mantsoagoak dira, eta kasu batzuetan 35° segundoko baino baxuagoak ere badira.

Hozteko gehien erabiltzen diren bitartekoak honako hauek dira:

- Ura: Gehienez 20 °C-ko tenperaturan erabili behar da.
- Olioak: Sugartze-tenperaturak, gutxienez, 180 °C-koa izan behar du eta errekontzarenak 200 °C-koa, suak hartzeko arriskua arintzeko.
- Beruna: Altzairu berezizko erremintak, malgukiak eta “piano-sokak” alanbreak tenplatzeko erabiltzen da. Berun-bainua 400-600 °C bitartean egon daiteke.
- Merkurioa: Pieza delikatuak tenplatzeko erabiltzen da, hala nola kirurgia-tresnak, baina oso garestia izateak bere erabilera mugatu egiten du.
- Gatz urtuak: Gaur egun asko erabiltzen dira gatz urtuen bainuak, kloruro, nitrato, karbonato, zianuro eta abarren proportzio aldakorrek osatuak; 150 °C-tik 1300 °C-ra bitarteko tenperaturak barne hartzen dituzte. Gatz horiek tenplaketarako hozteko bitarteko ez ezik, berotzeko, zementatzeko eta nitruratzeko ere erabiltzen dira.



3.15. irudia. Piezak tenplaketan hozteko modua.

► **Tenplaketa-motak**

Normalean zortzi tenplaketa-mota erabiltzen dira, eragiketa-teknikari eta jasotako emaitzei dagokienez desberdinak direnak.

Tenplaketa normalak: - austenizazio osokoak
- austenizazio osagabekoak

Tenplaketa etenak: - uretan eta oliotan
- uretan eta airean

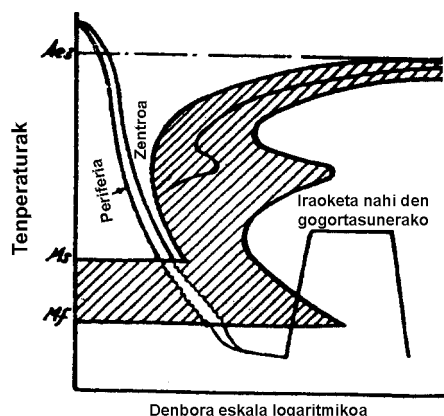
Tenplaketa isotermikoak: - Austempering-a
- Martempering-a

Gainzaleko tenplaketak: - oxiazetilenikoa
- indukzio bidezkoa

✓ *Austenizazio osoko tenplaketa normala*

Altzairu hipoeutektoideei (C % 0,8tik behera dutenak) aplikatzen zaie normalean. Altzairua, behar den ardurez berotzen da, Ac3 (ikus burdina/karbonoa diagrama) goiko kritikotik 50 °C inguru gaineratik dagoen tenperaturaraino. Temperatura horretan behar den denbora mantentzen da, piezaren tamainaren arabera, material guztia austenita bilakatu arte. Azkenik, bitarteko egokian (ura, olio, etab.) hozten da, hozteko abiadura kritikoa baino handiagoa izateko moduan.

Tenplaketa perfektua bada, lortzen den osagarri bakarra martensita izango da.



3.16. irudia.

✓ *Austenizazio osagabeko tenplaketa normala*

Altzairu hipereutektoideei (C % 0,8tik gora dutenak) aplikatzen zaie normalean. Altzairua Ac3-2-1 (ikus burdina/karbonoa diagrama) kritikotik 50 °C inguru gaineratik dagoen tenperaturaraino berotzen da, perlitak soilik bilaka dadin austenita. Ondoren, azkar hozten da, kritikoaren gaineratik dagoen abiaduran, osatutako austenita martensita bihurtzen dadin, eta eraldatu gabeko zementitarekin batera geratzen da altzairuaren osagarri gisa.

✓ *Uretako eta oliotako tenplaketa etena*

Tenplaketa normala da, baina lehenbizi uretan hozten da, hoztea abiadura kritikoa gainditzeko bezain azkarra izan dadin, eta gero oliotan, austenita martensita bilakatzen den bitartean.

Uretako tenplaketa-altzairuekin forma konplikatuak erremintak tenplatzeko erabiltzen da. Oliotako bigarren tenplaketaren helburua erremintaren lodiera desberdineko tenperatura-alde handiak saihestea da, tentsioek eragindako arrailen eta deformazioen arriskuari aurre eginez.

Halaber, oliotako tenplaketa-altzairuzko barra lodietan erabiltzen da.

✓ *Uretako eta aireko tenplaketa etena*

Tenplaketa normalaren beste aldaera bat da, eta aurrekoaren antzekoa. Uretan pieza bat hoztea etetea da, airera ateraz tenperatura 250 °C ingurura jaitsi denean.

Horrela, zona desberdinetako tenperaturak berdindu egiten dira eta deformazioak eta arrailak saihestu egiten dira.

Halaber oliotan eta airean egin daiteke. Prozesu hori limak tenplatzeko erabiltzen da; 800 °C ingurura berotzen dira, segundo batzuek uretan hozten dira eta, oraindik bero daudela, airera ateratzen dira; azkar zuzendu, eta hozteko prozesua airean amaitzen dute.

✓ *Austempering-a*

Tratamendu isotermikoa da, eta bertan austenita tenperatura konstantean eraldatzen da. Halaber tenplaketa diferitua edo tenplaketa bainitikoa deitzen zaio.

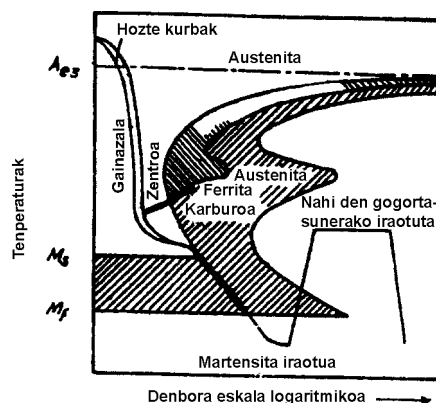
Altzairua Ac3 edo Ac3-2-1 (ikus burdina/karbonoa diagrama) kritikoaren gainetik dagoen tenperaturan berotzea da, eta gero bat-batean hoztea, Ms-tik (martensitaren hasiera) gora dagoen tenperaturaraino, zeina 250°-550 °C bitartekoa baita. Eraldaketa isotermikoki egiaztatzen da, austenita bainita bilakatuz, eta ez du ondorengo iraketa behar.

Abantaila nagusiak barne-tentsiorik eza eta lortutako zailtasun handia dira.

Asko erabiltzen da pieza txikiak edo karbono-altzairuzko erremintak fabrikatzeko, C % 0,50-% 1,20koak edo aleazio baxukoak.

✓ *Martempering-a*

Beste tratamendu isotermiko bat da. Altzairua Ac3 edo Ac3-2-1 (ikus burdina/karbonoa diagrama) tenperatura kritikotik gora berotuz egiten da, eta gero kritikoa baino abiadura handiagoan hozten da, Ms-tik zertxobait gorago dagoen tenperaturaraino, hau da, 200-300 °C-raino (martensita osatzearen hasiera). Pieza bainuan mantentzen da, tenperatura masa guztian berdintzen den arte, baina mantentze hori gehiegi luzatu gabe, eraldaketa isotermikoa has ez dadin. Ondoren, pieza atera eta airean hozten da, eta orokorrean iraketa ematen zaio.



3.17. irudia.

Azken osagarria martensita iraotua da.

Abantaila nagusia deformazioak eta tentsioak saihestea da.

Engranajeak, trokelak, boladun kojinetekak, etab. tratatzeko erabiltzen da.

Iraoketa

Iraoketa tenplaketaren tratamendu osagarria da, normalean haren ondoren egiten dena.

Altzairua, tenplaketaren ondoren, A_{c1} (ikus burdina/karbonoa diagrama) baino tenperatura baxuagoan berotzea da eta ondoren hoztea, airean normalean, altzairu-mota batzuk uretan edo oliotan hozten badira ere.

Bi tratamendu horien multzoari **hobekuntza** deitzen zaio.

Iraoketaren helburua altzairu tenplatuaren zailtasuna (hau da, erresilientzia) hobetzea da, haien gogortasun, erresistentzia mekaniko eta muga elastikoaren kaltetan. Iraoketaren bitartez, tenplaketan sortutako materialaren barne-tentsioak murriztu egiten dira.

Dena den, batzuetan, aleazio altuko altzairu bat iraotzean, baliteke gogortasuna, murriztu beharrean, areagotzea. Horren arrazoia hondarreko austenita martensita bilakatzea da eta, beraz, osagarri horren ehunekoa areagotzean, gogortasuna ere areagotu egiten da.

► Iraoketan eragina duten faktoreak

Iraoketan eragina duten faktore nagusiak hauexek dira: piezaren hasierako egoera, iraoketa-tenperatura, iraoketaren iraupena eta piezaren tamaina.

Hozteko abiadurak ez du, teorikoki, eraginik iraoketaren efektuetan. Dena den, oso bat-batean ez hoztea komeni da, piezen barne-tentsioak eta deformazioak ager ez daitezen.

✓ *Piezaren hasierako egoerak iraketan duen eragina*

Iraoketan jasotako emaitzak oso aldakorak dira, abiapuntua martensitaz soilik osatutako altzairu tenplatua edo hondarreko austenitaren ehuneko handia duen altzairua izatearen arabera.

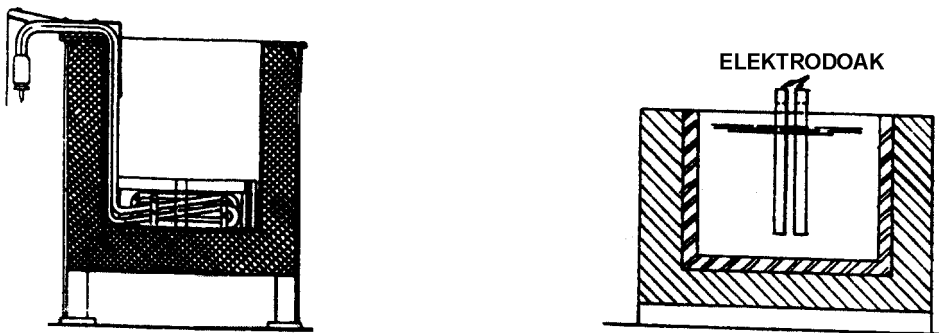
✓ *Temperaturak iraketan duen eragina*

Iraoketa-temperaturan denbora berdinez egonez gero, temperatura igotzen den neurrian, gogortasuna areagotu egiten da 100 °C-raino, eta hori zementita-partikula finak hauspeatzeak eragindakoa dela uste da.

200-300 °C bitarteko temperaturatik aurrera, gogortasuna azkar jaisten da, eta jaitsiera hori temperaturaren gorakadarekiko proportzionala da, gutxi gorabehera.

Bestalde, iraketaren efektuak azkarrago lortzen direla ikusi da, hau da, temperaturako denboraldi laburragoaz, berotze-temperatura handiagoa den neurrian.

Eraikuntza-altzairuetarako gehien erabiltzen diren iraketa-temperaturak 400°-ren eta Ac1-ren (ikus burdina/karbonoa diagrama) artekoak dira. Erreminta-altzairukoak, 200 °C-tik 300 °C-ra bitartekoak izaten dira.



3.18. irudia. Gatz-labeak.

✓ *Berotze-iraupenak iraketan duen eragina*

150 °C-tik gorako iraketa-temperatura berarentzat, gogortasunak nabarmen egiten du behera temperaturan egiten den denboraldiaren lehen 30 minutuetan, eta gogortasun-galera oso azkarra da lehen 10 segundoetan.

Berez, temperatura eta iraketaren iraupena bi faktore osagarri dira.

✓ *Piezen tamainaren eragina*

Diametro handiko pieza lodiak iraoztean, efektu orekatzailea gertatzen da; izan ere, iraozetaren emaitza are bortitzagoa da martensitaren ehunekoa zenbat eta handiagoa izan. Horregatik, iraozetak are gehiago jaisten du gogortasuna zona martensitiko garbietan transiziozkoetan edo bestelako osagarrikoetan baino.

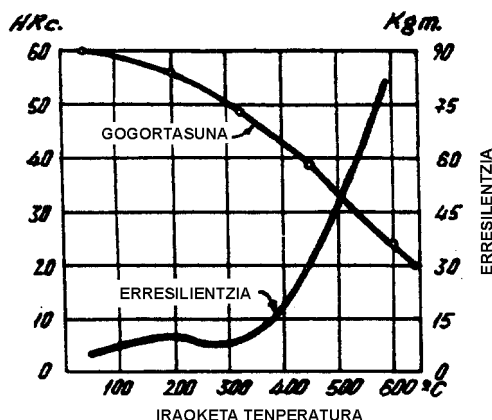
Beraz, iraozetak pieza handien tenplaketan lortutako gogortasun-desberdintasunak arindu egingo ditu.

► **Iraoketa baxuetako hauskortasuna**

Iraoketan bi tenperatura-zona daude, altzairu tenplatuaren zailtasuna areagotu beharrean, batzuetan murriztu egiten dutenak.

