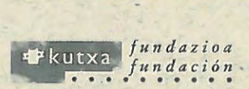
LENBUR
Fundazioa

Gipuzkoako Foru Aldundia
Diputación Foral de Gipuzkoa

LEGAZPIKO UDALA
AYUNTAMIENTO DE LEGAZPI



ALTZAIRUA

Historian zehar nola egin izan den

© **Burdinola.**
Legazpiko Burdin Museoaren Lagunen Elkartea.
64 Postakutxa.
20230 Legazpi (Gipuzkoa).

Lanaren egileak:
Ignacio Arbide Elorza.
Javier Aznar Enériz.
Genaro Rosado Galdos.
José Mª Urcelay Urcelay.

Irudigilea:
Manuel Salmerón Ferrón.

Koordinatzailea:
Jesús Mª Zaldúa Iñurritegui.

Itzulpena:
ELHUYAR ITZULPEN ZERBITZUAK.

ISBN 84-921889-4-4

ZUM *Edizioak*

GLOSARIOA

- *Altzairuzko belaki:* Antzinako siderurgian, zuzeneko metodoaz erredukzioko eta karburazioko eragiketaren amaieran edo zeharkako metodoaz fintzeko eragiketaren amaieran lortzen zen produktua. Altzairuz eta zepaz osaturikoa zen.
- *Arbastaketa:* Oinarrizko produktua lortzeko altzairuzko totxoaz egindako lehen eragiketa.
- *Arrabio:* Labe garaian lortutako produktua. Batez ere burdina (% 90 - 95), karbonoa (%3 - 4,8), silizioa (%2,5eraino) eta beste zenbait elementu ditu.
- *Berotze:* Burdina, gero lantzeko edo soldatzeko, berotuta goritzea da.
- *Birkarburazio:* Karbono-edukia handiagotzeko eragiketa.
- *Burdinurtu nodular:* Tratamendu egokiari esker karbonoa grafitozko esfera edo "nodulutan" kontzentraturik duen burdinurtua. Altzairuaren ezaugarri berdintsuak ditu.
- *Burdinurtu:* Karbono-ehuneko handiko burdina, findu gabea eta hauskorra.
- *Burruntzi:* Bere mutur batean erreduzitutako burdinaren pikorrak biltzeko burdinazko haga.
- *Defosforazio:* Altzairuari fosforoa kentzeko eragiketa.
- *Dekarburazio:* Arrabioak edo altzairuak duen karbono-edukia txikiagotzea.
- *Desulfurazio:* Altzairuko sufre-edukia txikiagotzeko eragiketa.
- *Erredukzio:* Substantzia bateko (kasu honetan burdin meako) oxigenoa kentzeko erreakzio kimikoa.
- *Gabi:* Gurpil hidraulikoaz eragindako espeka-ardatzak mugitutako mailu oszilatzailea. Metalak forjatzeko erabiltzen zen. Gaur egun ere erabiltzen da gabia, baina energia elektrikoaz eraginda.
- *Haizebide*: Labeari horman egin zaion irekidura; hortik sartzen da hauspoek ufatutako airea.
- *Totxo:* Altzairuzko piezak egiteko prozesuan, tarteko produktua. Altzairuzko belakia, forjaketaz, totxo bihurtzen zen; totxoa berriz forjatuta, azken produktua lortzen zen.
- *Harriz lantze:* Tresnaren gainazala garbitzeko, ertz bizia lortzeko edo zimurrak kentzeko esmeril-harriaz egiten den lana.
- *Hauspotzarrak:* Ur-hauspoak (uraren indarrak bultzatuak).
- *Indukzio-labe:* Korronte elektrikoak induzitutako energia aprobetxatuz altzairua lortzeko instalazioa.
- *Isurketa:* Gero solidotu dadin altzairu likidoa moldetan uztea.
- *Karburazio:* Burdinan edo altzairuan karbono-edukia handiagotzea.

1/ Bessemer bihurgailua 29
2/ Prozesua 30
3/ Fosforoa daukaten meentzako konponbide berria 30

C/ Martín Siemens prozedura 31

II. ALTZAIRUA EGITEKO EGUNGO PROZESUAK 31

A/ Energia elektrikoa bero-energiatzat erabiltzea 32
1/ Instalazioa 32
2/ Fabrikazio-prozesua: urtze-fasea 32
3/ Metalurgia sekundarioa 33
4/ Lantzeko prozesua 33

B/ LD bihurgailua 35
1/ Prozesuaren helburua 36

C/ Azken prozesua: altzairua isurtzea 36
1/ Moldetako isurketa 37
2/ Lingote-ontzietako isurketa 37
3/ Isurketa jarraitua 38
4/ Isurketa jarraituaren abantailak 39

ALTZAIRUAREN ERABILERA BATZUK

I. ARMAK EGITEA 41

A/ Ezpatak egiteko trebetasuna 41
B/ Armadurak 43

II. TRESNAK ETA ERREMINTAK EGITEA 45

III. ALTZAIRUAREN ERABILERA HEDATZEA 45

IV. ALTZAIRUEN SAILKAPENA 47

A/ Eraikuntza-altzairuak 47
B/ Erreminta-altzairuak 47

GLOSARIOA 48

BIBLIOGRAFIA 50

IV. ALTZAIRUEN SAILKAPENA.

Erabileraren arabera, bi multzo handitan banatzen dira altzairuak:

A/ Eraikuntza-altzairuak.

Multzo horretako altzairuek % 0,50 baino karbono gutxiago eduki ohi dute oro har, eta aleazio-osagai aukera zabal bat, % 3tik beherakoa ia beti, gaitasun jakin batzuk indartzeko. Adibidetzat kromo-molibdeno-altzairuak aipatuko ditugu; guztiz estimatuak dira makinen piezak egiteko, tenplatzeko orduan duten egokitasunagatik; edo silizio-altzairuak, arras gomendagarriak, zinez, malgukiak, baleztak eta malgutasun handiko gauzakiak egin nahi badira.

Nekez herdoiltzen den pieza egin nahi delarik, kromo- eta nikel-maila handiko (% 20) altzairuak erabiltzen dira. "Altzairu herdoilgaitzak" deritzan familia hori izugarri erabiltzen da mahai-tresnerian, kirurgia-tresnerian eta halakoetan, eta berdin esne-zentraletan, sukalde industrialetan eta antzekoetan.

B/ Erreminta-altzairuak.

Kasu horretan, gogortasuna da eskatzen den gaitasun nagusia, zeren altzairu horietaz egindako tresnek gai izan behar baitute beste gai bigunago batzuk lantzeko, dela txirbila erauziz (torneatzea, fresatzea, etab.), dela beroko deformazioan (forjatzea, estanpatzea, etab.), dela hotzekoan (enbutitzea). Altzairu horien karbono-edukia % 1erainokoa izan ohi da, eta aleazio-osagaiak dezente aldatzen dira aurreko multzokoetatik, oso bestelako gaitasunak iritsi behar baitira; adibidez, % 5eko tungsteno-kopurua eransteak izugarri handitzen du tresna batek tenperatura hagitz berotan lanean jarraitzeko duen gaitasuna.

Aise igar daiteke, noski, altzairuaren erabilera guztiak zehatz-mehatz zerrendatzeak saiakera honek baino askoz leku handiagoa eskatuko lukeela; esan dezagun, haatik, altzairugile guztiek dituztela tratatuak eta katalogoak, eta horietan aurki daitezkeela motak, konposaketak eta iradokizunak, altzairu-erabiltzaile bakoitzak berari komeni zaion altzairu-mota aukera dezan.

Bada xehetasun bitxi bat: Gustave Eiffel egitura metalikoen asmatzaile handiak eta haren jarraitzaileek, XX. mende hastapenean, nahiz eta orduko baziren arestian aipatu ditugun produkzio-instalazioak eta soldadura oxiazetilenikoa eta beste itsaste-teknikak, segurtasun-maila handiagoa nahirik, burdina pudelatua erabili zuten era intentsiboan, eta gai bereko errematxez lotzen zituzten piezak bata bestearekin. Ordukoak dira Parisko Eiffel dorre famatua, Portugaleteko Zubi Esekia, Ormaiztegiko burdinbidezubia eta Euskal Herriko lehen trenbideetako hainbat zubi eta zaldain.

Baina Eiffel jaunak altzairuaren kalitateaz zuen zalantza atarikoa baizik ez zen izan, haren ondotik etorri zen altzairuaren hedatze izugarriarentzat. Hainbestekoa izan da hedatze hori, ze XX. mendeari "Altzairuaren Mendea" deitu baitzaio.

Mende horretan, egia esan, gizakiaren ia jarduera guztietan aurkitzen ditugu gai horren erabilerak. Mantxako kanalaren azpiko tunelaren zulatze-lanetan edo hegazkinik aurreratuenetan dago altzairua; doitasun-makinen puska txikienetan edo herri-lan handienetan; egun, eraikin luze dotoreak egin daitezke, osagai aurreatezatuei edo gero atezatuei esker, eta, horietan, altzairuak egundaino ez bezalako gaitasunak ematen dizkio hormigoiari.

"Eltxoek gurpilak balituzte,
guk errodamenduak egingo genituzke"

TIMKEN

Gai berriak ari dira agertzen; hor ditugu burdinurtu nodularra, titanioa, plastiko eta zuntzez osatutako konposatuak (karbono-zuntza, adibidez) etab., eta horiek altzairua ordezkatzen ari dira, zenbait erabilera tradizionaletan; baina ez dugu uste altzairua gainbehera hasia denik, egungo asmatzaileen asmamen ikaragarriak altzairuarentzat erabilera berriak aurkitzen baititu. Areago, "altzairu berriak" asmatzen dituzte; mikroaleatuak, esaterako, non, beste osagai batzuen (boroa eta) kopuru ñimiño batez, altzairu horien gaitasunak ikusgarriro handitzen baitira.

SARRERA

Inork ez daki, egiazki, nork aurkitu zuen burdina, baina egia da haren historia eta haren ondorengo altzairuarena kulturaren eta zibilizazioaren historiarekin batera doazela.

Burdina da naturako metal ugariena, aluminioaren ondoren. Ez da hutsik egoten, baizik eta beste elementu kimiko batzuekin nahasturik eta mineralak sortzen dituela, salbuespen gutxi batzuetan izan ezik.

Burdina huts edo jatorrizko burdina bakarra meteorito batzuetan baino ez dago. Orain mende asko erabili zuen gizakiak burdina hori, antzinako tresna batzuk aztertzean ikusi den legez: tresna haien nikel-maila handia bat dator meteorito ezagun askok daukaten nikel-mailarekin. Aitzitik, gizakiak antzinako burdinoletako edozein metodoz ateratzen zuen burdina ia nikelik gabea zen.

Baina ezusteko burdina horretaz kanpo, Burdinaren benetako Aroa gure arbasoek hura burdin meetatik ateratzen ikasi zutenean hasten da. Hori Brontze Arotik hain luzarora edo berandu hasi izana, berriz, burdina garbiaren urtze-puntua oso altua delako gerta zitekeen. Hala ere, gure arbasoak ederki moldatu ziren, eta labe apal sinple batzuen bidez lortzen zuten burdina: mearen zuzeneko erredukzioa egiten zuten, hura egur-ikatzez inguratu eta egur-ikatza errez.

Ikatza erretzea bizkortzeko zeuden metodo oinarrizkoek ez zuten uzten metal erreduzitua urtzeko adinako tenperatura lortzen, eta burdinaz eta zepaz osatutako gai harro oretsua (agoa) lortzen zuten. Gai hori askotan mailukatu behar zen, gori-gori jarri ondoren, zepak eta ezpurutasunak kentzeko, eta burdina garbiago eta mailukadez gogortuagoa eskuratzen zen. Burdina forjatu gogor eta xaflakorrezko barrak lortzen ziren horrela, altzairu-mota primitiboa baizik ez baitzen.

Handik gerora, antzinako olagizonek, gutxiagoz gehiago produzitu nahi zutenez, labeak hobetzera jo zuten, eta putz egitea hobetzera halaber, erreketa hobe eta osoagoa lortzeko. Haren ondorioz, eta nahi gabe (zalantzarik gabe), gai likidoa eskuratu zuten, eta, solidotutakoan, gai hori gogor eta hauskor zen, eta ezin zen forjatu. Gutxietsi egin zuten, eta ez zekiten zer egin harekin. Astiro-astiro, hasi ziren, ordea, haren balioa aitortzen, zeren, gai likido hori "findutakoan", altzairua lortzeko lehengairik onena bera zela ikusi baitzen, eta handiak ziren prozesu horrek berekin zekartzan abantaila teknikoak eta ekonomikoak.

Ehunka urtez, bi metodoak erabili ziren, eta, beraz, baziren, merkatuan, bai ohiko burdinoletan egindako burdina forjatua (era zaharrean eskuratutako gai oretsu hartatik egina, hots, egoera likidora sekula iritsi gabea) eta bai labe garaiagoetako gai likidoa fintzetik ateratako "altzairua" ere.

1872an, Greiner-ek lehen bereizketa ezarri zuen bi produktu-moten artean:

- **Burdina:** egoera oretsuan ateratzen zutena (labe apaletan eta pudelatze-labeetan egiten zuten).

- **Altzairua:** egoera likidoan ateratzen zutena. Oso xaflakorra zen, eta tenpla zitekeen.