Lehen zona, iraoqueta baxuetako hauskortasun gisa ezagutua, 250 °C-ren eta 400 °C-ren artekoa da. Tenperatura horien artean, martensita-orratzak inguratzen dituen zementita-pelikula osatzen da.

Dena den, 400 °C-tik gora berotuz gero, sarea desagertu egiten da, eta zailtasuna areagotzen.



3.19. irudia. Iraoketa-tenperaturaren eragina.

► **Gogortasun sekundarioak**

Badaude molibdeno, wolframio, kromo eta abarrez aleatuta, 500-600 °C bitartean gogortasuna areagotzen duten altzairu batzuk. Gogortasuna areagotze horiei gogortasun sekundario deitzen zaie, eta batzuetan iraoketan normalean lortu beharko litzatekeen gogortasuna dezente handitzen dute.

► **Iraoketa bikoitza**

Altzairu azkar eta deformaezinetan, kromo-ehunekoa handia dutenetan, erremintak egiteko erabilietan, tenplaketaren ondoren elkarren segidako bi iraoqueta egin ohi dira.

Tenplaketaren ondoren, altzairu horiek hondarreko austenita-ehuneko handiaz geratzen dira normalean (% 25koa ere izan daiteke).

Lehen iraketan martensita irautzen da eta austenita behe-bainita bilakatzen da, aleazio-elementuetako karburoen hauspeatzea dela-eta.

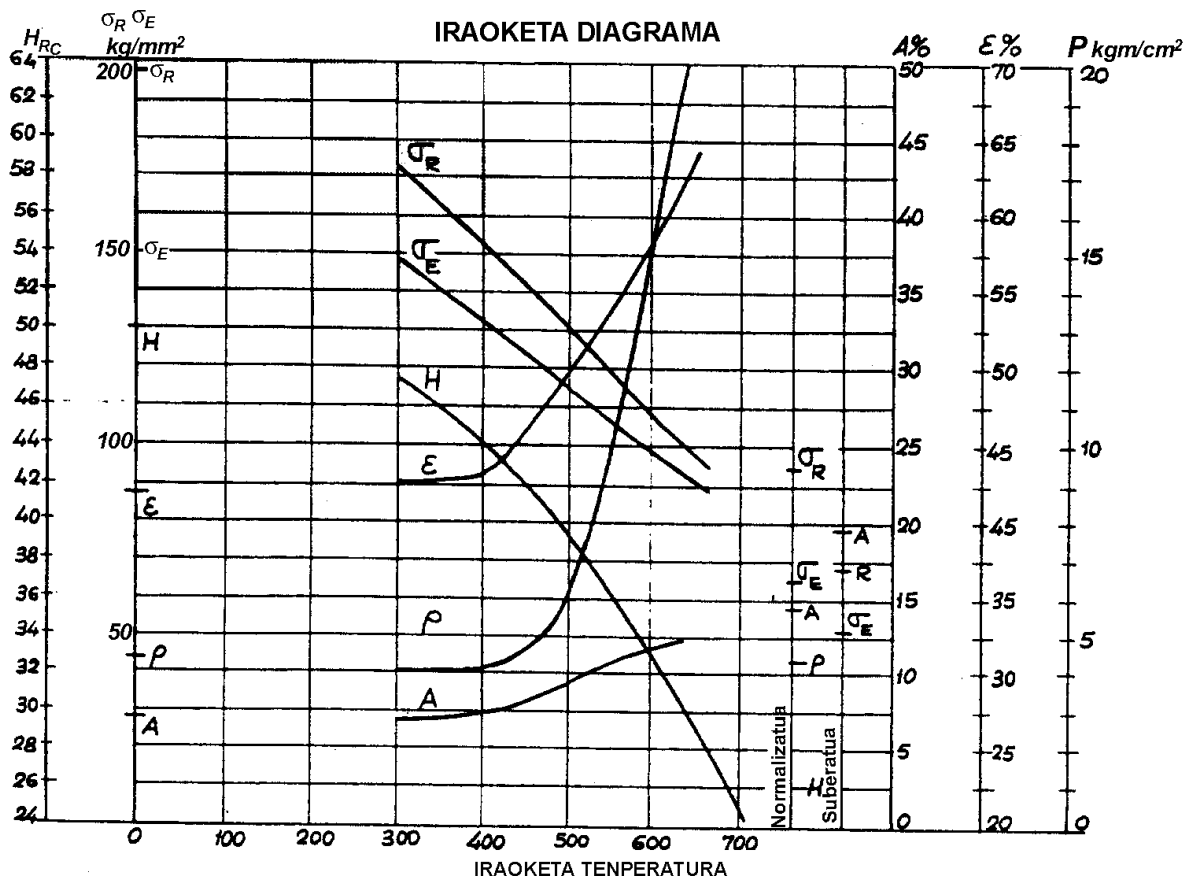
Bigarren iraketan, martensitak ez du aldaketarik izaten, baina behe-bainita martensita irautua bilakatzen da, eta oso osaera eta egitura uniforme geratzen da.

► **Iraoketaren garrantzia**

Tenplaketa prestaketa-tratamendua besterik ez da, eta iraketa da altzairuaren helbururako egokienak diren propietateak lortzeko benetako tratamendu egokitzaila.

Egia da tenplaketa zenbat eta hobeto egina egon, hainbat eta handiagoa izango dela iraketaz lor daitezkeen propietateen (gogortasuna murriztea eta zailtasuna areagotzea) aukera.

Gainera, iraketaz barne-tentsioak suntsitu egiten dira, materiala egonkortu egiten da eta egitura homogenea lortzen da.



3.20. irudia.

3.4 Tenplagarritasuna

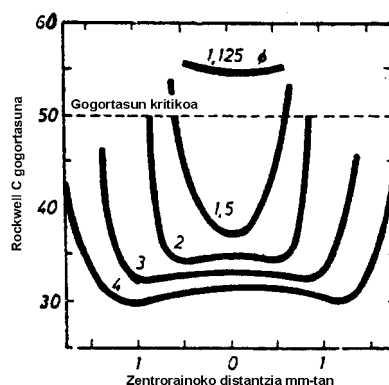
Tenplaketa ona lortzeko, pieza gutxieneko abiadura batean hoztu behar da, altzairu bakoitzari dagokionean, alegia. Tenplatu beharreko pieza handia bada, gerta liteke azala tenplatzea baina ez nukleoa, hozteko denbora luzeagoa behar baitu.

Tenplagarritasuna deitzen zaio materialak tenplatua izateko duen gaitasunari, eta tenplaketa azaletik nukleoraino sartzearen arabera neurtzen da.

Pieza handi bat tenplatzen badugu eta gogortasunak zeharkako ebakiduran neurtzen baditugu, horiek kanpoaldetik barrualdera murriztu egiten direla ikusiko dugu.

Pieza txikia bada, ordea, gogortasun berbera lortuko dugu azalean nahiz barrualdean.

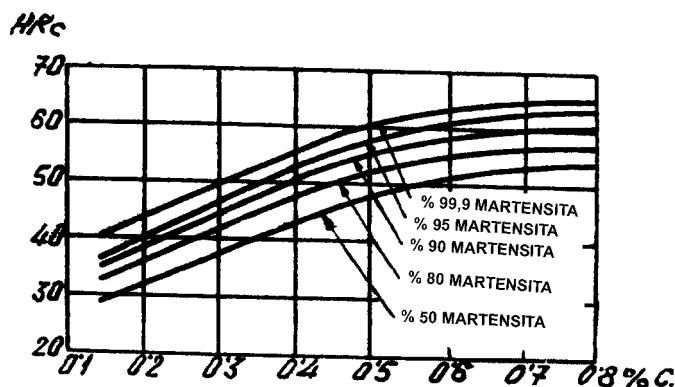
Tenplaketak baldintza berberetan egin daitezke altzairu beraren diametro desberdineko zilindroetan, eta erradio desberdinetako gogortasunak grafiko batean adieraz daitezke.



3.21. irudia. U itxurako kurbak.

U itxurako kurbak deitutakoak lortzen dira, tenplaketaren sarkortasuna adierazten dutenak.

Lor daitekeen **gehieneko gogortasuna** ia karbono-edukiaren araberakoa baino ez da; beraz, eduki hori ezagututa, tenplaketa-kalitateei dagokien gogortasuna zehatz daiteke.



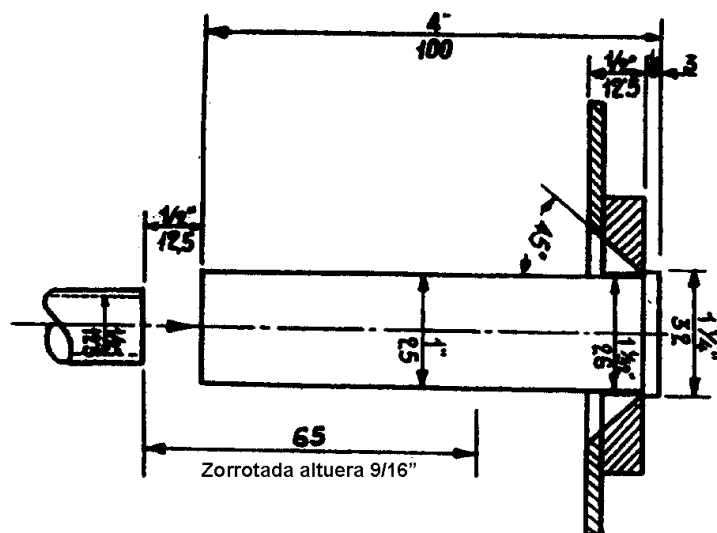
3.22. irudia. Martensita-ehunekoak gogortasunean duen eragina.

Diametro kritikoa deitzen zaio, bere nukleoan martensitaren (altzairua tenplatzean sortzen den osagarria) % 50ri dagokion gogortasuna izateko, piezak eduki behar duen diametroari.

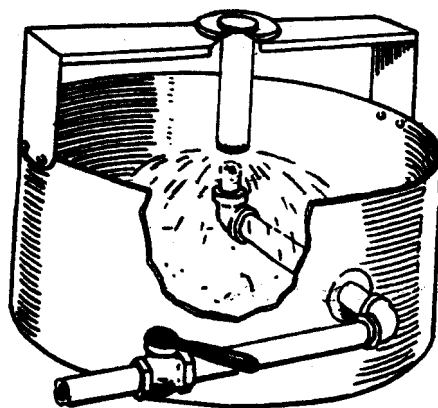
Nolanahi ere, diametro hori eta, hortaz, tenplagarritasuna, hozteko hautatu den bitartekoaren araberakoak dira: eraginkorrena (gogortasun handienekoa) ura da.

Jominy entsegua

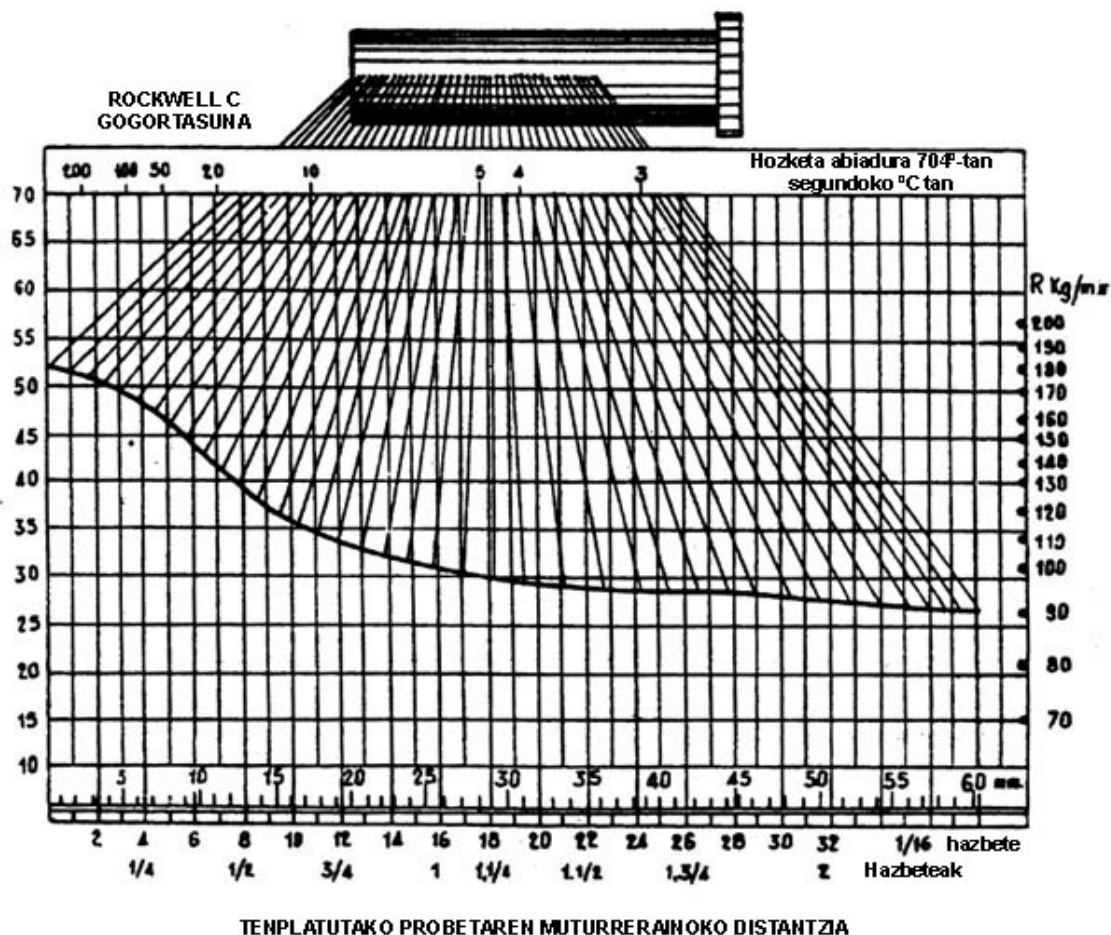
Gaur egun, tenplagarritasuna definitzeko gehien erabiltzen den metodoa Jominy Entsegua da. 24,4 mm-ko diametroa eta 100 mm-ko luzera duen altzairuaren probeta tenplaketa-tenperaturan berotzea da eta, ondoren, zilindroaren oinarrietako bati erasaten dion ur-zorrotada batez hoztea. Gero, luzerako bi plano aurkako bi sortzailetan artezten dira eta gogortasunak denbora-tarte finkoetan neurtzen dira bi plano horietan, tenplatutako muturretik. Ondoko irudietan probetaren forma eta hozteko instalazio normalizatua deskribatzen da eta muturretik dagoen distantziaren arabera lortutako gogortasunen adierazpen grafikoa dator.