Orain, bereizketa hori ez da beharrezkoa, zeren merkatuan den altzairu guztia egoera likidotik igaroaraziz egina baita.

Zer da altzairua?

Altzairua gai gogorra da; burdinaz eta karbonoz (bigarrena %2 baino gutxiago, normalean) osatua, nagusiki. Beste gai batzuk ere (gehienetan oso neurri txikian) eduki ohi ditu nahasturik: manganesoa, fosforoa, sufrea, silizioa...

Aipatu osagaiak dauzkaten altzairuak "karbono-altzairuak" deitzen dira. Altzairu "aleatu" edo "bereziek", gainera, ondoko osagai hauetako bat edo batzuk dauzkate: nikela, kromoa, molibdenoa, banadioa, kobaltoa, aluminioa. tungstenoa, titanioa...

Karbonoaren eragina.

Karbono-edukia funtsezkoa da altzairuaren ezaugarrietarako. Burdina garbiak 28 kg/mm^2-ko erresistentzia mekanikoa du gutxi gorabehera, eta, beraz, haren erabilera oso mugatua da (aitzurra egiteko, adibidez, 55 kg/mm^2-ko altzairua erabiltzen da; aiztoa egiteko, berriz, 90 kg/mm^2-koa). Karbonoak hobetzen du burdinaren erresistentzia: oro har, karbonozko %0,10 bakoitzeko, erresistentzia 9 kg/mm^2-ko hazten dela esan daiteke.

Gainera, %0,25 baino karbono gehiago daukaten altzairuak tenpla daitezke (hau da, oso tenperatura berotan berotu, eta bat-batean hoztu gero). Horrela, aldatu egiten da haien barruko egitura, eta erresistentzia handia irabazten dute; forjako edo ijezketako beren egoera normalean izango luketena baino askoz handiagoa, ezbairik gabe. Erraza da altzairuen sailkapena egitea, haien karbono-edukiaren arabera:

Karbonoa (%)	Gogortasuna	Tenpleaz	Beroko forja
0,2 baino gutxiago	Bigunak	Ez dira gogortzen	Erraza
0,2tik 0,6ra	Erdigogorrak	Gogortzen dira	Aski erraza
0,6tik 1,2ra	Gogorrak	Gogortzen dira	Forjagarriak
1,2tik 2,5era	Gogorrak	Gogortzen dira(*)	Zaila

(*)Berotzen dira tenpleaz, baina aurreko taldekoak baino pittin bat gehixeago bakarrik.

Altzairua bi alditan egitearen prozesuaz ari dela dirudi: lehenengoan arrabioa egiten baitzen, eta, bigarrenean, erredukzio-prozesuari eransten baitzitzaion hura, altzairua bera lortzeko.

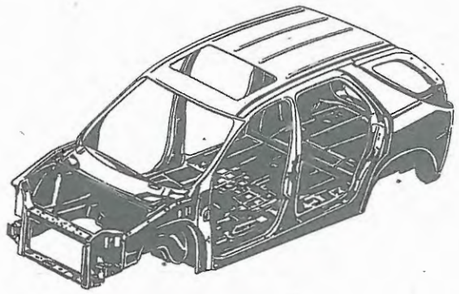
II. TRESNAK ETA ERREMINTAK EGITEA.

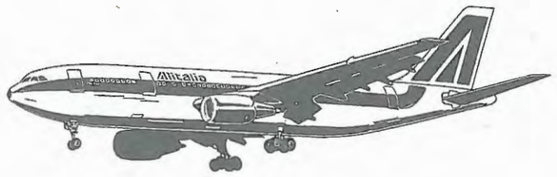
Arlo horrixe egokitzen zaio ongien Alfontso X.ak aipatutako "altzairu altzairatua". Luzeegi joko liguke tresna guztien zerrenda egiteak noski, zeren gremio bakoitzak bere tresneria baitzuen, baina ikusten da tresna horiek burdinatik burdina altzairatura eta altzairura igarotzen direla emeki-emeki.

Basogintzan, kasu, aizkorei, laster, altzairuzko ahoa eransten diete, galdaz soldaturik. Nekazaritzan ere, maiz erabiltzen da teknika hori, igitaiak zuzentzeko eta moletatzeko ingudeetan, eta horrela ari gaitezke ebakitzeko gaitasun handia eta nekazaritzako lan gogorra jasateko zailtasuna behar dituzten tresna guztiez. Beste gremio batzuek ere (urregileek, damaskinatzaileek eta halakoek), altzairuzko eta burdina altzairatuzko tresna ugari erabiltzen dituzte.

III. ALTZAIRUAREN ERABILERA HEDATZEA.

Azkenik, altzairuaren erabileraren bilakaera ukitu behar dugu, eta aitortu beharra dago bilakaera hori astiro joan zela XIX. mendean ongi sartu arte. Garai hartan, ezin konta ahala gauzaki egiten zen altzairuz: era guztietako su-armak, sarrailak, mota orotako blindajeak, etab. Baina altzairuaren erabileraren hedatze handia ez zen heldu gizakia altzairuari propietate edo gaitasun zehatz batzuk emateko gai izan zen arte; hots, altzairuaren karbono-edukia kontrolatzen asmatu arte, edo altzairuaren gaitasun batzuk indartzeko manganesoa, kromoa, molibdenoa, etab. baliatzen ikasi arte, edo Bessemer, Martín Siemens eta halako labeetan altzairu on ugari egiteko gauza izan arte. Une hartantxe has daiteke erabiltzen altzairua egitura metalikoak, industria-nabeak, zubiak, eraikinak, burdinbideak, itsasontziak, beribilak eta hegazkinak egiteko.





Armadurak egiteak, halako baldintza sozioekonomiko jakin batzuk ez ezik, hainbat baliabide ere eskatzen du: burdina, altzairua eta egur-ikatza, alde batetik, eta, gainera, ur-energia nahikoa, gabiei, hauspoei eta produktua akabatzeko makinei eragiteko.

Xaflazko armadura egitea negozio konplexua zen, eta espezialista ugari aritzen zen horretan:

- Forjaria, hark ematen baitzien forma xaflei.
- Leuntzailea, xaflen gainazala leuntzen zuena.
- Akabatzailea, piezak elkarrekin lotzen zituena.

Luxuzko armaduretan, berriz, bozeltze, damaskinatze eta nikeleztatzeko lanek artisau bikainen parte-hartzea eskatzen zuten.

Kalitatezko armaduretan, ardura handia jartzen zen toki ahulenetan metala lodiago izan zedin. Loditasuna ez zen bera izaten, ez pieza guztietan, ez piezaren puntu guztietan. Bular-babesa, esaterako, lodiago izan ohi zen beti, armadura bereko bizkar-babesa baino; baina bular-babes hori ere lodiago zen erdian, bazterretan baino.

Armadura-gainazalaren gogortasuna ere, aldatzen zen ederki; gogortasun handia lortzen zen, adibidez, burdinazko puskak karburatuz eta tenplatuz, baina baita lehengaitzat altzairua erabiliz ere. Horixe egin ohi zuten altzairua eta haren eratorriak egiteko ohitura handia zuten herrietan: Austriako Estirian, edo Gipuzkoako Arrasaten, Bergaran eta Tolosan.

Armaduragintza toki bakan batzuetan zegoen bildurik, eta Italia eta Alemania ziren ekoizle nagusiak.

Italia eta Alemania beren armaduren kalitateagatik oso ezagunak ziren arren, badakigu Gipuzkoako armaduragileei ere eskari handiak egin zizkietela Karlos I.a berak eta haren ama Joanak. Gainera, araudi zorrotza ezarri bide zen, arma eta armaduren kalitatea ziurtatzeko. Izan ere, andre Joanak –arestian aipatutako erregearen amak– agiri bat idatzarazi zuen 1513ko irailaren 20an, eta han ezarri ziren, bai kalitate-arauak, bai haiek betetzen zirela egiaztatzeko ikuskatzailea ere.

Ikus dezagun paragraforen bat, argigarritzat:

"Item: eta manatzen dut ezen aipatu armak landuko dituzten armagileek, beharrezko den burdina altzairatuaz gainera, ondoko altzairu-heinak gehitu behar dizkietela landuko dituzten armei:

- Hetsitako kortselete bakoitzari: bortz libera altzairu.
- Bizkar-babesari: hiru libera altzairu.
- Kasketari: lau libera altzairu.
- Hegalari: sei libera altzairu".

Baina tenpleak karbono-altzairuetan lortzen duen erresistentzia handia piezaren gainazal ondoan bakarrik lortzen da, zeren barruko guneak ez baitira behar bezain agudo hozten, eta tenplearen aurreko egoeran gelditzen baitira.

Eragozpen hori saihesteko, gaur egungo altzairu aleatuak erabiltzen dira, horiek karbonoaz gain beste osagai kimiko batzuk baitauzkate: kromoa, nikela, molibdenoa... Horiek aldatu egiten dute hozteko abiadura, eta altzairuak, horrela, behar duen tenple-egitura hartzen du. Hozte-abiadura hori karbono-altzairuena baino mantsoagoa da. Era horretan, beren masa osoa –edo haren zati handi bat– tenple-egitura oso gogorrezkoa duten pieza handiak egin daitezke.

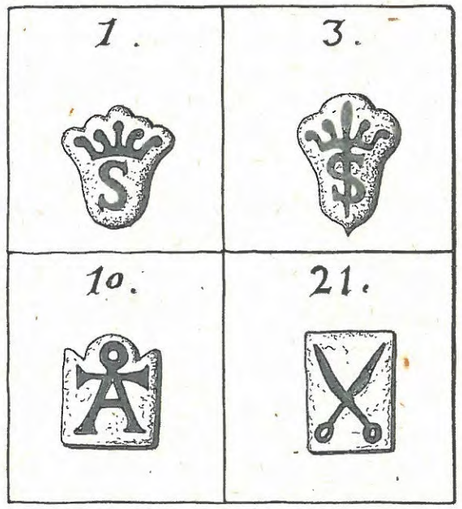
Beste osagai batzuk.

Manganesoak eta silizioak, hein egokian gertatuz gero, hobetu egiten dute altzairuaren kalitatea. Fosforoak eta sufreak, aldiz, aurkakoa, eta saihestu egin behar dira, ahal den neurrian (nahiz eta sekula erabat kendu ezin diren), zeren altzairua beroan (fosforoak), eta hotzean (sufreak) hauskor bihurtzen baitute; altzairu onean, horien edukiak % 0,020 baino gutxiagokoa izan behar du. Salbuespen bakan batzuetan badira % 0,030 sufre –edo gehiago– duten altzairuak, zeren horietaz egindako piezek mekanizazio errazagoa baitute.

Altzairu aleatuak.

Ezaugarri jakin batzuk dituzten eta erabilera jakin batzuetarako egoki diren altzairuei deitzen zaie altzairu aleatu edo bereziak. Ezaugarri horiek osagai egokiak gehituz lortu dira, noski. Adibidez, badakigu karbono-altzairuak herdoildu egiten direla airea ukituz luzaroan egonez gero. Baina, %0,38 karbono daukan altzairua urtuta hari %13,5 kromo eransten bazaio, altzairu berri horrekin sekula herdoiltzen ez diren aiztoak egin daitezke. Beraz, % 0,38 karbono daukan eta % 135 kromo erantsi zaion altzairu hori "altzairu herdoilgaitza" da.

Altzairu berezietan lortutako propietateetan, alde izugarria dago; ikusi egin behar, noski, altzairu bakoitzari zenbat osagai eta zein neurritan erantsi zaizkion. Beraz, altzairu bereziak saltzen dituen lantegiak ehun altzairu-mota baino gehiago eskain dezake. Altzairu aleatuak (osagai kimiko ezberdinez eta neurri ezberdinetan aleatuak), tratamendu termiko egokiak (aipatu dugun tenplea, hainbat suberaketa-mota, hobekuntzak etab.) eta beste zenbait gainazal-tratamendu konbinatuz gero, altzairu-mota asko eta onak lor daitezke. Aukera zabal horretan, bai pieza bereziak egiten dituen ingeniaritza-sailak, bai egitura metalikoak egiten dituen enpresak, aurkituko du bere gogoko altzairu-mota.



Ezpata markak.

Azkenik, Gaspar Melchor de Jovellanos jaunaren oharrak aipatu behar ditugu. Hark Gipuzkoan barrena egindako bidaiaren eta haren "Barruko oroitzapenak" obran jasotan dauden oharrez ari gara. Hona batzuk:

"Behin altzairua lorturik, forjara jo, eta lau barrarekin bakarra egiten da, hazbete baino gehiagokoa koadroan".

"Fina egiteko, beste eragiketa batean, itzuli forjara, eta han barra txikiagoak ateratzen dira handik, eta barra txikiago horiek bi bat kana luze, hazbete eskas zabal eta hatz-erdi lodi izaten dira, gutxi gorabehera".

Nola ez pentsa, bada, Jovellanos jaunak "fina" deritzan hori ezpatak egiteko lehengaia dela hain zuzen ere?

B/ Armadurak.