3.23. irudia. Jominy entsegurako probeta normala.



3.24. irudia. Jominy entsegua egiteko tresna berezia.



3.25. irudia. Jominy kurba.

4 GAINAZAL-TRATAMENDUAK

4.1 Zementazioa

“Azaleko karburazioa” terminoa esplizituagoa izango litzateke, normalean erabiltzen den zementazioarena baino. Azaleko geruzaren konposizio kimikoa karbonoan aberastuz aldatzea helburu duen tratamendu termikoa da, nukleoan gogortasun handirik ez duten piezek azalean gogortasun handia lor dezaten.



4.1. irudia. Engranaje baten azal zementatua.

Zementaziorako diren altzairuen karbono-edukia, normalean, % 0,25etik beherakoa izaten da, eta zementazio-tratamendu termikoaz % 0,70etik % 1,10era bitarteko karbonodun azaleko geruza lortzen da.

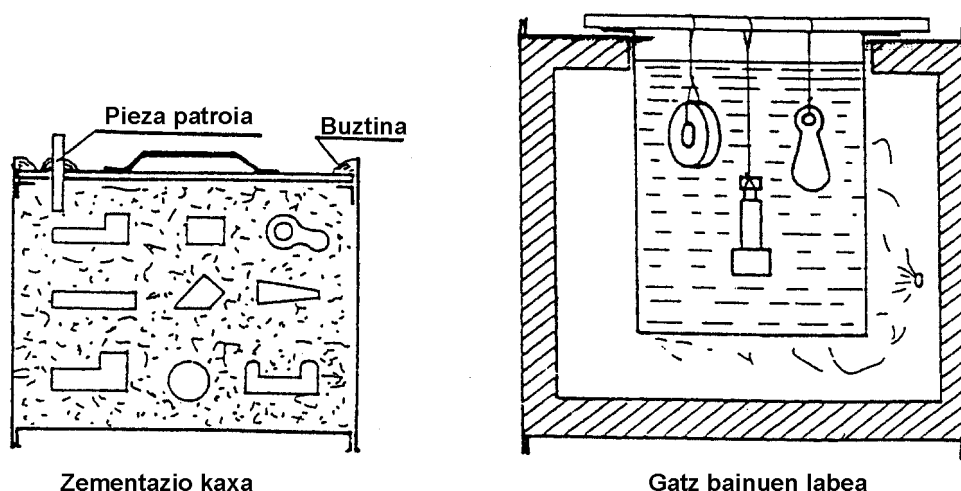
Ondorengo tenplaketak azaleko geruza horri 60 HRC-tik gorako gogortasuna ematen dio, eta nukleoan zailtasun ona mantentzen da.

Zementazioaren helburu nagusia azaleko gogortasun handia eta nukleoko zailtasun handia duten piezak lortzea da. Ondorioz, tratamendu horrek bi fase nagusi ditu: azalaren karburazioa eta ondorengo tenplaketa, eta jarraian iraketa dator, pieza tenplatuari tentsioa kentzeko.

Piezaren azaleko geruza karbonoan ingurune karburante batean berotuz aberasten da, 750-1.100 °C bitarteko tenperaturaz. Ohikoena 870-950 °C bitartean berotzea izaten da. Berotze horren iraupena hainbat parametrorekin dago lotuta, eta horien artean garrantzitsuenak lortu nahi den geruza karburatuaren sakonera da.

Hiru dira zementazio-prozedurarik ohikoenak: ingurune solidoko zementazioa, ingurune likidoko zementazioa (gatz urtuak) eta gas-ingurunekeko zementazioa (metanoa, CO₂).

Ingurune solidoko zementazioa prozedurarik zaharrena da, eta gaur egun gutxi erabiltzen da, gatz likidoen bainuko teknikak eta, batez ere, gas-ingurunekeko zementazioa biziki garatu direlako.

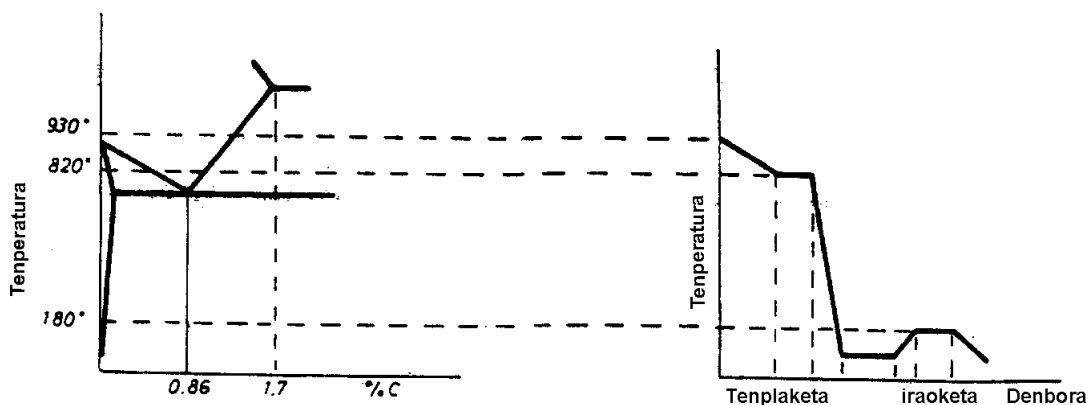


4.2. irudia.

Karbonoa azalean sartzeko abiadura, tratamendu-orduko, 0,1 mm-tik 0,2 mm-ra bitartekoa da.

Piezen zementazioaren ondoren beti datorren eragiketa tenplaketa da, eta hiru modalitatetan egin daiteke: zuzeneko tenplaketa, tenplaketa sinplea eta tenplaketa bikoitza.

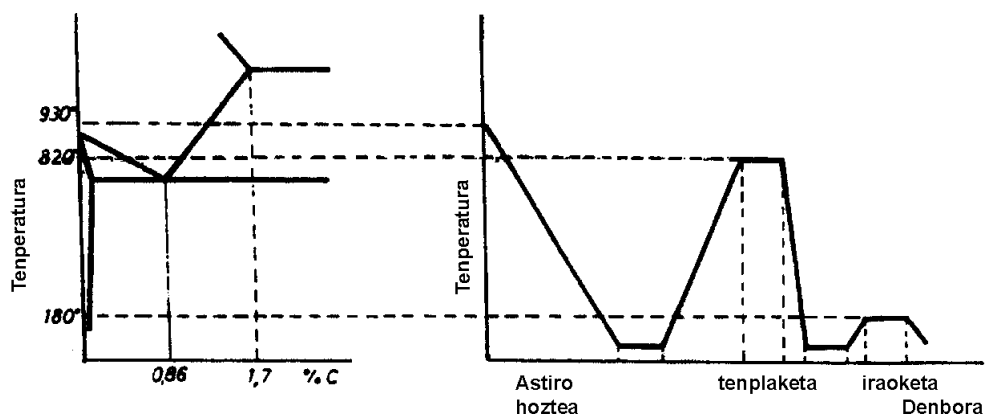
Zuzeneko tenplaketa piezak zuzenean hoztea da, zementazio-tenperaturatik edota tenperatura zertxobait baxuagoan hoztu ondoren. Gatz-bainuko zementaziorako eta gas-zementaziorako metodorik egokiena da. Eragiketa horretarako altzairu egokiak erabili behar dira, ale fineko altzairuak, hau da, austenita-alearen hazkunde-tenperatura zementazio-tenperatura baino handiagoa dutenak.



4.3. irudia.

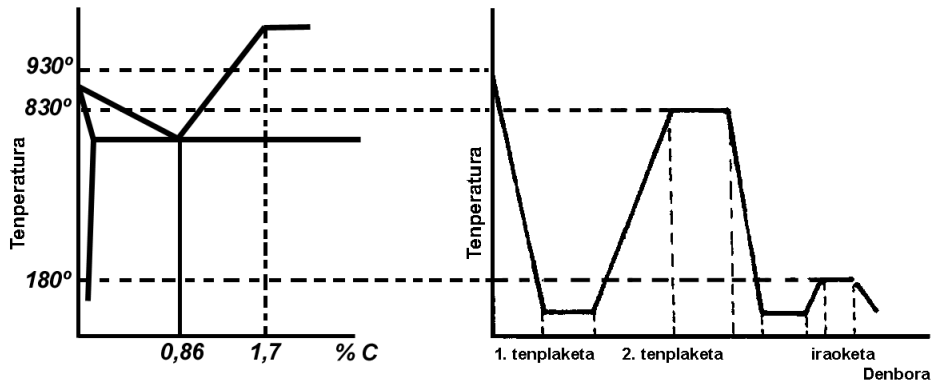
Tenplaketa sinplea piezak nolabait mantso hoztea da, zementazio-tenperaturatik inguruneko tenperaturaraino. Hozte hori kontrolatu egin daiteke, nukleoan egitura egokia lortu ahal izateko.

Ondoren, berriro berotzen dira tenperatura egokian, zeina A_{c3} tik beherakoa (aleazio altuko altzairuak) izan baitaiteke, edo hortik gorakoa (aleazio ertaineko altzairuak, bihotzean erresistentzia handia dutenak: hegazkinetako, autoetako, etab. etako piezak).



4.4. irudia.

Tenplaketa bikoitza piezak nolabait mantso hoztea da, zementazio-tenperaturatik inguruneko tenperaturaraino. Ondoren, nukleoaren tenplaketa-tenperaturan berotzen dira eta ingurunerik egokienean hozten (ura, olioak edo gatz urtuak). Gero, berriro berotzen dira zementatutako geruzaren tenplaketa-tenperaturan, aurrekoarena baino baxuagoan alegia, eta berriro hozten dira ingurunerik egokienean, altzairu-motaren arabera.



4.5. irudia.

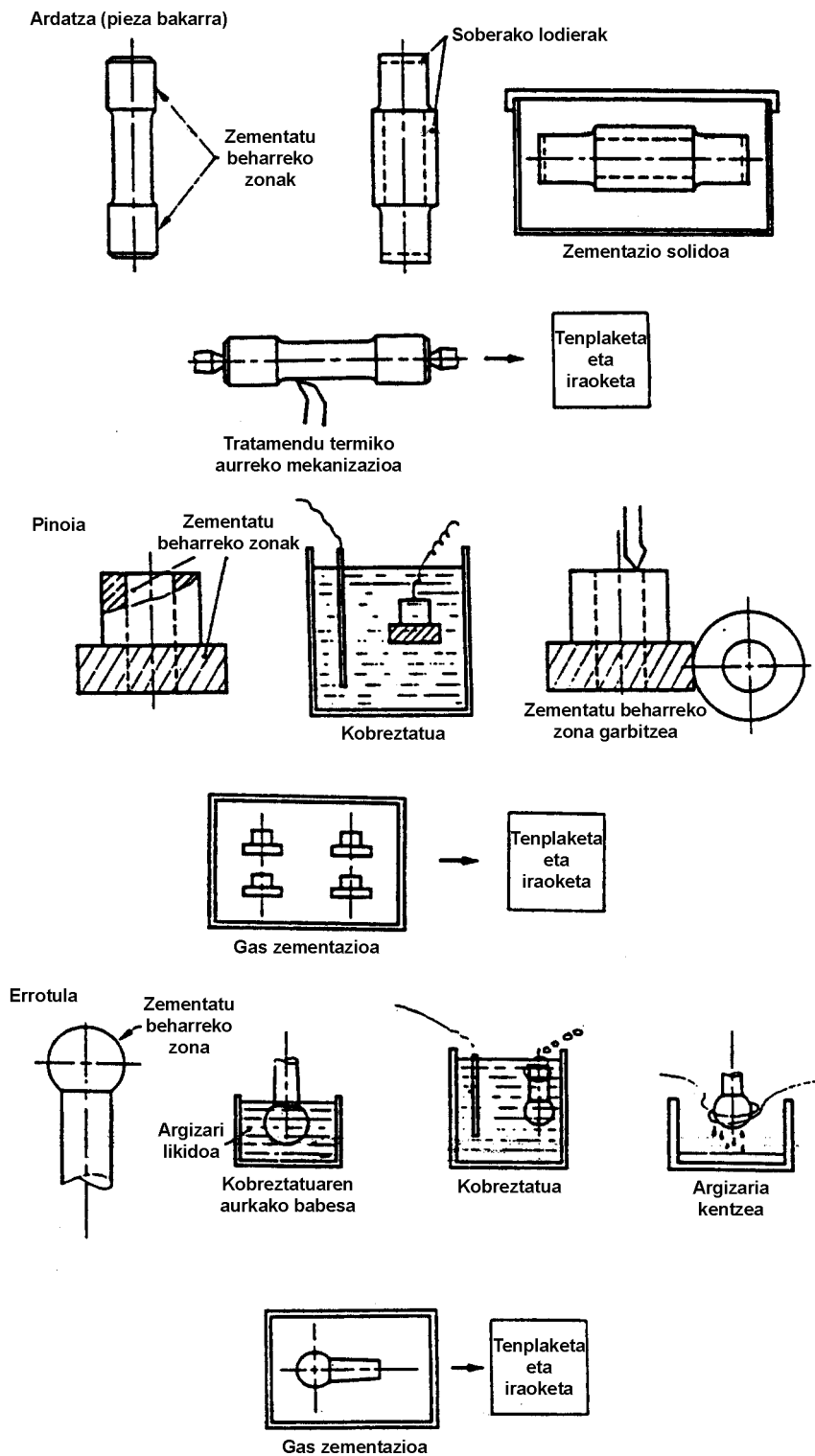
Azkenik, aurreko hiru metodoez tenplatutako piezak temperatura baxuko iraoketa izaten dute (100 °C-tik 250 °C-ra bitartekoa), tenplaketak martensita osatzean sortutako tentsioak murriztearren. Gogortasun-murrizketa ez da nabarmena, 1etik 2HRC-ra bitartekoa gutxi gorabehera.

Zementazioak talkaren aurkako erresistentzia eta zailtasun handia, higaduraren aurkako erresistentzia handiarekin batera, izan behar duten piezetan dauka aplikazioa; horixe da pinoi, espeka, ardatz eta abarren kasua.

Badaude hainbat metodo piezaren zati batean tratamenduak eraginik ez izateko. Horretarako, zati zehatz horiek babesten dira, azal horietan karbonoa sar ez dadin; horrela, ondorengo tenplaketak ez ditu babestu gabeko azaletan izango dituen ondorioak sortuko.

Azal horiek hainbat modutan babesten dira, honela adibidez:

- ✓ Ondoren mekanizatu egingo den gain-lodiera bat utziz.
- ✓ Kobrezko geruza bat aplikatuz,...



4.6. irudia. Zementatu gabeko azalak dituzten piezen adibideak.

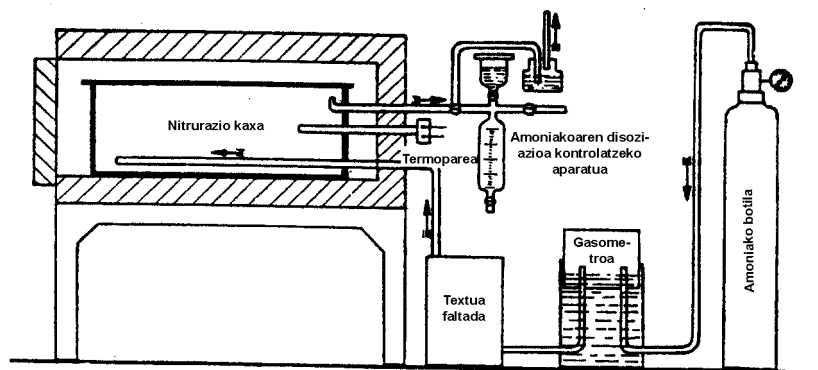
Zementazioan eta tenplaketan kontuan hartu beharreko oso puntu garrantzitsu bat piezen deformazioa da, bi fenomeno-motaren eraginez nagusiki:

- a. Piezen ebakidurako hozte-prozesuaren irregulartasunak; hainbat punturen artean temperatura-alde handiak sortzen dira eta, ondorioz, bolumen-aldeak.
- b. Bolumena handitzea, martensita eta austenitaren bestelako eraldatze-egiturak osatzeagatik.

Bi faktore horien ekintza konbinatuak deformazio handiak eragin ditzake, eta horiek piezak egituratzean sortutako balizko tentsioei eta are zementazioaren aurretik piezek zuten egitura metalurgikoari ere gaineratu behar dizkiegu. Oso garrantzitsua da deformazio horiek aurreikustea, eta batzuetan saihestezinak dira, piezen forma dela-eta.

4.2 Niturazioa

Bere izenak adierazten duenez, piezen azaleko geruza nitrogenoaz aberasten den tratamendu termikoa da. Gehien erabiltzen den definizioa honako hau da: nitrogenoa ematen duen ingurunean irautzea da, nitrogenoz aberastutako azaleko geruza lortzearen. Geruza nituratuak hartutako gogortasuna geruza zementatuarena baino askoz handiagoa da.



4.7.irudia. Niturazio-labea.

Tratamendu hori gas-ingurunean edo ingurune likidoan egin daiteke. “Nitrazio bidezko tenplaketa” eta “nitrazio biguna” termino zaharrak ez dira zuzenak.

Gainera, ez zaio ondorengo tenplaketarik eman behar, baina sartzeko abiadura oso mantsoa da, 0,5 mm 70 orduko tratamenduan.

Niturazioa marruskadura bortitzak eta karga handiak dituzten piezei aplikatzen zaie, hala nola: zilindro-atorrei, errodamendu-pistei, zulagailu-muntaietarako zorro-gidariei, eta abarri.

Normalean, aluminio-altzairuak, herdoilgaitzak eta kromo/nikel-altzairuak nituratzen dira, baina inoiz ez karbono-altzairuak, oso azkar nituratzen baitira eta gogortutako geruza askatu egiten baita.

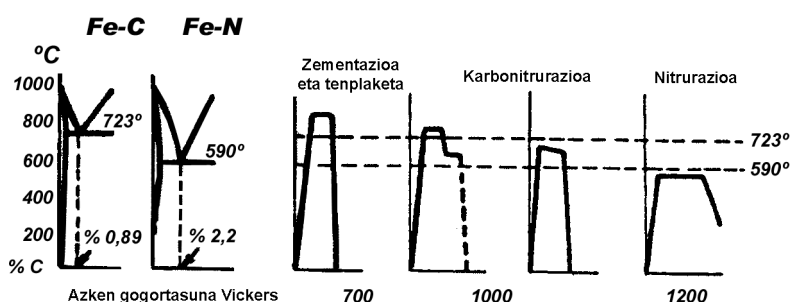
Karboniturazioarekin nahiz sulfokarboniturazioarekin oso lotuta dagoen tratamendu termokimikoa da.

4.3 Karbonitrazioa

Zementazioa azala karbonoaz aberastea eta nitrurazioa nitrogenoaz aberastea den bezalaxe, karbonitrazioa azala karbonoz eta nitrogenoz aldi berean aberastea da.

Piezak tenperatura jakin batean edukitzea da, karbonoa eta nitrogenoa ekar dezakeen ingurune likidoan edo gaseosoan. Karbono-kopuru txikiak zianuro/zianatoko nitrurazio-bainuan mantendutako altzairuan heda daitezke, eta nitrogeno-kopuru txikiak zianuro/kloruroko zementazio-bainuan mantendutako altzairuan heda daitezke.

Nitrogenoak Austenita/Ferrita eraldaketa-kurba tenperatura baxuagoetara mugitzen du. Fenomeno hori hedapena tenperatura baxuagoetara eta, halaber, martensita-eraldaketa lortzeko aprobetxatzen da. Azaleko geruzako karbono- eta nitrogeno-maila handitu egiten da bien aldi bereko ekinagatik.



4.8. irudia. Zementazio-, karbonitrazio- eta nitrurazio-prozesuen eskema.

Geruza karbonitratuak gogortasun handia eta higaduraren eta nekearen aurkako erresistentzia ematen du. Kontaktuan dauden azalen marruskadura-baldintzak hobetzen ditu, itsaspena murriztuz, eta korrosioaren, flexio- edo bihurtura-efortzu txandakatueta nekearen eta presioaren eta talkaren aurkako erresistentziak hobetzen ditu.

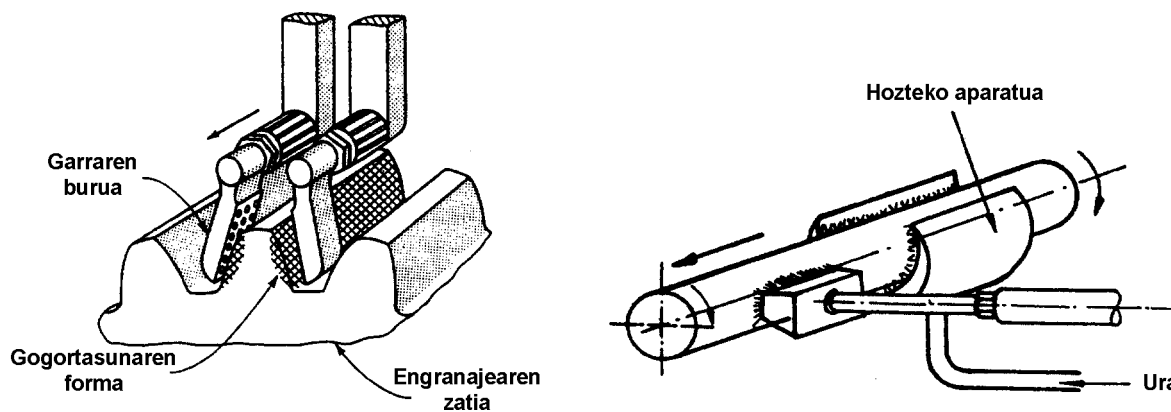
Piezaren deformazioak txikiagoak dira zementazioan baino, tenperatura txikiagoak erabilia. Tratamendu hori ondorengo mekanizaziorik ez duten akabera oneko piezei eman behar zaie, bestela azaleko nitruro-geruza suntsitu egingo bailitzateke.

4.4 Gainazal-tenplaketa

Piezei azaleko gogortasun handia, erresistentzia mekaniko ona eta nukleoko zailtasuna emateko erabiltzen den beste tratamendu termiko bat da.

Tenplaketa oxiazetilenikoa

Altzairuaren azaleko zona bat soilik tenplatzea da, gar oxiazetilenikoaz berotuz eta ondoren tenplaketaren kritikoa baino abiadura handiagoan hoztuz, normalean ur-zorrotadaz, batzuetan aire-korronteaz edo piezak ur- edo olio-depositu batean sartuz egiten bada ere.



4.9. irudia. Sugarra ezartzeko moduak.

Nagusiki % 0,30-% 0,60 karbono duten altzairuei aplikatzen zaie; izan ere, karbono-ehuneko handiagoko altzairuetan azaleko geruza zartzeko arriskua dago. Tenplatutako geruzaren sakonera 1 mm-tik 6 mm-ra bitartekoa izaten da. Sopletearen aitzinapen-abiadura 100 mm minutuko ingurukoa da. Nolanahi ere, abiadura hori beroketarako behar den denboraren araberakoa da, lortu nahi den tenplaketaren sakonera kontuan hartuta.

Indukzio bidezko tenplaketa

Gaur egun erabiliena da. Bere funtsa tenplaketa oxiazetilenikoaren berbera da, baina piezak azalean sugarraz berotu beharrean, maiztasun altuko korronteaz berotzen dira.

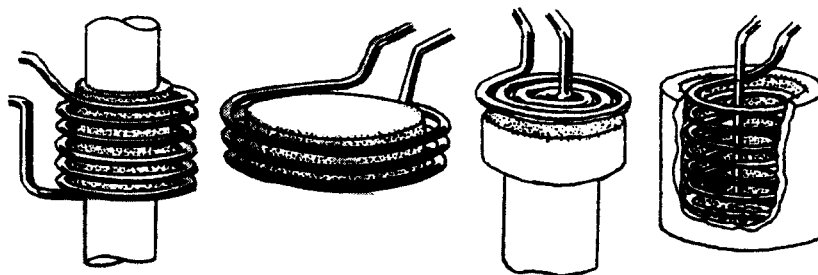
Maiztasun ertaineko edo altuko korronte elektriko alternoa igarotzen den haril bateko nukleo gisa sartutako piezak azaletik berotzea da, eta azkar hoztea.

Korronte alternoa barrualdean gorputz metaliko bat duen hariletik dabilenean, metalean eremu magnetiko alternoa sortzen da, eta metalak bertan beroketa eragiten duen korronte elektrikoa induzitzen du.

Berotze hori piezaren azalean gertatzen da nagusiki, eta segundo gutxitan 1.000 °C-ra irits daiteke.

Barne-koroako zulo batzuetatik ur-zorrotada txiki asko ateratzen zaizkion eraztun batek pieza bat-batean hoztu egiten du, berotu ondoren.

Zona epelaren sakonera graduatu egin daiteke, maiztasuna, potentzia eta berotze-denbora aldatuz.



4.10. irudia. Indukzio bidez berotzea.