XIV. mendea arte, zaldunak V. eta VI. mendeetan bezalatsu ibili izan ziren babesturik. Kaskoa eta sare metalikozko kota erabili ohi zuten. Kota hori malgua zen, eta nahiko erosoa, egiaz; babes ona ematen zuen ezpaten ebakien aurka, eta, oso bizkor ez zetozen jaurtigaiak ere, geldi zitzakeen. Baina uztaiaren, baleztaren eta halakoen indar gero eta handiagoak agudo nabarmendu zituen haren mugak. Sarezko kota hori xaflatxo batzuez sendotzea izan zen konponbidea. Xaflatxo haiek kotaren punturik ahulenetan ipintzen ziren, eta ederki eusten zieten jaurtigailuei. Eranskin haiek gero eta leku zabalagoa hartu zuten kotan, eta, laster, armadura osoa erabili zen, XIV. mende erdialdetik XVII. mendea arte gutxi gorabehera. Arma gero eta indartsuagoen (baita suzkoen ere) aurka babesteko, armadurak gero eta lodiago ziren, harik eta haiek luzaroan erabiltzea ezinezko bilakatu zen arte.

Hasieratik, bereziki goretsia izan zen ezpata forjatzeko lanbidea. Forjariak iaioa izan behar zuen bere lanean, eta borrokarako produktu onak egin behar zituen.

Merezi du hemen Toledoko ezpata ospetsuak ere aipatzea. Ezpata haiek Arrasateko altzairuaz egiten ziren. Hona, ondoren, haiei buruz aspaldi esandako batzuk.

William Bowles-ek eta John Talbot-ek, beren "Espainiako Bidaiak" liburuan, orduko ezpatei buruz zebiltzan iritziak jaso zituzten, eta honela laburbildu:

"- Neguan soilik tenplatzen ziren, eta forjatik ateratzen zituztenean, airean dardarazten zituzten, eguraldi hotza zenean batez ere.

- Berotu gerezi-kolorea hartu arte; sartu olioz edo koipez betetako ontzi batean, alditxo batez edo biz; eta ur epeletan hozten zituzten, gero.

- Arrasateko altzairuaz egiten ziren, erdian burdinazko pletina bat zutela, malguago izan zitezen, eta, gero, neguan tenplatzen zituzten".

Antzeko maila du, noski, Toledoko Arte Ederretako Errege Akademiako kide den Félix del Valle y Diaz jaun ospetsuaren lekukotasunak ere. Hark, Toledoko Arma Fabrikaren bigarren mendeurrena zela eta, honako deskribapen hau egiten digu "antzinako" ezpatak egiteko eraz:

- Berotze-maila onena altzairua gorri-zuri jartzen denean da (1.300 bat gradu C).

- Elkarrekin batu behar ziren xaflei harea botatzen zitzaien, tenperaturarik gorenean zirenean. Harea berehala urtzen zen. Horrek gai lirdingatsu bat sortzen zuen burdinaren gainean, eta ez zen eratzen herdoil-geruzarik horrela.

- Une horretan, hartu xaflak, mihia izango zen muturretik, eta "puntada" ematen zitzaien, hau da, elkarri eransten zizkioten hiru xaflak (bat burdinazkoa, eta bi, altzairuzkoak) gero ezpataren mokoa izango zen tokian.

- Forjatzen jarraitzen zen, lehen hiru zati ziren haiek bat bihurtu arte.

- Hurrena, tenplea ematen zen, xafla gerezi koloreraino beroturik eta –gero– uretan sartuz, bizkorrago edo astiroago, ezpatagile bakoitzaren metodoaren arabera.

- Altzairuari garraztasuna kentzeko, iraotu egiten zen: berotu urdin-moreraino edo "gibelaren gorriraino", eta zaldi edo beste abereren baten gantzaz igurzten zen.

Esperanza Ruiz andreak oso ikerketa zehatza egiten du Toledoko ezpatagileez, hango gremioez, kofradiez, ezpaten merkatuaz... Eta, azkenik, zehatz-mehatz azaltzen du zerk bultzatu zuen Karlos III.a 1760an Toledoko Errege Arma Fabrika sortzera. Hura sortzeko lehen baldintzetako bat hauxe izan zen:

"Erabil bezate Arrasateko altzairua, Milango altzairua baino hobea izateraino fintzen dutela".

ALTZAIRUA SIDERURGIA TRADIZIONALEAN

Lehenago esan dugunez, karbono-edukiak ezartzen du burdinaren eta altzairuaren arteko alde nagusia. Esate baterako, % 0,2 baino karbono gutxiagoko burdinari karbono-edukia % 0,4ra igotzen bazaio, burdina hori altzairu bihurtzen da. Lehena biguna da, eta erraz forja daiteke; bigarrena nekezago forjatzen da, eta oso gogor bilaka daiteke, tenplearen bitartez.

BURDINOLAko aurreko liburuetan, haizeolei eta zeharrolei buruz ari ginenean, ageri zen instalazio horiek burdina produzitzen zutela. Burdina beharrezkoa zen zenbait gauza egiteko: balkoiak, kazolak..., baina beste batzuk (nabarrak, burdinagak, ezpatak...) egiteko, tenplez gogortutako altzairua behar zen.

I. ALTZAIRUA EGITEKO HIRU METODO

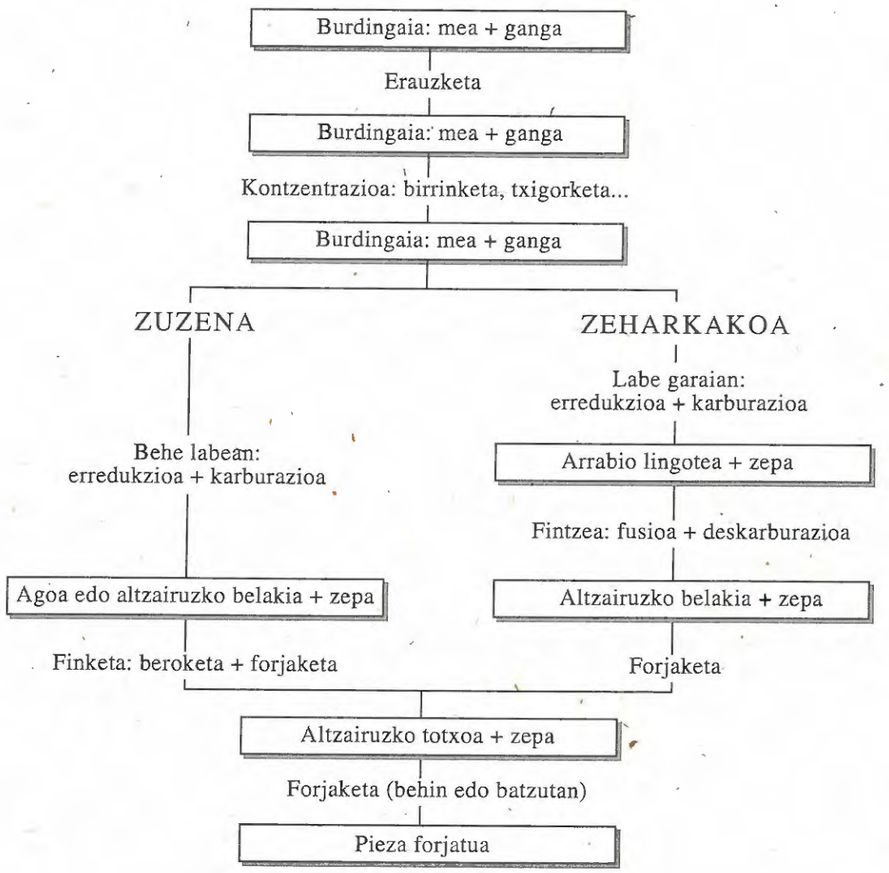
Siderurgiaren historian zehar, gizakiak hiru metodo nagusi erabili izan ditu, altzairua egiteko:

- "Zuzeneko" metodoa. Olagizonek "naturala" zeritzoten altzairu-mota ematen zuen. Eragiketa bakarrean lortzen zen altzairua.

- "Zeharkako" metodoa. Bi eragiketa behar ziren altzairura heltzeko. Tarteko produktutik igaro behar zen horretarako, eta produktu hori "burdinurtua" edo "arrabioa" deitzen zen, haren izaeraren arabera.

- Zementazio-metodoa. Burdinazko piezari justu kanpoko gainazalean gehitzen zitzaion karbonoa. Pieza tenplatu ondoren, kanpoko azal hori gogor-gogorra gelditzen zen; piezaren barneak, aldiz, burdina bigunezko zirauen.

Hiru metodo horiez gain, izan dira beste metodo ospetsu batzuk ere historian zehar, baina ez ziren hedatu hiru horiek adina. Adibidez, burdina eta burdinurtua arragoan batera urtuz ateratzen zen altzairua; Indian garatu zuten metodo hori, Erdi Arotik aurrera, eta Ekialde Hurbilera igaro zen gero; "Wootz altzairua" deitzen zitzaion. Edo "Damaskoko altzairua"; berotzez lortzen zuten, eta burdinazko eta altzairuzko geruza mehe-meheak nahasten ziren haren egituran.



Altzairua lortzeko metodoa: zuzeneko metodoaren eta zeharkako metodoaren arteko diferentzia. Zuzenekoan (ezkerreko adarra) mineraletik altzairuzko belakira erredukzio eta karburazioko eragiketa bakarrean pasatzen da. Zeharkakoan meatik altzairuzko belakira bi eragiketatan pasatzen da: lehenengoa erredukzio eta karburaziokoa da, eta bigarrena deskarburaziokoa.

A/ Zuzeneko metodoa.

1/ Mearen erredukzioa eta altzairuaren agoa ateratzea eragiketa bakarrean.

Zuzeneko metodoa, egia esan, burdina egitea lortu zuten une beretik ezagutu eta praktikatu zuten olagizonek. Batzuek gogoan izango duzuenez (ikus BURDINOLAk "Haizeolei" eta "Zeharrolei" buruz argitaratutako liburuak), bai mendi gainetan aritzen ziren burdinoletan, bai geroago ibai-bazterretan ipini ziren ur-oletan, mea eta ikatza ipini labean, eta erredukzio-eragiketa bakarrean lortzen zen burdina.

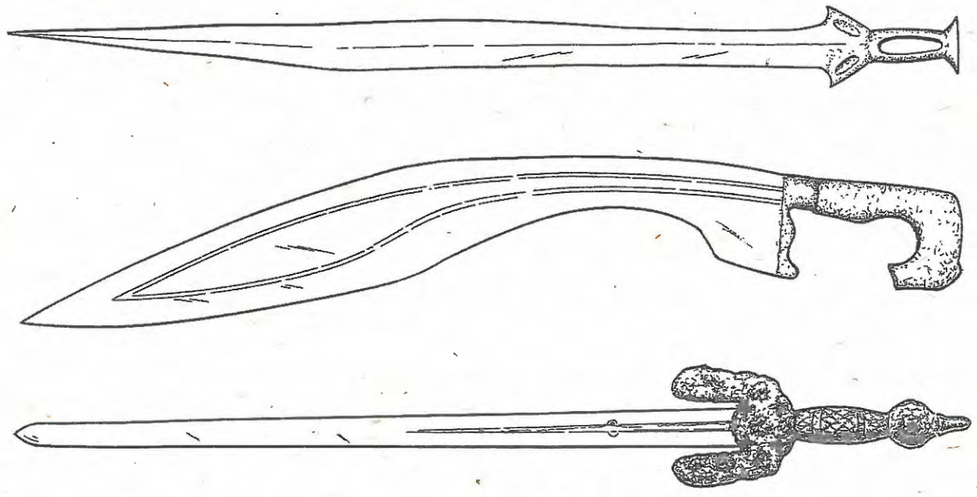
I. ARMAK EGITEA.

Erasokoak, batetik, eta hor ditugu ezpatak, lantzak, geziak etab.; babesekoak, bestetik, eta, horietan, ezkutuak, kaskoak, armadurak etab. aipa daitezke. Luzaroegi ez aritzearren, mota bakoitzeko esanguratsuena hartuko dugu bakarrik, hemen: ezpata, erasokoen artetik, eta armadura, babesekoen artetik.

A/ Ezpatak egiteko trebetasuna.

Erasorako nahiz babeserako, gizakiak hainbat tresna egin izan ditu antzina-antzinatik, eta ezpata da izarra horietan. Ezpata, erasorako edo norbere burua babesteko (askotan bizi-aseguruak adina balio zuen) lagungarri handi ez ezik, talde baten gaineko ospe- eta aginte-ikur ere bazen. Iberiar penintsulak, historian zehar, gerra ugari izan ditu, bertakoen eta arrotzen artean, eta, hortik, halako arraza-, herri- eta kultura-nahaste bitxia heldu zaigu.

Penintsulako ezpatez ari garela, honakoak aipatuko ditugu: "karpa-mihi" erakoak, Brontze Arokoak; falkata iberiarra, penintsulako bertako produktua, formaz "greziar matxairen" gertukoa; antenadun ezpata, jatorri zeltakoa argi eta garbi, eta katajineta-erako ezpata, arabiar jatorriko "zenete" gerlari gogorrek ekarria.



Ezpata mota desberdinak.

Tresna horrek ederra izan behar zuen forma eta itxura aldetik, eta gudurako bereziki on, gainera. Gogorra izan behar zuen, ebakia egiteko, eta zaila, buruz buruko borrokako kolpeei, hautsi gabe, eusteko. Borrokaldia amaitutakoan, izugarri estimatzen zen ezpata hori harriz konpontzeko modukoa izatea, bere ezaugarriak galdu gabe haatik, eta hark ahoan tenplea hartzea behin eta berriro.

ALTZAIRUAREN ERABILERA BATZUK

Gizakiak ia burdina bera bezain goiz erabili zuen altzairua; izan ere, lehen erredukzio-eragiketetan lortutako agoan oso modu heterogeneoan egon ohi zen banaturik karbonoa. Horrela da K.a. XI. mendekotzat dauzkaten Luristango sastakaien kasuan. Baina orduko artisauek nekez jakin zezaketen burdinaren karbono-edukia handitu ahala burdina aldatu egiten dela.

Burdina eta altzairua garbi bereizten ziren garai bat topatzeko, Iberiar penintsulan eta Erdi Aroan kokatu behar dugu gutxienez. Orduko kristauen eta arabiarren testuetan, oso panorama jakingarria aurkituko dugu altzairuaren erabilerari doakionez.

Itxura denez, Gaztelako Erdi Aroko literaturan, zuzenean lortutako zerari esaten zitzaion altzairua, eta egur-ikatzez berotutako labean burdin mea erreduzitzea zen hura produzitzeko metodoa. Bestalde, Al-Andalus-eko literatur iturriek "dakir" terminoa ematen diote material horri.

Altzairuzko tresnen produkzioaren testuinguruan, arabiera-andalustar hiztegiko "mud" (hortik, mudhakar) hitzak teknika metalurgiko bat adierazten du, eta teknika hori burdina-altzairu konposatu batzuk egiteko erabiltzen zen. Nabarmendu beharra dugu, hemen, arabiar idazleren batek ezagutza zehatza zuela altzairuzko xaflak burdinazko mami bigunagoaren gainean soldatzeko teknikaz. Teknika hori ezpata-xafla malguagoak lortzeko erabiltzen zen, eta altzairua aurrezteko, menturaz.

Aztertu dugun gaztelaniazko literaturak ere badu aipamenik produktu horietaz. Adibidez, Alfontso X.a Jakituna deituaren Astronomiako liburuak, instrumentu bat egiteaz ari dela, honela dio:

"Har bedi altzairuzko edo altzairatutako burdinazko hagaxka bat, eta zorrotz bedi hura ongi..."

Gaztelaniazko literatura hori ez da andalustarra bezain zehatza, fabrikazio-metodoen azalpenari dagokionez. Hala ere, "altzairatu" terminoa ageri da maiz. Termino horrek, gaur ere, burdinazko gauzaki bati altzairuzko xafla edo azal bat itsastea esan nahi du. Burdina altzairatzeko metodo ohikoena, antzinako testu eta lekukotasunetan ageri denez, galdatze bidezko soldatzea izan zen, hots, altzairuzko pieza berotu, eta burdinazko beste baten gainean forjatzea. Toledo ondoko Vascos hiri hispanoarabiarrean aurkitutako IX. mendeko labana-xaflen egitura-azterketak teknika horren frogak eskaini ditu: xafla horietako bik altzairuzko xafla bat dutela erdian ikusten da –huraxe da ahoa–, burdinazko biren artean soldatuta.

Ikuspegi horretatik, altzairuaren erabileren katalogo laburra egiteko moduan gara. Bi multzotan banatuko ditugu erabilera horiek.

Burdin harria eta egur-ikatza txandaka ipiniz labea beteta, eta haren erreketa haizebideetatik sartzen den aireaz bizkorturik, behin 500/600 gradu C-ko tenperaturatik gora, karbonoa (C) eta karbono monoxidoa (CO) gai dira aise, burdina oxidoaren (FeO) oxigenoa ateratzeko. Erreakzio horrek anhidrido karbonikoa (CO_2) eta burdina metalikoa (Fe) ematen ditu, honela:

$$2FeO + C \rightarrow 2Fe + CO_2 \quad " \quad FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$$

700 gradu C-tan, burdina urrun da, oraindik, bere urtze-puntutik; egoera solidoan dirau, beraz, mearen beste osagaiak (karea, silizea...) bezala. 1.100/1.200 gradu C-tan beste osagai edo ezpurutasun horiek guztiak –mearen "ganga" deitua– burdina oxidoaren parte batekin batu, beren urtze-puntura iritsi eta zepa likido bilakatzen dira. Burdina metalikoa, bitartean, ore solido egoeran dago. Zepa likidoa joan daiteke, eta erraz bereizten da metaletik. Horraino prozesua burdina lortzeko erabiltzen zenaren antz-antzekoa da.

Eragiketa luzatzen bada, eta labeko tenperatura igotzen, burdina sortu berriaren inguruan dagoen karbonoa burdina horretan sartzen da. Oxigenotik bereizten den unean, burdina garbi jaiotzen da, baina karbonoa edukitzen hasten da, handik laster. Burdina izatetik altzairu izatera igarotzen da, beraz. Eragiketa une egokian etenez gero, olagizonek burdina eta altzairua zeparekin nahastua zeukan agoa edo belakia ateratzen zuten labetik.

2/ Altzairuzko belakia fintzea.

Ateratako belakia burdinazko eta altzairuzko nahastea zen, baina ez zitekeen zuzenean forja. Labe apalean erredukzio-eragiketa egiten zuen olagizona gogotik saiatzen zen, bai, aurrena burdin zatiak biltzen, eta gero altzairu-zatiak, haiek labearen zorura heldu ahala, baina haien arteko kohesioa minimoa zen, eta segituan bananduko ziren agoari mailukada emanez gero. Horregatik, agoa berriro tenperatura egokiraino beroturik, olagizona kolpe txiki eta kontuz emandakoz hasten zen hura forjatzen, eta, azkenean, hainbat berotu eta forjaturen ondoren, totxoongi kohesionatu eta trinkoa lortzen zuen.

Bata bestearen ondotik egindako berotze- eta forjatze-eragiketa horiek beste gauza garrantzitsu bat lortzen zuten, gainera: erredukzioko eragiketan belakiaren poroetan harrapaturik gelditua zen zepa kentzea. Labean berriz berotuta urtu egiten zuen zepa, eta, agoa beti trinkotuz zihoanez, forjatze-lanagatik zepa hori kanporatu eta askatu egiten zen.

Prozesu horrek guztiak, bada, findu egiten zuen altzairuzko belakia, eta belaki hori finago eta trinkoago gelditzen zen, bere ezpurutasun eta akats gehienetatik aske.

3/ Historia.

Gizakiak zuzeneko metodoa erabili zuen, lehenbizi, bere meetatik burdina lortzeko. Metodo hori Kristo baino 1.500 bat urte lehenago aurkituko zutela pentsatzen da. Laster, orduko olagizonak burdina ez ezik, altzairua ere lor zezaketela jabetu ziren, eta altzairu hori oso gogor bihur zitekeela, gainera, tenplearen bidez.

Europan, Asian eta Afrikan egindako indusketetan, arkeologoek hainbat altzairu-puska topatu dituzte, eta puska horiek gune karburatuak eta ez hain karburatuak dituzte, hau da, karbono gehiagoko edo gutxiagoko guneak. Lasai asko esan daiteke zuzeneko metodoa bakarrik erabili zela, sistematikoki, altzairua egiteko, XIV. mendea arte. Mende horretan, zeharkako metodoa hasi ziren erabiltzen. XVIII. mendean, artean, metodo zaharra oso hedaturik zegoen Europa osoan; Afrikan, ostera, XX. mendeko bigarren erdira arte iraun du.

4/ Zuzeneko metodoaren alde onak eta txarrak.

Zuzeneko metodoaren alde on nagusia eta ia bakarra merkea izatea zen: merkea, zeren instalazio merkea behar baitzuen, hau da, burdina egiteko ohiko burdinola, eta merkea, halaber, egur-ikatzetan, zeren altzairua eragiketa bakarrean egiten baitzen, eta ez bitan, zeharkako metodoaz bezala. Gutxi edo artisau eran produzitu behar bazen zen merkea zuzeneko metodoa, ez eskari handiei erantzun behar bazitzaien, instalazio eta burdinola ugari behar baitziren orduan.

Metodoaren alde txarrak askoz larriagoak ziren:

a) Alde txar nagusia: altzairuaren heterogeneotasuna. Labeko zoruan gelditzen zen agoa altzairu-pikorrez osatutako nahastea zen, eta pikor horietako bakoitzak ibilaldi ezberdina zuen egina labearen barnean: batzuk oso gune karburagarrietatik (horrek karbonoa gehitzen dio altzairuari) ziren igaroak; beste batzuk, berriz, oso gune oxidagarrietatik (adibidez, haizebidetik sartzen zen aire-korrontearen ondotik, zeinak karbono-edukia txikiagotu egiten baitu). Prozesua egoera oretsura bakarrik heltzen zenez gero, agoako karbono-maila handiko zatiak ez ziren nahasten behar bezala karbono gutxikoekin (ezta finketa-faseko forjatze-lanean ere), eta oso produktu heterogeneoa ateratzen zen, hots, gune batzuk oso gogorrak eta beste batzuk oso bigunak zituena.

b) Beste alde txar garrantzitsu bat aurrekoarekin lotuta zegoen; izan ere, olagizonak sekula ez zekien ziur noiz eten behar zuen prozesua, karbono-eduki egokia lortzeko, zaintzeko ez baitzegoen karbono-eduki bakar bat, ugari baizik.

c) Zepa erdizka kentzen zen, altzairua ez baitzen igarotzen egoera likidotik.

B/ Zeharkako metodoa.

Burdinolak ur-energiak bultzatuta lanean hasi zirenean, bizkor igo zen burdinaren ekoizpena, eta askoz merkeago ekoizten zen gainera. Ur-energia erabilita asko igo zuen ekoizpena beste alor batzuetan ere: gatzagetan, errotetan, garagardo-fabriketan, ehungintzan... Industria horien instalazioak (lurrunketa-askak, gatzaren industrian; alea

4/ Isurketa jarraituaren abantailak.

a) Material homogeneoa lortzen da, barrutik akatsik gabea eta azaleko akabera ona duena.

b) Kostua murriztea lortzen da, erdiko arbastu-prozesuaren eragiketa kendurik (arbastu-prozesu hori, bide batez diogu, lingoteak berotzea eta ijeztea da).

c) Emaitza hobea ateratzen da metaletan altzairu likidotik, eta produktibitate handiagoa.

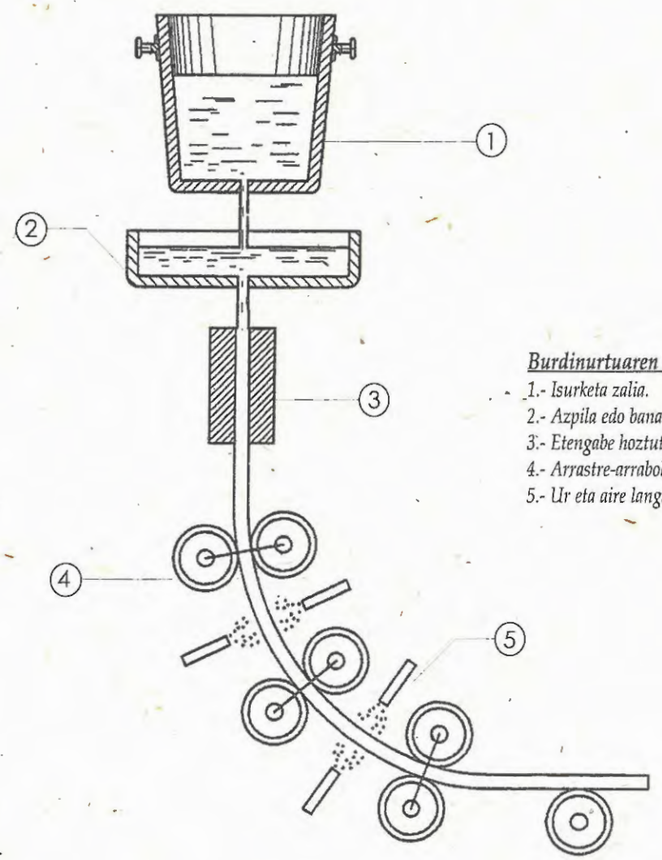
d) Zalikadak ondoz ondo isurtzen uzten du, hau da, isurketa eten gabe.

Laburturik, isurketa jarraituak fabrikazio-kostu txikiagoak ditu, eta kalitate handiagoa lortzen da ohiko prozesuen (lingote-ontzitako isurketa) bidez arituta baino. Gainera, azken produktura hobeto doitutako produktu erdilanduak lortzen dira.

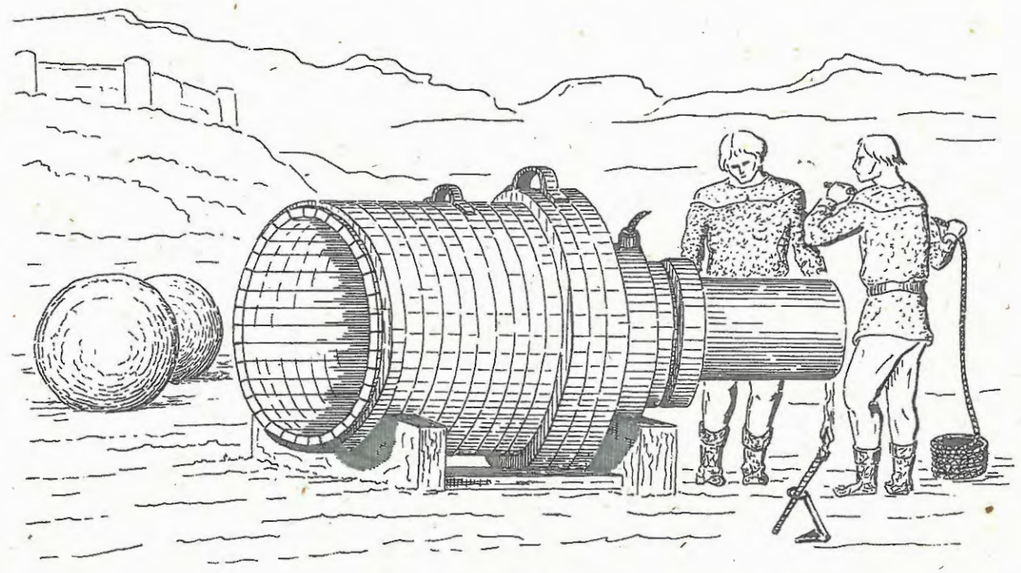
Isurketa jarraituko sistema ez da egokia, ordea, forjatzeko tamaina handiko produktuak egiteko, haien neurriengatik. Aleazio handiko altzairu berezientzat eta altzairu moldatuentzat ere, ez da erabiltzen.