Prozedura honek baditu abantaila batzuk:

1. Landu beharreko piezaren berotze mugatua
2. Berotze-denbora laburrak
3. Berotze-zona mugatua
4. Berotze-erregulartasuna, denboraren arabera erregula daitekeena
5. Bero-galera minimoak
6. Oxidazioak eragindako azaleko aldaketa oso txikia

Indukzio bidezko tenplaketarako altzairuen funtsezko baldintzetako bat karbono-edukia da, % 0,35etik % 1,20ra bitartekoa izan behar baitu.

Gogortasuna handitzeak hozien tamainak eta austenita-alearen tamainaren eragina dauka. Hoziri arrotzek lortu beharreko gogortasuna murriz dezakete. Konposizio kimikoaren ikuspuntutik, eragin handia dute Mn, Si, Ni, Mo eta batez ere, V-k, alea haztea eragozten baitu.

Berotze azkarra eta homogeneizatze-denbora laburra kontuan hartuta, temperatura altuagoa erabiltzea komeni da.

Indukzio bidezko tenplaketan erabilitako altzairuek metalikoak ez diren inklusio gutxi, austenita-ale fina eta egitura homogeneoa (gomendatuena hobetze bitartez lortutakoa da) izan beharko dituzte.

Komeni da piezari lasaikuntza-iraoketa egitea (200 °C) tenplaketaren ondoren, pitzadurak saihesteko, batez ere karbono-eduki handiak dituzten altzairuetan eta forma konplikatuak piezetan.

Beste faktore garrantzitsu bat piezen geometria da, hain zuzen ere, tentsioak pilatzeagatik arrailak sor baitaitezke.

4.5 Sursulf-a

SURSULFa kutsagarria ez den gatz-bainuetako nitrurazio-tratamendua da, sufrez aktibatua, $565 \pm 5^\circ$ tenperaturetan egiten dena.

Sufrea sartzen dela-eta, SURSULFak eraginkortasun handiz konpontzen ditu honako arazo hauek:

- ✓ Higadura
- ✓ Aleka hartzea
- ✓ Nekea
- ✓ Korrosioa

Arazo horiek askotan ikusten dira altzairuz edo galdaketaz fabrikatutako pieza mekaniko batzuetan.

Bere ahalmen nitruatzaile handia dela-eta, SURSULFaren bidez gogortasun handiak lortzen dira oso denbora laburrean, eta horrela aplikazio askotan prozedura likidoak eta gaseosoak ordezkatu daitezke, hala nola zianurazioa, nitruazioa edo zementazioa, abantaila tekniko nahiz ekonomiko handiekin.

Prozeduraren konposizioa honako hau da:

- ✓ Litio-gatzak eta produktu sufretuak, zianato- eta karbonato-elementuez gain.

Landu beharreko materialak

- ✓ Karbono-altzairuak
- ✓ Eraikuntza- eta erreminta-altzairuak
- ✓ Altzairu azkarrak
- ✓ Altzairu herdoilgaitzak
- ✓ Burdinurtuak
- ✓ Etab.

LANDUTAKO PIEZEN EZAUGARRIAK

Azaleko gogortasuna:

1. koadroan SURSULF bidez tratatutako piezetan lortutako azaleko gogortasunen adibide batzuk ageri dira.

<i>Tratatutako materialaren nolakotasuna</i>	<i>SURSULF tratamenduaren iraupena</i>	<i>SURSULF tratamenduaren aurretiko batez besteko gogortasuna</i>	<i>SURSULF tratamenduaren ondoko batez besteko gogortasuna</i>
F-114 suberata	1,30 h	180 HV 1	320 HV 1
F-114 tenplatua eta irautua	1,30 h	250 HV 1	420 HV 1
F-114 600 °C-ra tenplatua eta irautua.	1,30 h	340 HV 1	650 HV 1
18-8 herdoilgaitza	1,30 h	230 HV 1	700 HV 1
Grafito esferoidaleko burdinurtua	1,30 h	380 HV 1	740 HV 0,1
42 C D 4	1,30 h	370 HV 1	560 HV 1
	2 h	380 HV 1	600 HV 1
	3 h	400 HV 1	640 HV 1
	4 h	380 HV 1	740 HV 1

4.1. taula.

↳ **Dimentsioen aldaketak**

Prozesuak piezen neurri-aldaketa txiki bat eragiten du (ardatz baten kasuan, adibidez), formarekiko eta tratamenduan zehar duen kokapenarekiko independentea dena; tratatutako piezaren nolakotasunaren arabera da aldakorra (2. koadroa).

<i>Altzairu-mota</i>	<i>Diametroaren handitzea mikratan (ad., ardatz baten kasua, 90 mm tratatua)</i>
F.-125	6 - 8
GL – GS burdinurtua	10 - 12
% 0,38 C % 5 Cr altzairua.	2 - 4

↳ **Azaleko zimurtasunaren aldaketa**

Bere kategoriako gatz-bainuko tratamendu guztietan gertatzen denez, SURSULFak tratatutako piezen azaleko zimurtasuna areagotzeko joera dauka. 3. koadroak zimurtasunaren aldaketa-adibide batzuk ematen ditu, SURSULF tratamenduaren aurretik eta ondoren.

<i>Material-mota</i>	<i>SURSULF tratamendua-ren iraupena</i>	<i>SURSULF tratamenduaren aurretiko zimurtasuna</i>	<i>SURSULF tratamenduaren ondoko zimurtasuna</i>
Burdinurtu gris laminarra	45'	0,8 - 0,9	1 - 1,1
	1 h	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8
F-114 goi-maiztasunez tenplatua	1,30 h	0,15 - 0,20	0,4 - 0,5
	3 h	0,15 - 0,20	0,5 - 0,6
	4 h	0,15 - 0,20	0,5 - 0,6
40 C A D 6-12	3 h	0,3 - 0,4	0,9 - 1,1
17 M C S 5	2 h	0,8 - 0,9	0,6 - 0,7 0,3 - 0,4 eskuilatze metalikoaren ondoren

PIEZEN AURKEZPENA

Normalean, SURSULFaz tratatutako piezek kolore grisa izaten dute:

- ✓ Oso gris argia, tratamenduaren ondoren uretan hoztutako altzairuzko pieza gehienetan.
- ✓ Gris ilunagoa aireaz hoztutako altzairuzko piezetan, edo oliotan itzalitakoetan (burdinurtua eta altzairu herdoilgaitzak).

4.6 Ilunketa

Burdina, eguratsaren eraginpean, kolore gorrixkako geruza hanpatu batez estaltzen da, balio babeslerik gabeko oxido ferrikozko okreaz (Fe₂O₃), alegia. Baina geruza oxido ferroso-ferrikoa (magnetita) denean, kolore beltz ilunekoa, oso iragazgaitza da erreaktibo gaseosoen aurrean, opakua eta itsaskorra. Oxidazioak oxido ferroso-ferrikoa (Fe₃O₄: magnetita) sor dezan, oxido babeslea alegia, honako prozedura hauek erabili behar dira:

Bower-Barff prozedura: garbitu ondoren, altzairuzko piezak 3 orduz 650 °C inguruko tenperaturan berotzea da, ontzi itxi batean, non airea ur-lurrun gainberotuz desplazatzen baita, edota ur-lurrunaren eta bentzenoaren nahasteaz.

Tratamendu horren ondoren, 150 °C-raino hozten da eta tenperatura horretan mantentzen da olioia oxidatzen den arte eta lehenik eratu den oxido ferrikoa oxido ferroso-ferrikoaren forma erresistenteagoan geratzen den arte. Horrela eratutako oxido-geruza beltza da.

Lurrun-faseko magnetita-geruzak sortzeko, industrian erabiltzen den beste prozedura bat altzairua karbono dioxidoko atmosferan oxidatzea da, karbono monoxidoaren ehuneko txikiez.

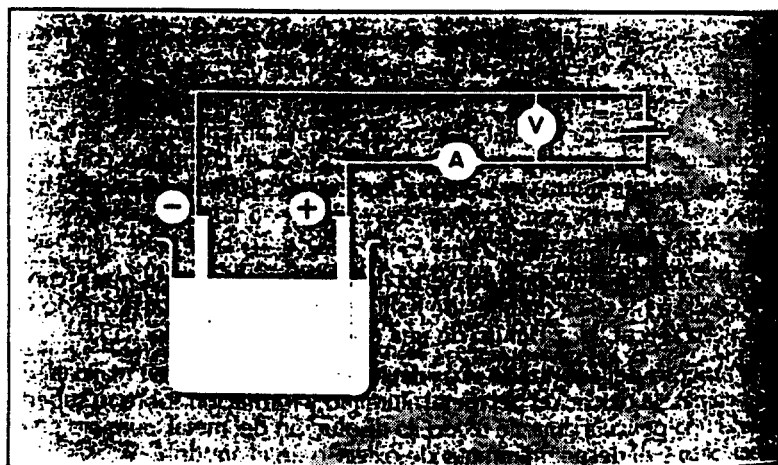
Ilunketaren teknika hiru aplikaziotara mugatzen da:

- ✓ **Altzairu lasterreko piezen akabera.** Magnetita-geruzak pieza hauen bizitza luzatu egiten du.
- ✓ **Hautsen metalurgiaz lortutako piezen babesa.**
- ✓ **Artisautza-piezen dekorazio-akabera.**
 - Damaskinatua
 - Toledoko urrea

4.7 Anodizatua = Aluminioa babestea

Anodizatua gainazaleko tratamendua da, aluminiozko oxido-geruza bat metal beraren azalean artifizialki osatzea. Aplikatutako prozesuaren arabera, metalari funtsezko ezaugarri batzuk ematen dizkio: korrosioaren aurkako erresistentzia, akabera dekoratiboa, propietate dielektrikoak eta mekanikoak.

► Geruza anodikoa lortzeko prozesua



4.11. irudia.

Azido sulfurikoazko (SO_4H_2) elektrolitotik korrante zuzena igarotzean, aluminioa den anodoan, oxigeno berria sortzen da, aluminioa oxidatzean, aluminio oxidozko pelikula batez (alumina) (AL_2O_3) estaltzen duena, gogorra eta gardena, aluminio-substratuari birtizki atxikitzen zaiona.

Lehen uneetatik alumina-geruza jarraitu eta trinkoa osatzen da, korronteari igarotzen uzten ez diona, eta horregatik oztopo-geruza esaten zaio. Geruza horrek ez du zelula hexagonalen erdian erresistentzia handirik azidoen aurrean (alumina amorfoa) eta horregatik elektrolitoaren ekinez pelikula-poroak sortuko dira.

Prozesuan lortutako pelikula anodikoa arras porotsua denez eta xurgapen-ahalmen handikoa, egoera hori poroetan, bide kimikoa, fisikoa edo elektrolitikoa erabiliz, partikula koloratzaile mineralak, organikoak edo metalikoak sartzeko aprobetxatzen da, horrela kolore-sorta handia lortzeko.

Propietate Dielektrikoak, Isolamendu termikoa eta Mekanikoak behar direnean, 20 μ -ko pelikulak gehienetan nahikoa ez direla ikusi zen, eta horregatik beharrezkoa izan zen konbentzionala ez bezalako prozedurak garatzea; horrela, anodizatu gogorraren teknika sortu zen.

► **Anodizatu gogorra lortzeko prozesua**

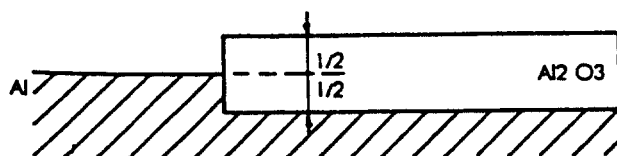
Azido sulfurikozkoa ez bezalakoaz baina oso konposizio konplexuzko elektrolitoez lan eginez, oso temperatura baxuetan (0 °C-tik behera) eta korronte altuagoko dentsitateez, oxido-pelikula oso gogorrak eta oso lodiak lor daitezke, materialari oso propietate dielektriko onak, isolamendu termikoa eta babes mekanikoak ematen dizkietenak.

Aluminioaren azaleko gogortasunak, tratatu eta gero, altzairuarenak bezalakoak eta are handiagoak ere izan daitezke.

Propietateak

Anodizatu gogorrak aplikazio ugari ditu, hala nola:

Kudeatzaile hidraulikoak eta pneumatikoak, zilindroak, balbulak, poleak, galdaketa-modeloak eta balazta-diskoak.



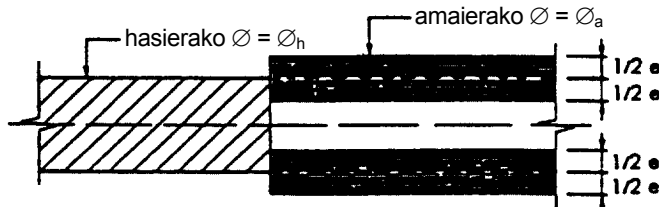
4.12. irudia.

► **Prozesuari datxekion ezaugarria**

Prozesuari datxekion ezaugarri bat, oso kontuan hartzekoa, dimentsioak handitzea da; izan ere, osatutako oxido-geruzaren % 50 sakonean dago eta gainerako % 50 gainjarrita dago.