3/ Isurketa jarraitua.

Altzairua isurtzeko metodo berriena eta erabiliena da. Tarteko prozesua da, azken produktua lortzeko bidean. Altzairutegi batzuetan solidotutako masaren beroa baliatzen dute hurrengo ijezketa-prozesua egiteko, eta ijezketa hori eskatutako neurrira eta erara egiten da, gainera. Prozesu horretan zaliko altzairu likidoa poliki-poliki eta zuzenean isurtzen da zorurik ez duen eta etengabe hozten duten moldera, eta molde horren zehar-ebakidurak egin nahi den produktu erdilanduaren forma geometrikoa izan ohi du. Honegatik deitzen zaio isurketa jarraitua: altzairu likidoa zalia erabat hustu arte eta era etengabean irteten delako. Masa likidoa azpil izeneko molde banatzaile eta zorurik gabekora isurtzen da, eta solidoturik irteten, solidotze horretan instalazioko osagai ugarik parte hartu ondoren.



Burdinurtuaren eskema isurketa jarraituan:
1.- Isurketa zalia.
2.- Azpila edo banatzailea.
3.- Etengabe hoztutako moldea.
4.- Arrastre-arrabola.
5.- Ur eta aire langargailuak.



Forjatutako burdinezko kainoia, Vienako Armategikoa, mantentzen den Erdi Aroko kainoi erraldoi zaharrena. IV. mendean forjatua, Austrian, 105 mm lodierako burdin barraz eta 50 mm lodierako burdin uztaiaz. 2,5 metroko luzeera eta eta 880 mm-ko kalibrea du. 575 kg pisuko harrizko balak jaurtitzen zituen.

xehatzeko errotak, nekazaritzan; pilak, ehungintzan...) gero eta handiagoak izan ziren. Jakina, haiek eraikitzeko ere gero eta burdina gehiago behar zen, eta horrek ere igotzen zuen produktu horren eskaria.

Garai hartan, gainera, beste faktore batek ere igoarazi zuen burdinaren kontsumoa: gerretan artilleria erabiltzen hasi izanak, hain justu. Hamalaugarren mendearen lehen erdian, ehunka kilo batzuk baizik ez ziren kanoi koskor batzuk erabili ziren, lehen aldiz, Europako sartaldean; baina mende beraren hondarreko, kanoiak gerra-makina erraldoiak ziren jadanik, 10 tona ingurukoak pisuz. Hasieran kanoiaren hodia burdina forjatuzko luzetarako jantez zen osatua, eta kanpoko uztai batzuek eusten zieten haiei elkarri itsatsirik (gaur egungo upeletan bezala, baina oholak egurrezkoak izan beharrean, burdina forjatuzkoak ziren). Gero brontzezkoak edo kobre urtuzkoak izan ziren, eta, azkenik, hareazko moldetan egindako burdinurtuzkoak. Eta ez ziren kanoiak soilik burdinazkoak; baita haien jaurtigaiak –aurrena, harrizko pilotak; gero, burdinurtuzko pilotak– eta kanoi astun haiek garraiatzeko erabiltzen ziren lau gurpileko gurditzarren babesgarri astunak ere.

1/ Mearen erredukzioa eta "burdinurtua" ateratzea.

Aurreko guztiak (industria-instalazioen tamaina handitzeak eta gerretan artilleria erabiltzen hasi izanak) gero eta burdina-ekoizpen handiagoak eskatzen zituen. Horretarako olagizonek handitu egin zuten labeen altuera. Zenbat eta labe handiagoak, hainbat eta aire gehiago sartu behar zen haietara. Hori ere ez zen arazo handia izan,

garai bateko esku-hauspoen ordez urak higiarazitako hauspotzarrak ipini zituztenetik. Ekoizpena ikusgarri handiagotu zen.

Labeak handiagoak izanda, eta haietan aire gehiago sarrarazita, labe barruko tenperaturak ikaragarri igo ziren. Tenperatura handi horiengatik, eta –labea garaiagoa zelako– prozesuak luzaroago irauten zuenez, hain handia zen karbonoaren difusioa erreduzitutako burdina-masan, non ez baitzen karbono gutxiko burdina edo altzairua ateratzen, baizik eta oso karbono-maila handiko "burdinurtua". "Burdinurtu" horren ezaugarriak ondokoak ziren:

- Ez zen oretsua, zuzeneko metodoko burdina edo altzairua bezala, baizik eta likidoa, zeren burdinan nahasitako karbono-maila igota, aleazio horren urtze-puntua nabarmen jaisten baitzen (burdina garbia urtzen den 1.530 gradu C-tik, 1.200 gradu C-raino jaits zitekeen).

- Labean bi gai likido zeuden, aldi berean: burdinurtua eta zepa. Haien dentsitateak ezberdinak zirelako, bata bestearen gainean gelditzen ziren labearen zoruan (zepa, gainean, eta burdinurtua, behean), eta aise bereiz zitezkeen, aurrena batari eta gero besteari labetik irtenaraziz. Bereizte hori zuzeneko metodoan baino askoz txukunagoa zen noski: burdinurtu likidoa ia batere zeparik gabe irteten zen labetik; aldiz, zuzeneko metodoko agoa harro oretsuak zepa dezente eduki ohi zuen, ezinbestean, bere poroetan. Hasieratik zepa hain ongi kendu izanak askoz kalitate hobea ematen zion zeharkako metodoz lortutako altzairuari, zuzeneko metodoaz lortutakoari baino.

- Erraz likidotzen zenez, hareaz egindako moldetara isur zitekeen burdinurtua, eta forma askotako piezak lortzen ziren horrela; pieza horiek ez zituzten, ez, altzairuaren erabilera batzuk, baina beste erabilera askotarako balio zuten.

Karbono-maila handiko burdinurtu hori oso gogorra zen; altzairua baino gogorragoa, egiazki. Eta biziki hauskorra, bestalde; ezin zen forjatu, zeren lehen mailukadekin hausten baitzen. Horregatik, ezin zen galdatu, burdinazko edo altzairuzko zatiekin batera, mailu-kolpez, beroan.

2/ Burdinurtua fintzea.

Labe garaiek askoz burdina-ekoizpen handiagoa zuten, ohiko labe apaleko burdinolek baino. Baina lortutako produktua ez zen, ez burdina, ez altzairua, baizik eta aipatu dugun burdinurtu ezin forjatua. Horrek –egia da– balio zuen pieza moldatuak egiteko, baina ez zen gai burdina eta altzairua ordezkatzeko, beren erabilera ugarietan. Burdinurtua "fintzeko" era bat aurkitu behar izan zen, hura burdina edo altzairu bihurtuko bazuten.

Fintzea –labur esanda– metalak daukan karbonoaren parte bat kentzea da. Eragiketa hori burdinoletako labe apalen antzeko batean egin ohi zen. Burdinurtua berriz berotzen zuten, eta aire-korronte bat sartzen zioten gero. Airearen oxigenoa burdinurtuaren karbonoarekin nahasten zen, eta CO_2 sortzen. Burdina askoz karbono gutxiagorekin gelditzen zen, eta forjatzeko on bilakatzen, beraz.

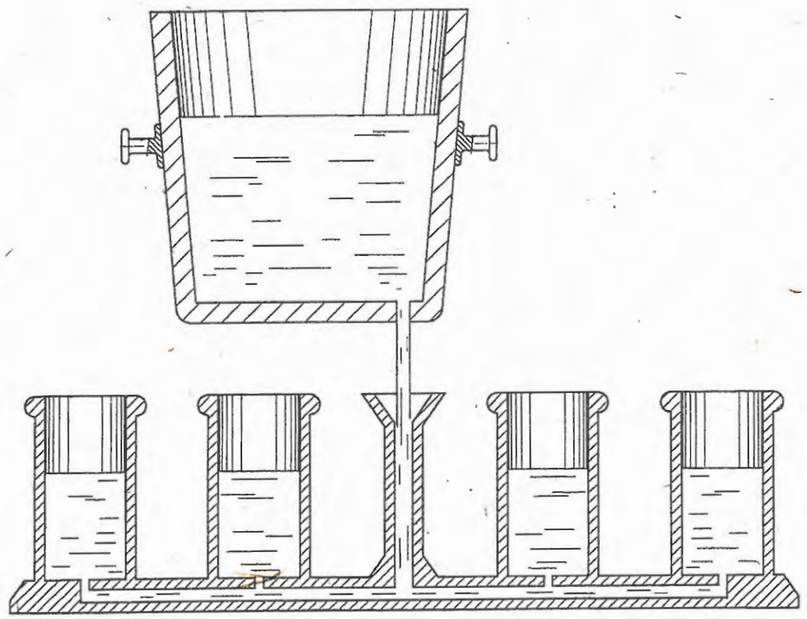
tzietan isurtzea, eta, hirugarren bidea eta berriena, hura isurketa jarraituaren bidez solidotzea. Dena dela, azken bi prozesuak dira ohikoenak.

1/ Moldetako isurketa.

Moldetako isurketa beti erabili izan da, eta nahiko konplexua da. Hura azaltzea lan honen helburuetatik kanpo dago, prozesuak oso ezaugarri bereziak ditu eta, baita erabiltzen den altzairua lantzekoan ere. Beraz, erabiltzen dela esango dugu, eta kitto.

2/ Lingote-ontzietako isurketa.

Zaliko altzairu likidoa forma geometrikoa eta kono-enborraren irudia duten moldeetan isuriz egiten da. Lingote-ontziak bi eratan bete daitezke. Zuzeneko isurketan, altzairu urtua daukan zalia lingote-ontziaren goian kokatzen da; gero, zaliaren zoruko itxigailua irekitzen da, eta barruko altzairu likidoa era egokian isurtzen da lingote-ontzira; kasu horretan, altzairu likidoa lingote-ontziaren goiko aldetik sartzen da moldera. Bigarren bidea sifoierako altzairu-isurketa deitzen da, eta askoz hedatuago dago. Prozedura horretan, lingote-ontzia zorutik betetzen da. Zalia erdiko hodi baten goian dago, eta erdiko hodi horretatik kanal txikiagoak irteten dira, zein bere lingote-ontzira doala. Horietatik betetzen dira, bada, erdiko hodiaz elkarrekin loturik dauden lingote-ontzi guztiak, ontzi komunikatuen printzipioaz.



Altzairu-isurketa sifoi-erako lingote-ontzietan.

bihurgailuan tratatzen baitzen; bi kasuetan bihurgailuaren zorutik sarrarazten zitzaion airea arrabioari. Oxigenoa ia egoera puruan eta –gainera– presiopean erabili ahal izateak markatu zuen LD erako altzairutegiaren prozesuaren garapena.

1/ Prozesuaren helburuak.

Lehenago azaldu dugun legez, labe garaian produzitutako arrabioak hainbat ezpurutasun eta osagai ditu, eta deuseztatu egin behar dira, edo, gutxienez, horien neurria aldatu egin behar da, nahi den produktuaren ezaugarriak iristeko.

Prozesuaren helburua arrabioa fintzea da, LD bihurgailuan oxigenoa sartuz. Oxigenoaren injekzioak hauek eragiten ditu:

a) Arrabioaren deskarburazioa (karbono-edukia gutxitzea).

b) Ezpurutasun kaltegarriak oxidatzea eta horiek zepetara igaroaraztea (silizio-, manganeso- eta fosforo-edukia gutxitzea).

Altzairuaren desoxidazioa (oxigeno-edukia gutxitzea) edo baretzea lortzeko, berriz, ferrosilizioa eta/edo aluminioa eransten dira. Azkenik, behar diren konposizioak doitzen dira, behar diren ferroaleazioak erantsita.

LD prozesuan, deskarburazioa da faserik garrantzitsuena. Erreakzio horren bitartez, gas-kopuru (CO eta CO_2 "anhidrido karboniko") handiak sortzen dira, eta horiexek ekartzen diote energia gehien prozesuari.

Bihurgailuko prozesua oxidatzailea da, injektatutako oxigenoagatik, eta, beraz, zail gertatzen da sufrea kentzea, are zeparen baldintza onetan ere. Horregatik, zorrotz zaintzen da kargako materialak (bereziki, bihurgailuan sartzen den arrabio likidoak) halako hein jakin batetik beherako sufre-maila izan dezan.

LD bihurgailuaren instalazioak kea biltzeko eta arazteko sistema du. Sistema horrek bi eginkizun ditu: lehenengoa, bero--formako hondar-energia hori lurruna sortzeko erabiltzea, eta, bigarrena, kea eguratsera ingurumena kaltetu gabe igortzea.

Produkzio-ahalmen handikoa izaki, LD bihurgailuko sistema ez da errentagarria altzairu aleatu bereziak ugari produzitzeko.

C/ Azken prozesua: altzairua isurtzea.

Orain arte deskribatu diren altzairua egiteko prozesu guztietan, fabrikazioa masa likido araztuaren fasean gelditu da. Baina masa likido araztu horrek beste eragiketa batzuk behar ditu, hurrengo eraldaketetarako eta erabileretarako gai izango bada.

Lehen urratsa masa likido hori solidotzea da. Hiru bide erabiltzen dira horretarako: galda-bainua erdietsi nahi den piezaren formako moldeetan isurtzea; hura lingote-on-

Burdinurtua fintzeko metodoa aurkitzea funtsezkoa gertatu zen, benetan, siderurgiaren handik ondorengo garapenerako. Izan ere, horrek erredukzioko labe garai erraldoiak egiten, eta, horrela, altzairu-kopuru ikaragarri handiak ekoizten utzi baitzuen.

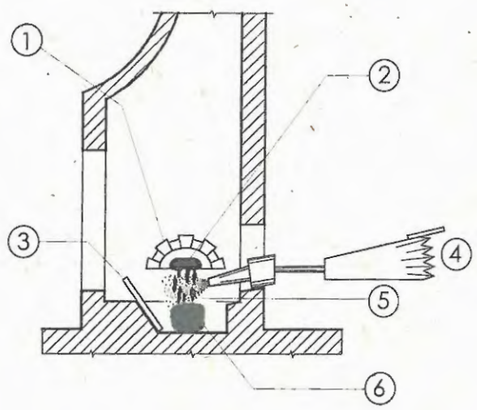
3/ Historia.

Europan, XII. eta XIII. mendeen artean erabili zen, lehen aldiz, ur-gurpilez sortutako indarra, burdinoletan. Lehenago adierazi dugunez, horrek erredukzioko labeei altuera handiagoa ematea erraztu zuen, zeren urak mugitutako hauspotzar berriek aire gehiago eta presio handiagoan ufatzen baitzuten. Mea eta ikatza, bata bestearen gainean jarrita, ozta-ozta metrobete gora zen sutegietatik, 5 eta 6 metro gora ziren labetzarretara igaro zen laster. Ateratako produktua, berriz, ez zen burdina biguna, ohiko burdinoletan bezala, baizik eta karbono-maila handiko burdinurtu hauskorra.

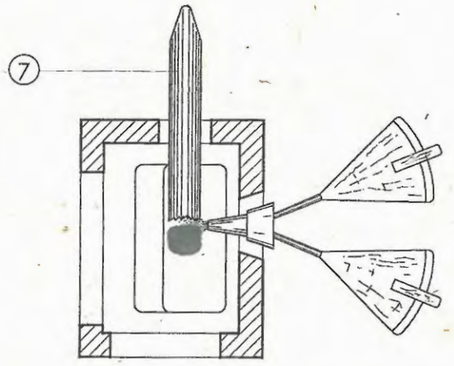
Labeen eraldaketa hori Europako ibai handienen (Rhin, Sena, Rodano, Po eta Danubio) goi-ibarretako burdinoletan ari ziren egiten nagusiki, eta haiek aurkitu zuten, halaber, labe garaiko burdinurtua findu, eta hura burdina eta altzairu forjatu bihurtzeko metodoa. Historialariek ez dakite, oraindik, gertaldi funtsezko hori non jazo zen, baina Rhin ibaiaren haranean izan zela uste dute, Koloniatik gertu. Izan ere, XIII. edo XIV. mendeetan lanean aritu ziren labeen hondakinak aurkitu dituzte han, eta labe horiek 3,5 metroko diametroa zuten, eta 3,5/4 metroko altuera. Suedian ere, XIII. mendeko eta 3 metro gora zen upel-erako labe baten hondakinak agertu dira berrikitan, eta zazpi finketa-sutegi koskor aritzen bide ziren haren ondoan.

Beraz, garbi dago lortua zela, orduko, bi aldiko zeharkako metodoa, burdinurtu oso karburatuzko erdiko fasetik igarotzen zena. Baina XV. eta XVI. mendeetan iritsi zuen metodo horrek bikaintasun eta hedadura handia: labe erraldoiek burdinurtuzko totxoak ekoizten zituzten, eta finketa-forjek ur-mailu indartsuak zerabiltzaten. Finketa-lan hori ez zen berdin egiten Europako alderdi guztietan, eta, laster, hainbat prozedura zehaztu ziren: Waloniakoa, Franche-Comté-koa, Nevers-ekoa... Horiek ez ziren bata bestetik oso bestelakoak, eta honela egiten ziren:

Barra –edo lingote– formako burdinurtutik abiatzen zen. Olagizonak, hartu barra horietako baten muturra, eta zeharroletako (ibai ondoko burdinoletako) labeen antzeko sutegi (labe apal) batean sartzen zuen. Berotutakoan, bigundu egiten zen barraren muturra. Gero, haren zatiak ebakitzen ziren, eta zati horiek sutegira erortzen ziren, non aire korrontea baitzen, hauspoaren haizebidea hortxe izaki. Burdinurtuaren karbonoa oxigenoarekin batzen zen, eta CO eta CO_2 ematen zituen. Burdinurtuko karbono kopurua jaitsi egiten zen. Burdinurtu hori labearen zorura iristen zenean, burdina oxido askoko zeparekin egiten zuen topo, eta horrek beste dekarburazio bat sortzen zuen, $C + 2FeO \rightarrow CO_2 + 2Fe$ erreakzioa burutzen zenean. Burdinaren karbono-edukia jaitsi ahala, haren urtze-tenperatura igo egiten zen. Azkenean, egoera oretsuko altzairuzko edo burdinazko agoa lortzen zen. Hortik aurrera, forja-lanari ekiten zitzaion, ur-mailuaren laguntzaz.



Fintze labea:
1.- Lingoterako leihoa.
2.- Arrabio lingotea.
3.- Pareta babesteko plaka.
4.- Hauspoa.
5.- Sutegia.
6.- Altzairuzko belakia.
7.- Arrabio lingotea.



Waloi motako fintze instalazioa: Waloi prozeduraren araberako fintze labe baten eskema, XVII. mendea.

Finketa lan korapilotsua zen, eta trebetasun handia eskatzen zien olagizonei. Haiek, jakina, ez zuten labeko tenperatura neurtzeko tresnarik, eta ezin zuten jakin prozesuko altzairuaren konposizioa zein zen. Bazituzten, haatik, ezagutza eta baliabide enpirikoak, eta kalitate handiko produktuak egiten zituzten, ziurtasun handiz.

4/ Zeharkako metodoaren alde onak eta txarrak:

Alde on nagusiak hauek ziren:

Ateratako altzairuaren kalitate ona: lehenago aipatu denez, labe garaietatik altzairua egoera likidoan irteteak masa hori nahiko homogeneoa ("ongi nahastua") izatea zekarren, alde batetik, eta, bestetik, prozesuko zepa ia erabat ezkutatzen zen.

b) Lortzen zen ekoizpen handia, eta, hari esker, egokiro erantzuten zitzaion eskari gero eta handiagoari.

c) Produktuaren errentagarritasuna. Errentagarritasun hori hazi egiten zen, ekoizpen handiagoak lor zitezkeelako. Horretarako jarri beharreko instalazioak ohiko burdinolak baino garestiagoak ziren, bai, baina agudo amortizatzen ziren, langile eta erregai gu-

ere doitzea, horiek ere konposizioaren zati baitira, eta horiexek sortzen baitituzte altzairuaren kalitate desberdinak. Horretarako, osagai horien zorrotz zaindutako kopuruak eransten dira, ferroaleazio-forman, finketaren azken fasean.

B/ LD bihurgailua.

Labe garaiaz eta LD bihurgailuaz osatutako altzairugintzako prozesu konbentzionalari altzairutegi integrala deitzen zaio. Hor labe garaiak lortzen du arrabio likidoa, mearen burdina oxidoak erreduzituz. Egungo labe garaiak, erraz azaldurik, ezaugarri hauek ditu:

Luzera ezberdineko kono-enbor biz dago osaturik funtsean, eta kono-enbor horiek oinarritik daude elkarrekin baturik. Goikoari upela deritza, eta behekoari, etalajea. Upelaren goiko aldeari irenspidea deitzen zaio, eta labearen gune zabalenari (bi kono-enborrak batzen diren alderdiari), sabela. Labea adreilu erregogorrez dago barrutik jantzirik. Zorutik gertu, hodi batzuk (haizebideak edo toberak) daude, eta horietatik sarrarazten da presiopeko aire beroa. Haien azpian arragoa dago, eta hortxe jasotzen da lortutako arrabioa.

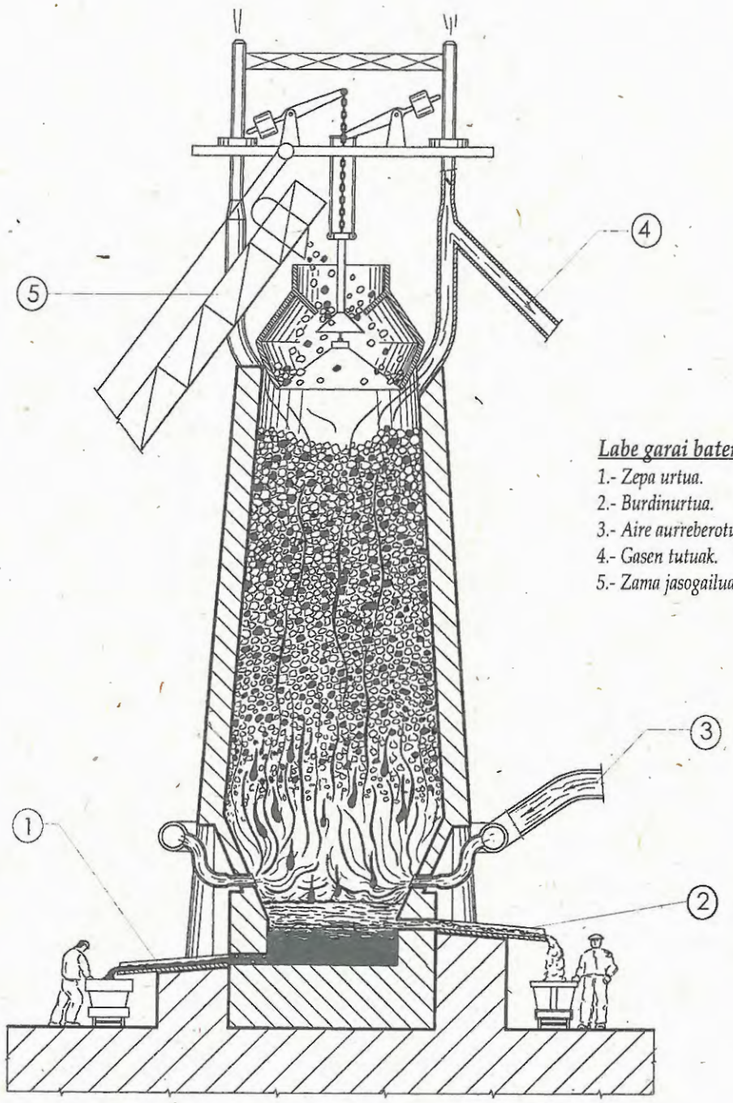
Labe garaia meaz, kokez eta urgarriz kargatzen da, irenspidetik. Karga hori jaisten hasten delarik (ahitzen ari delako, tenperaturagatik...), burdina-oxidoaren erredukzio-prozesua hasten da, eta burdina oxidora igarotzen da, eta gero, burdina metaliko harrora, karbono oxidoaren ekintzagatik. Hori guztia labe garaiaren goiko aldean gertatzen da.

Mea labearen erdiko aldean gelditzen da erreduziturik, zepa sortzen hasi aurretik. Tenperaturak labearen alderdi zabalenean (sabelean) gainditzen du burdinaren eta zeparen urtze-puntua, eta likidotzen hasten dira biak.

Labearen hormen estuagotzea (alderdi zabalenetik behera hasita) ederki egokitzen da urtzearen poderioz bolumena galtzen duen kargara. Burdina urtua eta zepa likidoa labeko zoruan (arragoan) biltzen dira, bata bestearen gainean ongi bereizirik; zepa, bere dentsitate txikiagoagatik, burdina urtuaren gainean gelditzen da, eta babesgarri gisa jokatzen du, metala oxida ez dadin.

Zepa eta burdina urtuak (terminologia siderurgikoan arrabio esaten zaionak) isurbide ezberdinetatik ateratzen dira labetik. Arrabio likido hori, lehengaitzat harturik, LD izeneko bihurgailura garraiatzen da. Bihurgailu horretan, urtutako masa metalikoaz gainera, txatarra eta –hala dagokionean– mea-oxidoa eta urgarriak ipintzen dira; karea eta fluor espatoa, adibidez. Bihurgailua altzairuzko ontzia da, barrutik dena gai erregogorrez jantzia, eta biragarria, altzairu likidoa eta zepa deskargatzeko. Haren barnean ipinitako edukiari oxigeno purua injektatzen zaio, presioan, lantza baten bitartez, galda-bainua ongi astintzeko, eta, hala, altzairu-masaren homogeneotasuna lortzeko.