► Berriz dimentsionatzeko teknika

Kanpo-dimentsioak berreskuratzea

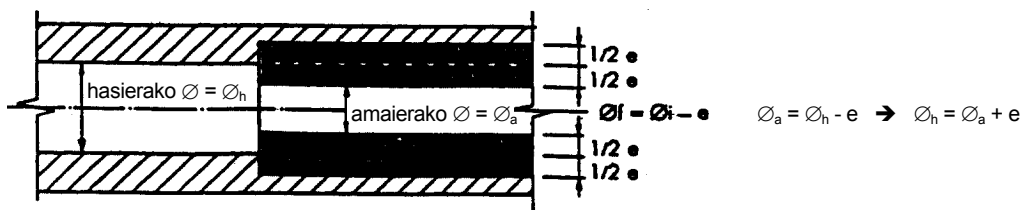


4.13. irudia.

Gutziko hazkundera aplikatutako anodizatu gogorraren lodieraren berdina da

$$\varnothing_a = \varnothing_h + e \rightarrow \varnothing_h = \varnothing_a - e$$

► Barne-dimentsioak berreskuratzea



4.14. irudia.

$$e \text{ max } \cong 150 \mu = 0,15 \text{ mm}$$

4.8 Estaldurak

Metalen estaldurak material-geruza mehe bat dira, metal bat edo aleazio bat, ebakidura handikoa normalean, estaltzen dutenak.

Estaldurak oinarrizko metalak ez duen eta nahi dugun gainazal-proprietateren bat lortzeko aplikatzen dira.

Estaldurak azalari lotutako propietateetan dauka eragina, hala nola:

- ✓ Korrosioaren aurkako erresistentzian
- ✓ Urraduraren aurkako erresistentzian
- ✓ Marruskadura-koefizientean
- ✓ Soldagarritasunean
- ✓ Kolorean
- ✓ Islakortasunean

Metalen estaldurak substratuarekin duen itsaspenean oinarritzen dira. Hori kontuan hartuta, erraz ulertzen da azalean dagoen materialek estalduran eta akaberan ere akatsak eragingo dituela.

Ezpurutasun solidoak estaldurarena baino lehenagoko etaparen batean sortu ahal izan dira, hala nola:

- ✓ Fabrikazioan
- ✓ Biltegitratzean
- ✓ Erabileran

Ezpurutasunak *organikoak eta ez-organikoak* izan daitezke.

▶ **Ezpurutasun organikoak**

Konformatze-eragiketetan, tratamendu termikoan, pinturetan eta bernizetan erabilitako lubrifika-tzaileen hondakin gisa ager daitezke.

▶ **Ezpurutasun ez-organikoak**

Tratamendu termikoek eta halaber korrosio-prozesuek sortutako oxidoek, hidroxidoek eta karburoek eragindakoak.

Gainazal bat egokitzeko jarraitu behar den prozesuak funtsezko bi etapa ditu:

- ✓ Deskoipeztatzea
- ✓ Desugertzea

▶ **Deskoipeztatzea**

Deskoipeztatzea azaletik ezpurutasun organikoak ezabatzeko erabiltzen den prozedura da.

Erabilitako tratamenduaren arabera, honela sailkatzen da:

- ✓ *Pirogenazioa*: Produktu organikoen errekuntza, honako hauek erabiliz:
 - Zuzeneko sugarra azalean
 - Zuzenean murgiltzea metal galdatuzko bainuan
 - Sendzimir prozesua
- ✓ *Disolbatzaile organikoak*: Produktu koipetsu batzuek disolbatzaile organikoetan duten disolbagarritasuna. Indar txikietan erabiltzen da. Gehien erabiltzen diren disolbatzaileak hauek dira:
 - Trikloroetilenoa
 - Perkloroetilenoa

Deskoipeztatze-prozesua, disolbatzaile-motaren arabera, honela sailkatzen da:

- Lurrun-fasea
- Fase likidoa
- Fase mistoa
- Proiektzioa

Animalia-jatorriko koipeak eta olioak deskoipeztatzeko, **ingurune alkalinoak** erabiltzen dira.

Funtsa emultsioan dago, koipeetarako itsaspenean. Ingurune alkalinoak koipeak inguratzen ditu, eta ura biziki xurgatzen duen kanpo-geruza sortzen du. Trefilaketa-industria batzuetan eta antzekoetan, ingurune alkalinoan permanganato potasikoaz egiten den deskoipeztatzea erabiltzen da.

► **Desugertzea**

Hondakin koipetsuak piezaren azaletik kenduta, oxido metalikoak desugerketaren bitartez ezabatzeari ekingo diogu.

Hori honako metodo hauen bitartez egin daiteke:

- ✓ Kimikoa
- ✓ Mekanikoa

Burdinak eta oxigenoak:

- ✓ Inguruneko tenperaturan eta ingurune hezeetan:
Oxido ferrikoa edo kolore nabarreko hematitak (Fe_2O_3).
- ✓ Tenperatura altuan, baina 560 °C-tik behera, eta oxigeno nahikoaz:
Kolore beltzeko oxido ferroso-ferrikoaren edo magnetitaren eta hematien nahastea.
- ✓ 560 °C-tik gorako tenperaturetan oxido ferrosoa (FeO) lortzen da, zalamina izenez ezagutua.

Desugerketa kimikoa

Oxido horiek kimikoki honako hauen bitartez ezabatzen dira:

- ✓ Ur-disoluzioaz
 - Ingurune azidoa: azido ez-organikoak: (azido klorhidrikoa eta azido sulfurikoa)
 - Ingurune basikoa
- ✓ Desugerketa elektrokimikoaz
 - Desoxidatu beharreko materialak bainu elektrolitiko bateko anodo edo katodo gisa jokatzen du.
- ✓ Gatz urtuez

Desugerketa mekanikoa

Oxidoa alde zuzenetik deskoipeztatzea beharrezkoa ez den prozedura mekanikoez ezaba daiteke.

Azaleko oxidoaren garapenaren arabera, ezabatzeko honako hauek aplikatuko dira:

- ✓ Desugerketa mekanikoa
 - Harri urratzaileak
 - Hainbat urratzailez, hala nola korindoi, carborunduma, pomiz harri eta abarrez inpregnaturiko feldroak
 - Feldroak
- ✓ Hondar-jaurtiketa

- Hotzean lan egiteko metodoa, non azaleko oxidoaren pelikula metalaren azalerantz abiadura handian gidatutako partikulek daramaten energiaren bidez ezabatzen baita.

Desurgertzeko ahalmena izateaz gain, hondar-jaurtiketak:

- Nekearen aurkako erresistentzia areagotzen du.
- Tentsioak ezabatzen laguntzen du.
- Ondorengo itsaspena hobetzen du.

Partikulak hondar silizeo, pomiz harri, sukharri-kuartzo, alumina, silize, zepa eta abarrezkoak izan daitezke.

- ✓ Granailatzea

Azaleko oxidoa perdigo- edo granaila-zorrotdaz ezabatzea. Granailatzeko perdigoak normalean altzairuzkoak edo galdaketazkoak izaten dira eta, tamainaren arabera, perdigoia zenbakiz izendatzen da.

Korrosioaren aurkako babesa

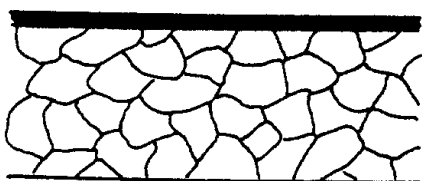
► **Idea orokorrak**

Korrosioa gorputz solido batek bere inguruneko (gaseosoa edo likidoa) eragin kimiko, elektrokimiko edo fisikoen ondorioz jasandako narriadura-prozesuen multzoa da.

Korrosio horrek pisu-murrizketa, azalaren alterazioa eta propietate mekanikoak ahultzea eragiten ditu.

Hiru korrosio-mota bereizten dira.

Korrosio uniforme

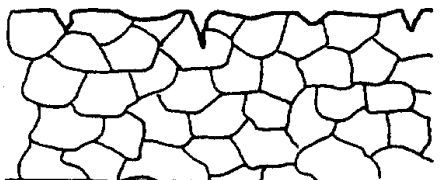


4.15. irudia.

Oxidoa erregulartasunez eta uniformeki hedatzen da metalean.

Korrosio kokatua

Horrelako korrosioak metalaren deformazio-ahalmenean eragiten du batez ere.



4.16. irudia.

Erasoa mutur-itxuran agertzen da (ad. Burdinari itsasoko urak erasotzea).

Alearteko korrosioa

Metalaren barnealdetik hedatzen da, aleen junturen artean bide txikiak eginez. Formarik arriskutsuena da, kohesio guztia suntsi baitezake. Erasandako pieza hautsi egin daiteke esfortzu txikien eraginez, batzuetan azalean alteraziorik ikusi gabe.



4.17. irudia.

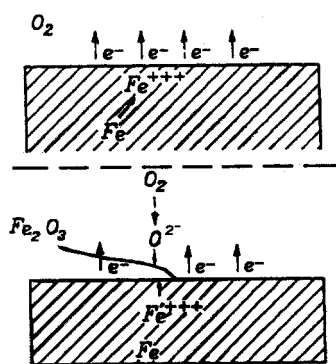
Aleen arteko espazioei hautespen-erasoa eraso selektiboa (karburoen hauspeatzeak altzairu herdoilgaitzen aleen loturetan egiten duenaren kasua).

► **Korrosioaren mekanismoak**

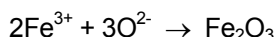
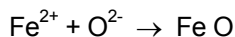
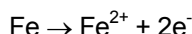
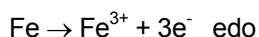
Korrosioaren kausa nagusiak ondoko hauek dira:

- ✓ Metalaren heterogeneotasuna (ezpurutasunak,...).
- ✓ Soldadurak izatea.
- ✓ Azalaren egoera (leunketa zenbaterainokoa den, zuloak, arraiak, makurdura-erradioak).
- ✓ Tratamendu termikoek, kimikoek eta mekanikoek heterogeneotasun hori areagotu egin dezakete.
- ✓ Korrosio-ingurunearen heterogeneotasuna (tenperatura-aldea, pH-rena, kontzentrazioa eta, batez ere, oxigeno-edukia).

Funtsean, korrosioa gertatzen denean, metalak elektroiak galdu egiten ditu, ioi positibo bilakatuz, eta inguruneke anioiekin edo ioi negatiboekin konbinatu egiten da (ohikoena oxigenoa da, eta horregatik dauka oxidazio izena, nahiz eta O-ren ordeztu Cl, S, Br, I edo H izan daitezkeen). Anioiak (ioi negatiboek) metalaren zona horretara joateko joera dutenez, anodo deitzen zaio.



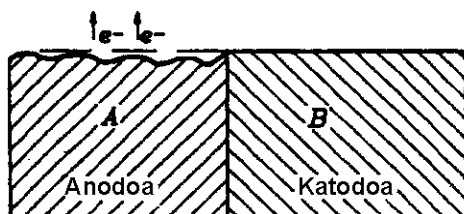
4.18. irudia.



Burdinaren herdoila burdina oxido hidratatua (hezea) besterik ez da.

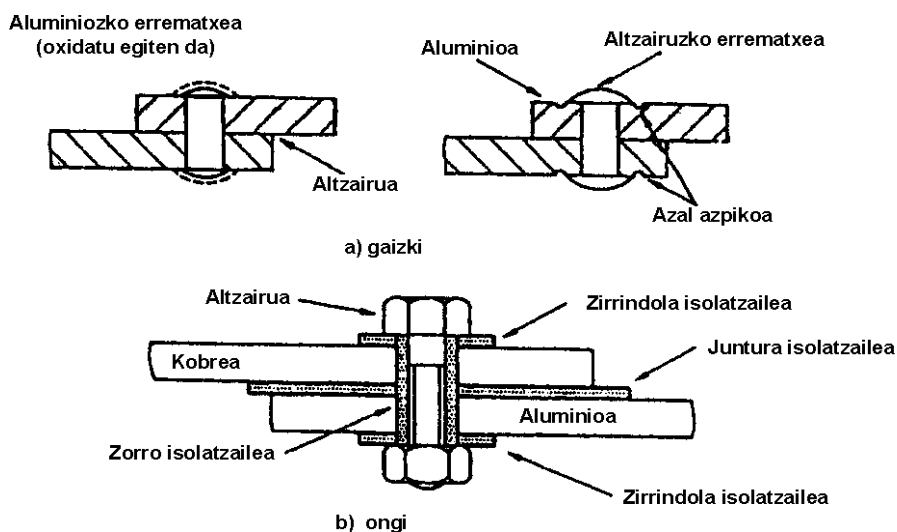
Beste korrosio-mekanismo bat honako hau da:

Bi metal hurbiltzen direnean, gerta liteke pare galvanikoa deitzen dena osatzea. Kasu horretan, metaletako batek besteak baino joera handiagoa dauka elektroiak uzteko (oxidatzeko), **potenzial galvanikoa** deitzen dena, alegia. Potenzial-aldea oso handia bada, metal anodikoak (errazago oxidatzen denak) korrosio azkarragoa izango du, eta bestea, katodoa, babestuta geratuko da.



4.19. irudia. Korrosio galvanikoa.

Hori ez da metal desberdinen artean soilik gertatzen, baizik eta materiala edo ingurune, azaleko marra eta abarretan heterogeneotasun kimikoa dagoenean ere bai.