Aire-injekzio bidezko finketa-printzipioaren oinarri teorikoa, lehenago aipatu bezala, Bessemer sistemarekin abiatu zen. Han silizio-eduki handiko eta fosforo-eduki txikiko arrabioa erabili zen, barnea erregogor azidoz estalia zuen bihurgailuan, edo Thomas prozedura erabiliz, non fosforo eta sufre askoko arrabioa erregogor basikozko barnedun



Labe garai baten diagrama:

1.- *Zepa urtua.*
2.- *Burdinurtua.*
3.- *Aire aurreberotuarentzat hodia.*
4.- *Gasen tutuak.*
5.- *Zama jasogailua.*

beste bat ere egiten da: desulfurizazioa ; bigarren prozesu hori zalian bertan egiten da, argona nitrogenoa edo antzeko gas inertea sartuz masa likidoa astintzen dela eta hutsean egindako desgasifikazio-tratamenduarekin.

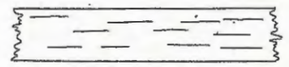
Altzairua arazteko beste prozesu batzuk (desfosforizazioa, nitrogenoaren kontrola, hidrogenoa gutxitzea...) ere, egiten dira metalurgia sekundarioan.

Baina altzairuen kalitatea eta berezitasuna ez dira lortzen ezpurutasunak kenduz bakarrik. Beharrezkoa da beste osagai batzuk (kromoa, nikela, banadioa, wolframioa...)

txiago behar baitzen, lortutako tona bakoitzeko. Egur-ikatza (gero eta urriagoa eta garestiagoa baitzen) kokeaz ordezkatu izanak areago merkatu zuen, oraindik, zeharkako metodoz produzitutako altzairua. Mea ere hobeki aprobetxatzen zen, burdina gutxiago gelditzen baitzen zepan, ohiko burdinoletako zepan baino.

AGOAN: altzairuzko agoa (belaki) oretsuan harrapatutako zepak.

FINDUTAKO TOTXOAN: agoa fintzeko berotu eta forjatzean, harrapatutako zepa batzuk kanpoaldera atera eta tantan eran erortzen dira: hori ona da produktuaren azkeneko kalitaterako. Gainontzekoak totxoan jarraitzen dute.



FORJATUTAKO BARRAN: totxoan gelditzen diren zepak barraren barnean luzatzen doaz hura forjatzen den heinean. Bukaeran, barraren nukleoaren jarraipena apurtu eta barra ahultzen duten xafla eta lerro finen modura gelditzen dira.

Metodo horren tamaina eta kontsumo gero eta handiagoak ziren alde txar ia bakarra. Izan ere, kapital handiak sartu ziren jarduera horretan, eta baso ikaragarri zabalak bota, egur-ikatza egiteko (harik eta ikatz hori koke-erako ikatz mineralaz ordezkatu zen arte).

C/ Zementazioa.

Burdinari edo altzairuari karbonoa xurgarazteko eragiketa kimikoa da zementazioa. Horretarako, aski da zementatu nahi den burdina- edo altzairu-pieza hori karbonoa eman dezakeen gai baten aitzinean berotzea. Karbonoa burdinarekin konbinatzen da, eta metalaren gainazala altzairu oso karburatu bilakatzen; altzairu hori, tenplatuz gero, izugarri gogortzen da.

Burdinak, esan dezagun bidenabar, tenperatura handia (900 eta 959 gradu C artean, gutxi gorabehera) duenean soilik disolbatzen du karbonoa.

Barrutik halako zailtasun-maila bat atxiki behar duen eta gainazala oso gogorra behar duen pusketan erabiltzen da zementazioa. Esate baterako, engranajeek, espekek eta antzekoek oso azal gogorra eta erresistentzia handikoa behar dute, higa ez daitezen, eta, bestetik, oso tentsio indartsuak jasateko moduko zailtasuna, barrutik.

Karburatutako geruza ez da izan ohi milimetro-hamarren gutxi batzuk baino lodiagoa, normalean.

Zementazioa egiteko, hartu zementatu beharreko burdina- edo altzairu-piezak, eta ikatzez (edo karbono askoko beste gai batez) betetako kutxetan ipintzen dira. Kutxak itxi

egiten dira, hermetikoki, eta labe batean sartzen, edo tenperatura oso beroan edukitzen, behar den denbora guztian. Karbonoa metalaren gainazaletik abiatuta barreiatzen da, eta metal hori, laster, altzairu bilakatzen.

Zementazioa txit egokia da azal gogorreko eta barnean zailtasuna duten piezak lortzeko. Haren erabilera izugarri agudo hedatu zen, eta bizi-bizi eta indartsu dago egungo altzairu-industrian.

Antzinako piezetan egindako ikerketa metalografikoek zementazioaren teknika oso antzinatik zela ezaguna eta erabilia frogatu dute. Ziurrenik, antzinako burdinoletako sutegietan bertan egingo zen hori, zementatu beharreko piezak tenperatura oso beroan eta giro karburagarrian zenbait orduz edukiz.

Réaumur fisikari eta naturalista frantziarrak definitu zuen gaur egungo industrian erabiltzen den zementatzeko era, 1722an "Burdina Altzairu bihurtzeko bidea" liburua aurkeztu zuenean.

II. ALTZAIRUAREN FABRIKAZIOA EUSKAL HERRIAN.

A/ Zuzeneko metodoa.

Euskal Herriko antzinako siderurgian, ia zuzeneko metodoa besterik ez zen erabili (gero aipatuko diren salbuespen seinalatu batzuk izan ezik). Haren bitartez, gure olagizonek "naturala" bataiatu zuten altzairua egiten zen.

B/ Zeharkako metodoa.

Zeharkako metodoa aurkitzea funtsezkoa izan zen siderurgiaren aurrerapenerako. Metodo hori hartu zuten herriak (egun Alemania, Belgika eta Frantzia osatzen dituztenak), batetik, eta laster batu zitzaien Ingalaterra (non beste aurkikunde bikain bat egin baitzen: labe garaietan ikatz minerala erabiltzen hastea, egur-ikatzaren ordez), bestetik, altzairugintzako buru jarri ziren, eta Europako gainerako herrietako altzairugintzaren hondamena eragin zuten.

1/ Zeharkako metodoari heltzeko atzerapena.

Une hura erabakigarria izan zen Euskal Herriko antzinako siderurgiarentzat. "Lehen iraultzan" (burdinoletan uraren indarra sartzea ekarri zuena), euskal olagizonek gogoz, bizkor eta zuhur jokatu zuten; izan ere, XIV. mendean, Europako siderurgia-tradizio handiko eskualde ugaritan artean lanean "eskuz" ari zirenean, Legazpin, Oiartzunen eta beste zenbait euskal udalerritan ibaiko urak bultzatutako gurpilak ari ziren erabiltzen burdinoletan. "Bigarren iraultzan" (zeharkako metodoa aurkitu eta hartu zenekoa),

Oxidazio- eta desfosforizazio-fasearekin amaitzen da urtze-prozesua. Izan ere, txatarraren urtzea errazteko oxigeno purua injektatu denez, burdina oxidoa eratzen da, eta horrek oxidatzen ditu silizioa, manganesoa eta fosforoa, zeinak zepetara igarotzen diren.

Karbonoaren eta oxigenoaren konbinazioak karbono monoxidoa sortzen du. Karbono monoxidoak, berriz, erreketan beroa eman ez ezik, metal urtuaren irakitea ere eragiten du.

Gaur egun, bai instalatutako potentzia elektriko handiagoagatik, bai urtze-prozesuaren bizkortzeagatik, zepa apartsua eratzen da, eta zepa apartsu horrek labearen hormak babesten ditu arku elektrikoaren erradiazioetatik, txatarra erabat urtu denean.

Zepa hori eratzean, CO (karbono monoxidoa) sortzen da, oxigenozko eta kokezko injekzio konbinatuagatik, eta erreakzio honetan zeparen burdina oxidoaren murriztea-gatik:

$$FeO \text{ (burdina oxidoa)} + C \text{ (karbonoa)} \rightarrow CO + Fe \text{ (burdina)}$$

COak galda-bainuak irakitea eta zepa apar bihurtzea eragiten ditu. Horrek elektrodoak aparretan sartzen uzten du. Horrela, arku elektrikoa askoz eraginkorragoa izaten da, eta zeparen burdina oxidatuaren parte bat berreskuratzen da.

3/ Metalurgia sekundarioa.

Urtze-fasea metalurgia sekundarioa deritzanetik independente izateak, bestalde, altzairuaren egite-prozesuak nabarmen laburtzea eta ekoizpena dezente gehitzea eragin ditu; gainera, altzairuen espezifikazio-aukera zabaltzea eta altzairuaren erabilera gehiagori erantzutea lortu du. Egungo prozeduraz edozein altzairu-mota egin daiteke, lehengaitzat erabiltzen den txatarraren kalitatea aurrez zorrotz zaintzen bada.

Labe elektrikoan lortutako eta zalira isuritako masa likidoa ez dago erabat bukaturik. Finketa-fasea falta zaio oraindik, eta lortu nahi den altzairu-motari dagozkion osagaiak eranstea. Prozesu hori –metalurgia sekundarioa deitua– txatarra urtu den arkuko labe elektrikotik kanpoko beste instalazio batean egiten da. Gainera, prozedura horren bidez, hobeki egoki daiteke altzairua, orain, erabiltzaileen eskakizun zehatzetara, lortzen diren materialen kalitatea findu egiten baita. Esan beharra dugu, bide batez, altzairuei konposizio-mailan gero eta zehaztasun handiagoa eskatzen zaiela.

4/ Lantzeko prozesua.

Altzairua lortzeko prozesuan desoxidazioa da behar-beharrezko faseetako bat. Honetan datza kontua: urtze-fasearen ondoren, labea itzuli eta masa likidoa zalira isuri ondoren, horren azken oxigeno-hondarra deuseztatu egin behar da. Desoxidazio-prozesua egiteko, zenbait agente eta osagai eransten dira, eta, horiek, oxigenoarekin konbinatuz erreakzionatzen dute; ferrosilizioak eta aluminioak, esate baterako. Prozesu horrekin batera,

A/ Energia elektrikoa bero-energiatzat erabiltzea.

Altzairua egiteko prozesu guztietan beharrezko da energia erabiltzea arrabioaren tenperatura igotzeko edo txatar-karea solidoa urtzeko. Beraz, bistakoa da aurrerapen handia izan dela energia elektrikoa bero-energia bihurtzea.

Altzairugintzan beroa sortzeko energia elektrikoa erabiltzeak abantaila ugari ekarri ditu. Bat, hauxe: birziklatze bidez, altzairugile handiek lehengaitzat txatar-kopuru ikaragarriak erabili ahal izatea. Txatarra erabilita, bazterrera botatako gaiak erabiltzen dira egia esan, eta horrek (bistan da) mozkin garrantzitsua sortzen du.

Prozedura horretaz altzairua egiteko orduan, bi teknologia erabiltzen dira energia elektrikoaren erabilerari dagokionez: indukzioko labeak eta arkuko labeak. Bigarren sistema erabiliagoa denez, horri buruz arituko gara. Labe horietan arku voltaikoaren bidez sortzen da bero-energia. Arku voltaikoa, berriz, grafitozko hiru elektrodo ipiniz lortzen da.

1/ Instalazioa.

Luzeegi joko luke arkuko labe elektrikoaren osagai nagusiak xehe-xehe azaltzeak. Labur esanda, labe hori upel handi bat da, barrutik gai erregogorrez estalia, eta kanpotik panel hoztuez jantzia. Labeak altzairu-masa handia eduki dezake barnean, 60tik 150 tonaraino metal urtu. Gainean ganga edo estalki mugikor eta hoztu bat du, eta hortik kargatzen da txatarra. Labeak, gainera, itzultzeko sistema du, eta, horri esker, masa likidoa zalira irteten da. Labe horien ezaugarri bistako bat ganga igarotzen duten grafitozko hiru elektrodoak dira, horiexek sortzen baitute arku voltaikoa, haietatik argindarra igaroarazten denean.

Instalazioaren beste osagai garrantzitsu batzuk: transformadore elektrikoa eta kea biltzeko sistema (ke hori araztu egiten baita).

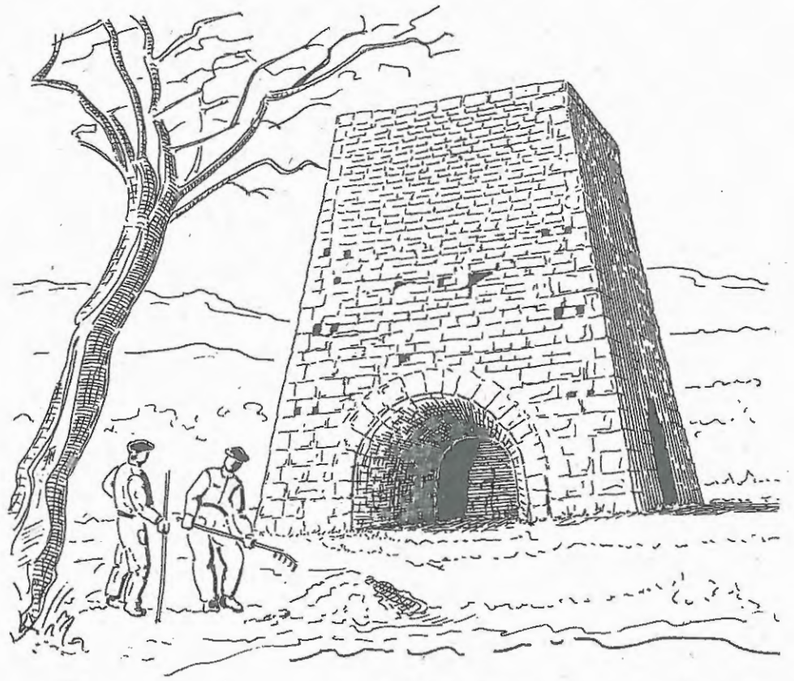
2/ Fabrikazio-prozesua: urtze-fasea.