4.20. irudia. Korrosio galvanikoaren arazoaren adibideak eta beren konponbidea.

► **Korrosioaren aurkako borroka**

Ez dago “metal aldaezinak”, baizik eta korrosioaren aurka duen erresistentzia, erabiliko den baldintza zehatzen araberakoa da.

Korrosioaren aurka borroka egiteko metodorik erabilienak ondoko hauek dira:

Erabili beharreko ingurunean erasotzen ez zaion materiala aukeratzea

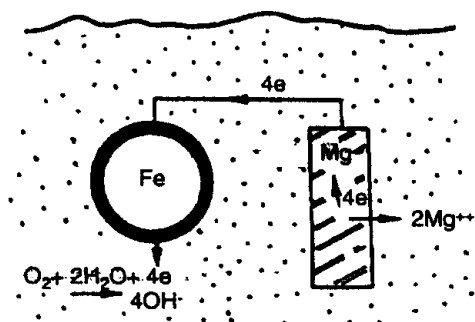
- Material puruak eta oxidazioari aurre egiten diotenak erabiliz (Ni, Pt, W, Ta, Ti, Al,...).
- Piezaren gainerakoaren oxidazioa geldiarazten duen azaleko geruzako oxidoa duten metalak erabiliz: aluminioa, kobrea, kromoa,... Altzairu herdoilgaitzen kasuan, azkar oxidatzen den eta azaleko babes-geruza osatzen duen kromo-kopuru handia izaten dute.

Badaude beste aleazio auto-babesle batzuk ere: kuproaluminioa (Cu-Al), Inconel-a (Ni-Cr-Fe) eta Monel metala (Ni-Cu-Fe-Mn-C).

Askotan garestia izaten den konponbide horren eragozpena, erabilitako materialak eraiki beharreko piezen ezaugarri mekanikoak aldatzea da.

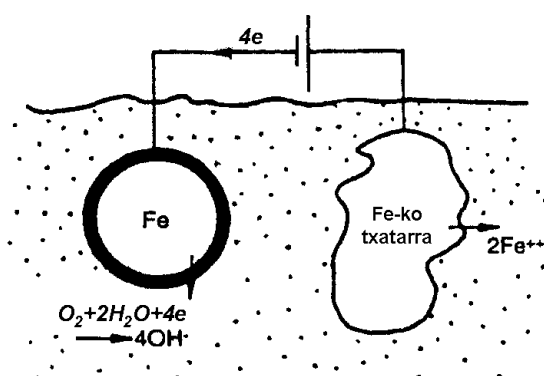
Eraikitako pieza katodikoki babestea

Pieza beste material baten ondoan ezartzea da, metalak katodo gisa joka dezan.



4.21. irudia. Altxairuzko tutua Mg-ko anodo batez babestea.

Batzuetan, zirkuitua elikadura-iturri batera konektatzen da (bateria, sorgailua, ...).



4.22. irudia. Burdinazko tutua babestea.

Korrosioa inhibitzeko eragileak erabiltzea

Korrosioa inhibitzeko eragileak korrosio-ingurunean proportzio txikitik sartzen diren eta, metalaren azalean ezartzen den osagai disolbaezina (sodio fosfatatua, magnesioa,...) osatuz, korrosioa geldiarazten duten substantziak dira.

Ohiko aleazioak korrosioa hedatzea zailtzen duten estalduraz babestea

Piezen azalean aplikatu beharreko estaldurak honako hauek izan daitezke:

- Estaldura metalikoak
- Estaldura ez-organiko ez-metalikoak
- Estaldura organikoak (pinturak)

Oztopo gisa jokatzeaz gain, askotan, estaldura perfektua ez bada ere, metala babesten jarraitzen dute, bai galvanikoki, bai erreakzioa inhibituz.

Estaldura metalikoak

Izaera metalikoa mantentzearen abantaila dute: beroaren eta elektrizitatearen eroaleak dira eta itxura metalikoa gordetzen dute.

Logikoki, ongi babesteko, estaldurak erabat estali behar du metala eta behar adinako lodiera izan.

Estali aurretik, pieza deskoipeztatu egin behar da eta, desugerketaz, herdoila eta mintza ezabatu behar dira.

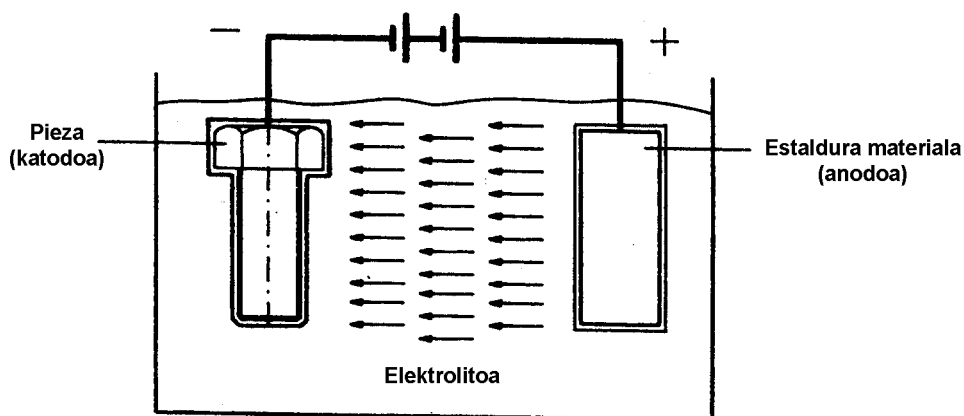
Estaldura metalikoak hainbat prozeduraren bitartez aplika daitezke:

a. Elektrolisi bidez

Metal babeslea eta pieza elektrolito izeneko disoluzioan sartzen dira. Metal babeslea pila baten polo positiboari konektatzen zaio eta pieza negatiboari, eta korrante elektrikoa igaroarazten da.

Metal babeslearen ioi positiboak anodotik ateratzen dira (polo positiboa) eta polo negatiboak (estali beharreko pieza) erakartzen ditu.

Horrela, nikela ezartzen da (nikelatua), kromoa (kromatua) eta kobrea (kobreztatua).



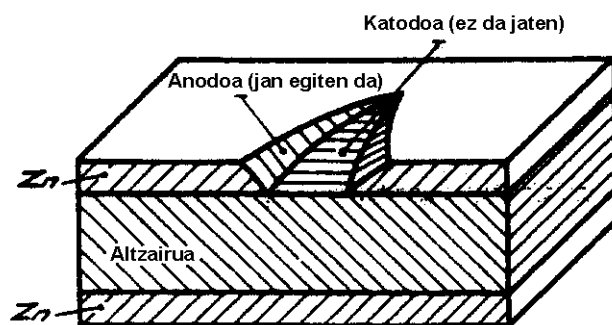
4.23. irudia. Estalketa elektrolitikoaren diagrama.

b. Murgiltze bidezko estaldura

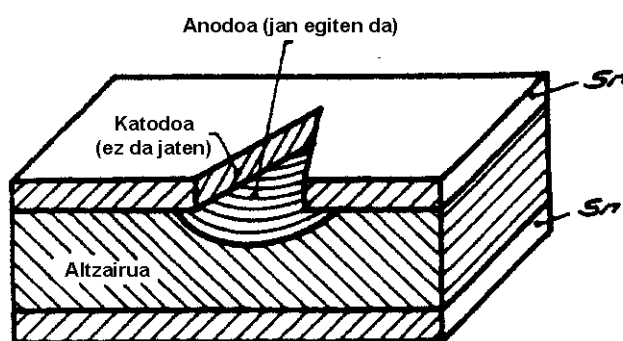
Pieza ur-disoluzio batean edo metal babeslearen gatz urtuetakoan murgiltzen da.

Lodierak txikiak dira, euskarria den metala uniformeki estalita geratzen denean prozesua gelditu egiten baita.

Erabilienak galvanizatua eta eztainuztatzea dira.



Burdina galvanizatua



Latorria

4.24. irudia.

Galvanizatua zinkez estaltzea da, altzairua baino azkarrago jasaten baitu korrosioa, hura babestuz. Sabaietarako txapa artekatuetan, alanbreetan, sukaldeko tresnetan, ur hotzeko tutuetan (ez beroetakoan) erabiltzen da.

Eztainuztatzea eztainuz estaltzea da. Ez da eraginkorra perfektua ez bada (altzairuak baino azkarrago izaten baitu korrosioa), fruituen kontserbetan izan ezik, horien zukuek lehenago erasaten baitiote eztainuari burdinari baino. Sukaldeko tresnetan, kobrezko tutuetan eta kontserba-latetan (latorria) erabiltzen da.

c. Difusio bidezko prozedura

Estdura-metalak lehenik metal nagusiaren edo euskarrikoaren gainean ezartzen da eta gero azken horretan hedatzen da. Horretarako, tenperatura altuak behar izaten dira, eta horregatik prozedura ez da aplikagarria, tratamendu termiko egokiaz, erresistentzia-ezaugarri batzuk hartu dituzten metaletan. Behar diren aparatuengatik, pieza txikiak soilik estal daitezke.

Estdura-metalak: zinka (sherardizazioa), aluminioa (kalorizatua), kromoa (kromizatua) eta silizioa (silikazioa).

Sherardizazioa, forma konplikatu samarreko (sarrailak) altzairuzko pieza txikiak babesteko erabiltzen da.

Kalorizazioak edo aluminazioak, oso temperatura altuan gas sulfurosoen aurka erresistentzia handia duten piezak sortzen ditu (tratamendu termikoetako gatz urtuetarako arragoak, karburazio-kaxak, etab.).

Kromizazioa prozedura garestia da, turbina-ardatzetan erabiltzen dena, eta azido nitrikoaren aurka babesteko.

Altzairu silikatuak, korrosioa ez ezik, higadura ere ongi jasaten dute: autoetako ur-ponpetako ardatzak.

d. Metalizazioa

Metal babesle galdatua piezan lainoztatzen da; ez du instalazio finkorik behar eta pieza txikietan eta handietan aplika daiteke eta lanean bertan, eta baita euskarri ez-metalikoan ere (papera, egurra, larrua, etab.). Metal babeslea zinka, beruna, aluminioa edo altzairu herdoilgaitza izaten da, ponpa hidrauliko, gasometro, itsasontzi eta abarretarako.

e. Xaflaztatzea

Metal noble baten plakak metal euskarriaren aurpegi batez edo biez gainjartzea eta osotasuna ijertzea da. Kobre, letoi, nikel, kobre/nikel eta altzairu herdoilgaitzezko laminez egiten da. Aparatu kimikoetarako, platina bidezko lotura eta abarretarako erabiltzen da.

Estaldura ez-organikoak

Aplikatzeko moduaren arabera, honela sailkatzen dira:

a. Aplikazio sinplekoak (esmaltea)

Esmaltea beira da, hau da, silikato, borato eta aluminatoen nahastea, aurrez deskoipeztatu eta desugertu den metalean ahi moduko bat osatuz aplikatzen dena. Lehortuta, piezak labe batean sartzen dira, non esmaltea urtu egiten baita, geruza babesle beiratu bat osatuz. Sukaldeko tresnetan eta industria kimikoko aparatuetan erabiltzen da.

b. Tratamendu kimikoz edo termokimikoz

- Fosfatazioa, pinturarako azalaren prestaketa gisa eta akabera gisa erabiltzen dena.
- Ilunketa, kolore beltzeko burdinazko oxidoa osatzea da. Altzairu lasterreko erremintetan, apaingarrietan, hautsen metalurgiako piezetan, kanoietan, etab. erabiltzen da.
- Anodizatua, aluminioaren oxidazio behartua, alegia, eta urrea, kobrea, letoia etab. imitatzeke tindatu egin daiteke.

Estaldura organikoak

Ohikoena pintura da. Urarekiko iragazgaitza izatea eta pila galvanikoak osa daitezen eragozteko dira bere abantailak.

Halaber, badaude bernizak, lakak, asfaltoak eta erretxina sintetikoak.

 **Beste zenbait estaldura**

► **PVD estaldurak**

Ebaketa-tresna batean lortu nahi dugun azken helburua bere baliagarritasunak ahalik eta denbora luzeenean irautea da eta, gainera, behar den mekanizatua aplikatzeko birsor daitezkeen errendimendu-nolakotasunak izatea.

Erreminta baten higadurak eragin handia dauka produktibitatean. Krater-higadura eta eraso-higadura azalean gertatzen direnez, erremintak erresistenteagoak egin daitezke Titanio Nitruroz (TN) estaliz.

PVD estaldura Titanioa eta Nitrogenoa Titanio Nitruro gisa ezartzea da, 500 °C-tik beherako tenperaturetan. Ezarritako geruzak 1µ-tik 4 µ-ra bitarteko lodiera dauka (Balzers-ek garatutako prozesua, BALINIT deitua). Estaldura horren abantailak itsaspen ona eta geruzaren zimurtasun baxua dira.

Estaldura-motak

BALINIT A: Titanio Nitruroa (TiN) dena, 2300 Hv-ko mikrogogortasunaz.

BALINIT B: Titanio Karbonitruroa (TiCN) dena, 3000 Hv-ko mikrogogortasunaz.

BALINIT D: Kromo Nitruroa (CrN) dena, 1750 Hv-ko mikrogogortasunaz.

BALINIT H: Titanio Aluminio Nitruroa (TiAlN) dena, 2700 Hv-ko mikrogogortasunaz.

Estali beharreko materialaren edo substratuaren ezaugarriak

- ✓ PVDz estali beharreko piezak metalikoa izan behar du.
- ✓ Erreminta fabrikatzeko altzairuen iraoketa-tenperaturak 500 °C-tik gorakoa izan behar du.
- ✓ Soldadurarako ekarpen-materialek ez dute kadmiorik (ez eta zinkik ere) eduki behar. Ekarpen-materialaren urtze-puntuak 600 °C-tik gorakoa izan behar du eta soldadurak ez du hurrupadurarik ez eta urtugarrien hondarrik izan behar.
- ✓ Estali beharreko erremintaren materialaren gogortasunak, gutxienez, piezak estaldurarik gabe izango lukeena adinakoa izan behar du.
- ✓ Barne-zuloak zuloaren diametroa adinakoa sakontasuneraino edo areago estal daitezke.

Estali beharreko piezen azalaren egoera

Estalitako erreminten errendimendua hainbat eta handiagoa da azal funtzionalen zimurtasuna zenbat eta txikiagoa izan. Estaldurak ez du azalaren zimurtasuna aldatzen.

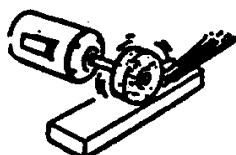
► **Metal gogorra kargatzea**

Metal gogorra kargatzea higaduraren aurrean erresistentea den aleazioa, soldaduraz, alderdi metaliko batean ezartzeko prozesua da, urraduraz, inpaktuaz, tenperaturaz, korrosioaz edota faktore horien konbinazioaz gertatutako higaduraren aurkako erresistentzia duen azala sortzeko.

✓ **Higadura-motak**

Urradura

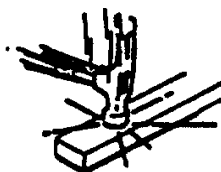
- Ekintza esmerilatzailea da, solido urratzaile labainkorrek azal baten aurka igurtziz eta leunduz eragindakoa.



4.25. irudia.

Talka

- Azal bat kolpatzeko ekintza da, eta ondorioz haustura edo pixkanakako narriadura gertatzea.



4.26. irudia.

Beroa

- Ekintza honek tratamendu termikoz gogortutako egituretan eragina dauka, bigundu egiten baititu; horrek gogortasuna eta hauskortasuna areagotzen duten fase-aldaketak eragin ditzake, eta eraso kimikoa azkartu egin dezake, oxidazioa eta esfoliazioa adibidez.



4.27. irudia.

Korrosioa

- Metala ingurunearekin izandako erreakzio kimiko edo elektrokimiko baten ondorioz narriatzea da.



4.28. irudia.

✓ **Metal gogorra kargatzeko aleazioen sailkapena**

Erraz eta egoki ulertzeko, Stoody-ren aleazioak bost multzotan sailkatuta daude.

Berreraikitze-materialak

Multzo honek burdina oinarri duten aleazioak jasotzen ditu, estaldura gogorra aplikatu aurretik alde bat berreraikitze edo jatorrizko dimentsioetara hurbiltzeko erabiltzen direnak. Burdin oinarriko aleazio horiek mekanizagarriak dira eta gogortasunaren eta erresistentziaren konbinazio ona eskaintzen dute, tratamendu termikoaren beharrik gabe. Berreraikitze-material austenitikoak ere aplika daitezke Hadfield altzairu austenitikoak jatorrizko dimentsioetara lehengoratzeko.

Aleazio baxuko materialak

Multzo honetan % 20tik beherako aleazio-elementuen ehunekoa duten burdin oinarriko aleazioak sartzen dira. Elementu horietan kromoa, manganesoa, silizioa eta molibdenoa daude. Beren gogortasun-esparrua 45etik 60ra bitarteko Rockwell C da. Material horietako asko forjagarriak dira eta, batzuk, mekanizagarriak. Normalean, talka moderatu/bortitzarekin batera urradura bidezko higadura-arazoak dauden aplikazioetarako gomendatzen da, edota materialaren kostu baxua faktore nagusia denetarako. Adibide bat traktore baten bastidore-kargatzea da.

Aleazio altuko materialak

Multzo honetan % 20tik gorako aleazio-elementuen ehunekoa duten materialak sartzen dira. Elementu horietan kromoa, manganesoa, silizioa, molibdenoa, nikela, banadioa, boroa eta zirkonioa daude. Beren gogortasun-eskala 54tik 60ra bitarteko Rockwell C da, eta normalean inpaktu arin/moderatuarekin batera urradura larria dagoen aplikazioetarako gomendatzen da, edota konpresio-karga altuetarako.

Burdinazkoak ez diren aleazioak

Multzo honetan oinarria kobaltozkoa eta nikelzkoa duten aleazioak sartzen dira, eta normalean tenperatura altua edo/eta urradurarekin eta talkarekin batera korrosioa dagoen aplikazioetan erabiltzen da. Deposituek, halaber, babes-azal ezin hobeak dira, zanbroaren aurka dituzten propietateak direla-eta.

Tungsteno karburozko produktuak

Multzo honetan hainbat formatako tungsteno galdatuzko karburoa daukagu (Borium sorta) eta lurra mugitzeko ekipoetan urradura bidezko higaduraren aurkako erresistentzia handiko deposituak eta ebaketa-eraginkortasun handikoak lortzen dira.

5 GALDERAK

1. Zertarako egiten dira tratamendu termikoak?
2. Defini ezazu aldaketa alotropikoa.
3. Altzairuaren eta burdinurtuaren arteko desberdintasuna.
4. Zer dira zementita eta perlita?
5. Zergatik burdina/karbonoa diagrama ez da % 100 C-ra iristen?

6. Burdina/karbonoa diagramaren eutektikoaren konposizioa.

7. Zein tenperaturatan hasten da eta amaitzen da solidotzea honako karbono-ehuneko hauek dituzten aleazioetan:

- % 0,5 C
- % 1 C
- % 1,5 C
- % 2,5 C
- % 4 C
- % 5C

Altzairuak ala burdinurtuak dira?

8. Zein da urtze-punturik txikiena duen burdin aleazioaren konposizioa? Altzairua ala burdinurtua da? Zein dira bere osagarriak?

9. Eutektikoaren eta eutektoidearen arteko desberdintasuna.

10. Zer da altzairu hipoeutektoidea? Eta hipereutktoidea?

11. Honako puntu hauen tenperatura eta konposizioa:

- Eutektikoa
- Eutektoidea
- Peritektikoa

12. Zein tenperaturatan eraldatzen da honako altzairu hauetarako austenita:

- % 0,5 C
- % 1 C
- % 1,5 C

eta zer bihurtzen da?

13. Aleazio bat 1500 °C-tik inguruneko temperaturaraino hozten da. Zeintzuk dira gertatzen diren eraldaketak eta zein temperaturatan, aleazioaren konposizioa honako hau bada:

- % 0,1C
- % 0,5 C
- % 0,8 C
- % 1 C
- % 1,2 C
- % 1,7 C
- % 2,3 C
- % 3 C
- % 4 C
- % 4,3 C
- % 5 C
- % 6 C

14. Zer da tratamendu termikoa?

15. Egin al daiteke % 0,9 C-ko altzairua % 0,8 C-koa bihurtzen duen tratamendu termikorik?

16. Eta austenita perlita bilakatzen duenik?

17. Adierazi tratamendu termiko nagusiak eta zertan dautzan.

18. Zertarako tenplätzen dira piezak?

19. Zertarako irautzen dira piezak?

20. Beroketa-abiadurak duen garrantzia.

21. Piezaren tamainak beroketa-abiaduran duen eragina.

22. Defini ezazu normalizatua.

23. Zertarako balio du suberaketak?

24. Zertarako egiten dira:

- Suberaketa osoa
- Suberaketa globularra
- Biguntze-suberaketa
- Garraztasunaren aurkako suberaketa
- Egonkortze-suberaketa

25. Zerk bereizten ditu suberaketa isotermikoa eta normala?

26. Altzairu hipoeutektoiden tenplaketan zergatik berotzen da Ac3-ren gainetik eta hipereutektoidenetan azpitik?

27. Zer da tenplaketa-abiadura kritikoa?

28. Errazagoa ala zailagoa da pieza handi bat tenplatzea? Zergatik?

29. % 0,005 boro duen altzairua hobeto ala okerrago tenplatzen da?

30. Alearen tamainak tenplaketan duen eragina.

31. Zeintzuk dira erabiltzen diren tenplaketa-baliabideak?

32. Zergatik ez da beti komeni uretan tenplatzea?

33. Zertarako egiten dira tenplaketa etenak bi ingurune desberdinetan?

34. Zein da tenplaketa normalaren eta martempering-aren arteko desberdintasuna?

35. Austempering delakoaren abantailak.

36. Zein tratamenduri dagozkio ondoko irudi hauek?

37. Zertarako irautzen dira altzairu tenplatuak?

38. Zein dira tenplatzean hobetzen diren ezaugarriak?

39. Zein okerragotzen dira?

40. Zenbat fase ditu pieza baten tenplaketak?

41. Iraotzen al da tenplatu gabeko altzairua?

42. Altzairu bat 350 °C-an irautzen da. Altzairua gogortu ala bigundu egiten da?

43. Arazoak sortzen al ditu pieza handi baten iraketak?

44. 350 °C-ra iraututako altzairua, hauskorragoa ala zailagoa al da?

45. Altzairuak bigundu ala gogortu egiten al dira iraoztean? Denak?

46. Zergatik egiten dira iraoketa bikoitzak eta hirukoitzak? Zein altzairutan egiten dira?

47. Zergatik tenplatzen da altzairu bat gero iraotu egingo bada?

48. Zer da tenplagarritasuna?

49. Altzairu baten konposizioa (% C) jakinda, nola jakin dezakegu bere martensita-ehunekoa?

50. 32 mm-ko piezak bere erdigunean % 60 martensita dauka. Bere diametro kritikoa 20 mm-koa baino handiagoa ala txikiagoa da?

51. Azaldu Jominy entsegua.

52. Engranaje baten azala gogortu nahi dugu, nukleoa zail mantenduz. Zein tratamendu gomendatuko zenuke?

53. Zergatik gogortzen da material zementatua?

54. Gogortzeaz gain, zein eragin dauka zementazioak materialen ezaugarri mekanikoetan?

55. Niturazioak zementazioan dituen abantailak.

56. Zergatik karbonitrurutzen da?

57. Azaleko tenplaketa-motak.

58. Zertarako egiten da azaleko tenplaketa?

59. Zein arazo sortzen ditu korrosioak?

60. Korrosio-motak.

61. Korrosioaren kausak.

62. Konponbideak.

63. Estaldura-motak.

64. Zer da nikelatua?

65. Xafla galvanizatu bat marratzen bada, arazorik sortzen al da?

Zer da arriskutsuagoa, lata baten kanpoko azaleko marra bat, ala barruko azalekoa?

66. Zertan datza xafaztatzea?

67. Estaldura ez-organiko ez-metalikoen motak.

68. Ezagutzen al duzu pieza esmaltaturik?

69. Zer da ilunketa?

70. Zein dira anodizatzen diren materialak?

71. Zer-nolako babes da pintura?

72. Zer da estaldura eta zertarako egiten da?

73. Zein dira pieza bat estali aurretik egin beharreko eragiketak, eta zertarako.

6 BIBLIOGRAFÍA

Conocimiento de materiales

P. Coca y J. Rosique
Ed. Cosmas
Valentzia, 1967

Introducción a la Metalurgia física

S. Avner
Ed. Mc Graw-Hill
Mexiko, 1979

Conocimiento de materiales

J.M. Sánchez-Marín eta J.M. Lasheras
Ed. Donostiarra
Donostia, 1987

Recubrimientos de los metales

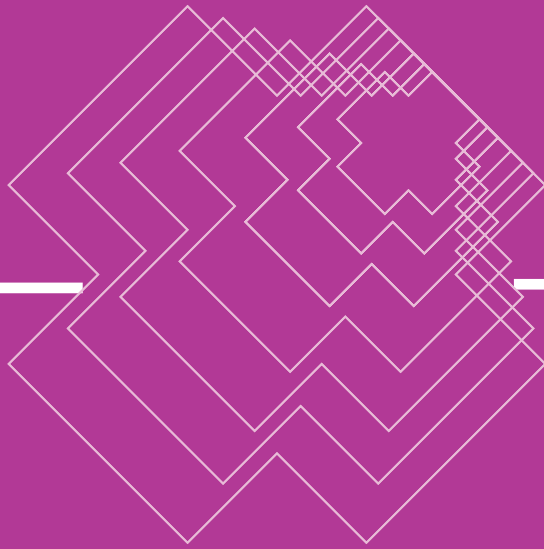
Pere Molera Solá
Ed. Marcombo
Bartzelona, 1989

Tratamientos térmicos de los metales

Pere Molera Solá
Ed. Marcombo
Bartzelona, 1991

Altzairuen diseinurako metalurgia fisikoa

J.M. Rodríguez Ibabe eta J.J. Urcola
Elhuyar-Elkar S.A.
Donostia, 1993



LANBIDE
EKIMENA