Metodo horretaz egindako fabrikazio-prozesua asko aldatu da azken hamarkadetan, eta bi fase bereizten dira hartan: lehena, labe elektrikoan egiten den urtzea; bigarrena, zaliko metalurgia edo metalurgia sekundarioa deritzana. Lehen labe elektrikoan egiten zen prozesu osoa; orain, aldiz, fase horiek autonomoak dira, hots, bakoitzak bere instalazio berezia du.

Eragiketen hurrenkera honela izaten da: lehenik txatarra kargatzen da; gero, urtzea, oxidazioa eta desfosforizazioa datoz; hurrena, berotzea, eta, azkenik, masa likidoa zalira isurtzea.

Labea lehen txatar-zamaz kargaturik, korronte elektrikoa konektatzen da, eta, lehengaiarekin batera, karea eta ikatz-hautsa agenteak sartzen dira; aldi berean, oxigenoa injektatzen da, urtzea errazteko. Txatarra urtuz doan heinean, zama gehiago eransten zaizkio hartatik, eta labea betetzeraino errepikatzen da eragiketa hori.

ordea, euskal siderurgia kanpo egon zen hainbat mendez. Beste toki batzuetako erredukziolabeak metrobetetik bost metro baino gehiagora igaro ziren bitartean, euskal burdinoletako "sutegi" zaharrek bere hartan zirauten. Gero, XVI. mendean, europarren lehiagatik piztu zen krisiaren aurrean, agoaren zama handitzeko saio txiki bat egin zen, baina ohiko zuzeneko metodoaren barruan, eta laster utzi zen bide hura ere, lortutako produktuaren kalitatea nabarmenki apaldu zela ohartu zirenean. Euskal burdinolen gainbehera geldiezina zen, eta haien hilzoriak XIX. mendea arte iraun zuen. Salbuespen bakan batzuk (Eugiko eta Orbaitzetako labe garaiak, Nafarroan, eta Bankakoak, Nafarroa Beherean, zeinak aldi labur batez XVIII. mendeko bigarren erdialdean aritu baitziren) kenduta, zeharkako metodoa ez zen ugari erabili Euskal Herrian inon, harik eta XIX. mende erdialdean Ibaizabal ertzeko labe garaiak eraiki ziren arte. Labe horiek, haatik, ez ziren jadanik euskal siderurgia tradizionalekoak, baizik eta gaur egungo siderurgia berri ahaltsukoak.



Bakaikoako labea

Nola azal daiteke euskal burdina-industria XVI. mendeaz gero hain ageriki jokoz kanpo gelditu izana? Fenomeno hori are eta harrigarriago da, gogoan izaki siderurgia zela, hain zuzen ere, aspaldidanik, Euskal Herriko ekonomia- eta gizarte-ongizateei eusten zien zutabeetako bat. Fenomeno hori azaltzea oso konplexua da, eta gaia ez da behar bezain sakon eta zabal aztertu oraindik. Ondoko hauek izan bide ziren motiboetako batzuk: a) Labe garaiek burdina-ekoizpen handia zuten, baina –jakina– egur-ikatza ikaragarri behar zen; baso-eremu izugarri zabalak bota behar ziren horretarako, eta baso horiek ez ziren, jadanik, gai, burdinola tradizionalen premiak asetzeko. b) Ingelesek

(baso-agortze berak jorik) erregaitzat aurrez koke bihurtutako ikatz minerala erabiltzea lortu zutenean, euskal olagizonak ere ikatz-mea horren bila abiatu ziren hemengo bazterretan, baina alferrik. c) Zeharrola hain zen instalazio egokia eta hemengo naturara (ibaien eta erreken ur-emari, mearen ugaritasun eta kalitate, basoen ustiaketa, etab.etara) egokitua, eta lortutako produktuen kalitatea ere, hain zen goraipatua eta bistakoa, non euskal olagizonek metodo-aldaketaren premia, gaia aztertzean, ez zutela garbi ikusi uste baita; adibidez, 1787an, artean, Euskal Herriaren Adiskideen Elkarteak Europako eta Euskal Herriko burdinoletako lan-metodoen ikerketa konparatiboa eskatu zion Fausto Elhuyar jaunari.

2/ Salbuespen nabarmen eta ezohiko bat: Arrasateko altzairua.

Euskal siderurgia tradizionalak, bada, ez zuen hartu beretzat zeharkako metodoa. Baina izan zen salbuespen aipagarri eta zentzu askotan harrigarri bat: XV. eta XVII. mendeen artean Arrasaten produzitu zuten altzairua. Joxe Antonio Azpiazuk gai horretaz aurkitu duen eta haren "Arrasateko altzairua Garibairen garaian" liburuan (Arrasateko Udala, 1999) argitaratu den agiri-sortak frogatzen du, zalantzarik gabe, arrasatear olagizonek, erabili zutela, bai, zeharkako metodoa, beren altzairu famatua egiteko. Eta europarrek ez bezalako arrazoirengatik erabili ere: europarrak produkzio handiak lortzeko ari ziren beren labeak handitzen orduan; arrasatearrek, berriz, kalitate handiko altzairua bilatzen zuten, eta bai lortu ere.

"Masukerak" zeritzeten burdinola batzuetan egiten zen lehen eragiketan, mea erreduzitu eta karbono-maila handiko burdina lortzen zen. Arrasateko olagizonek "arrabioa" deitzen zioten hari. Arrabioa egoera likidoan irteten zen masukeratik. Europako gainerako herrietan ez bezala, masukera ez zuten tamainaz handitu urteetan zehar, baizik eta zeharroletako (ibai ondoko burdinoletako) labe apal arrunt gisa atxiki.

Bigarren eragiketak, hurrenak, arrabio hori kalitate handiko altzairu bihurtzen zuen, eta altzairu hura Europako onenetakotzat eduki zuten urte frankoz. Bigarren eragiketa hori ere, arrasatearrek "tiraderak" zeritzeten ibai ondoko burdinola txiki tradizional batzuetan egiten zen. Lan hori egiten zuten ofizialei "orrikariak" deitzen zitzaien, eta haiexek ziren Arrasate aldeko burdinola guztietako langile estimatuenak.

Zein zen Arrasateko altzairuaren kalitate handiaren sekretua? Zail da galdera horri erantzuten. Kausa bat ez, baizik ugari izan zitzakeen horrek, eta ondoko hauek aipatuko ditugu:

- Erabilitako mea. Udalaitzetik ekartzen zuten. Burdina oxido eta kaltzio karbonatoaren nahastea zen, eta oso modu bizkor, erraz eta merkean erreduzitzen eta karburatzen zuten hura masukera burdinolan.

- Udalaitzeko meak, gainera, ez zeukan osagai kaltegarririk batere, eta horrek berebiziko garrantzia zuen.

- Arrabioa egoera likidoan irteten zen labetik, eta horrek gero tiraderetan lortzen zen altzairu-masa oso homogeneoa izanen zela ziurtatzen zuen.

foroa karearekin konbinatzen zen, eta zepetan eransten, altzairura igaro ordez. Karearen bitartez, era berean, sufrea ere zepetara igarotzen da.

Aurkikunde horregatik aurrerantzean aintzat hartu beharreko bi osagai sartzen zaizkigu: erregogorrak –hots, ea azidoak ala basikoak diren– eta urgarriak. Gai erregogorrak, lehengai ez diren arren, oso garrantzitsuak dira altzairua egiteko prozesuetan. Haiek konposizio azidoko edo basikoko izateak zuzeneko eragina du siderurgiako edozein instalaziotan. Erregogorrak produktu zeramiko konposatuak dira, eta ederki jasaten dituzte prozesu horietan behar diren tenperatura handiak.

Urgarriei dagokienez, zepa osatzen duten konposatuek likidoturik egon behar dutela esan behar da, kendu nahi diren ezpurutasunak zepa horrekin konbina daitezen, burdina urtuan gelditu ordez. Hori lortzeko, karea, dolomia, kareharria, fluor espatoa etab. eransten dira. Horiek izugarri jaisten dute zepen urtze-tenperatura, eta, horrela, zepak xurgatu egiten ditu nahi ez diren osagaiak, zeinak bestenaz altzairuan gelditukо bailiateke.

C/ Martin Siemens prozedura.

Martin Siemens prozedura 1865ean asmatu zen. Berezitasun nagusia labea eraikitzeko moduan zetzan. Labe hartan aireari erantsitako gasaz ematen zen bero-energia, baina labe hark halako egitura zuen, non erabilitako erregaiaren energia askoz hobeki baliatzen baitzuen. Labe hartan 1.800 gradu C-ko tenperatura iristen zuten.

Instalazio horrek txatar-kopuru handiagoa uzten zuen erabiltzen, mearekin nahastuta, arrabio urtuzko masaren ohetzat, eta hura guztia kare eta magnesia kiskalizko geruzaz egoten zen estalirik. Erretzen ari ziren gasen eragina jasota, altzairua lortzeko prozesu guztietan behar-beharrezko diren erreakzio kimikoak sortzen ziren. Labe horietan oso tenperatura handiak erabiltzen zituztenez, horrexek aldatzen zuen nahi ez ziren ezpurutasunen deuseztatze-hurrenkera. Kasu horretan karbonoa erretzen zen lehenik, eta kearekin batera joaten zen. Hurrena, silizioa eta fosforoa zepa likidoarekin batzen ziren. Burdinamasa hein batean oxidaturik gelditzen zenez, manganesoa eransten zen, metalari oxigenoa murrizteko, eta karbonoa eransten zitzaion gero, ikatz- edo grafito-forman, metala nahi zen mailaraino birkarburatzeko .

II. ALTZAIRUA EGITEKO EGUNGO PROZESUAK.

Egungo siderurgian, altzairuaren fabrikazioa bi prozedura hauetaz egiten da:

- Arkuko labe elektrikoaren bitartez, bero-energiatzat energia elektrikoa erabiltzen dela.

- Labe garaiaz eta LD altzairutegiaz osatutako eta siderurgia integrala deritzan prozeduraz.

Gailua udare-formako ontzia zen, eta bihurgailua deitzen zitzaion. Metalezko xafla lodiaz zegoen babesturik kanpotik, eta gai erregogorrezko geruzaz jantzirik, barrutik. Bihurgailua kojinete batzuen gainean egon ohi zen jarririk, eta guztia ardatz horizontal baten inguruan biratzen zen. Horrela, erraz kargatzen zen, eta bai hustu ere, prozesua amaitutakoan.

Pudelatze-prozesuan bezala, hasierako materialaren ezpurutasunak kentzean oinarritzen zen arrabioaren finketa-prozedura, baina alde bat zegoen bakarrik: aurrerantzean, arrabio likidoa erabiliko zen zuzenean, ez totxoa, eta, horrela, findutako altzairu likidoa lortuko zen.

2/ Prozesua.

Prozesua hasteko, bihurgailuaren barruko hormak berotzen ziren aurrena, egurrez, huilaz eta kokez. Erregai errea eta errautsak atera ondoren, labe garaiko lehen galdaldiko arrabio likidoa ipintzen zen bihurgailuan. Lehenago berotutako airea injektatzen zen bihurgailuaren zorutik. Horrek masa likidoa igaro eta astindu egiten zuen.

Masa likidoan injektatutako aireak ezpurutasunen oxidazio-prozesua eragiten zuen, eta, laster, silizioa, manganesoa eta beste osagaiak zepetara igarotzen ziren. Karbonoari zegokionez, berriz, oxigenoarekin konbinatuta, erre egiten zen: karbono monoxidoa sortzen zen hortik, eta metal-masa egoera likidoan atxikitzeko adina bero. Karbono monoxido hori gas gisa irteten zen, kearekin nahasturik.

Injektatutako aireagatik, halako oxidazioa sortzen zen metal-masan. Efektu horri aurka egiteko, manganesoa eransten zitzaion masari, eta hark murriztu egiten zuen oxidoa, zeren manganesoak afinitate handiagoa baitu oxigenoarekin, burdinarekin baino.

Ikatza ere eransten zen, altzairua karburatzeko, harik eta konposizioak nahi zen karbono-maila iritsi arte.

Bessemer bihurgailua aurrerapen handia izan zen. Hari esker, emaitza onak lortu zituzten Muskizko eta beste zenbait herritako mineraleetan. Somorrostroko meak ia ez zeukan fosfororik. Osagai hori oso kaltegarria da altzairuarentzat. Fosforoa oxidatu egiten da airea sartuta, baina ez da suntsitzen, altzairuan jarraitzen baitu. Haren ondorioz, altzairua hauskorrago da, hotzean.

3/ Fosforoa daukaten meentzako konponbide berria.

Meatoki garrantzitsu zenbait -Frantziako Lorrena eskualdekoak, kasu- ez ziren on Bessemer prozedurarako, hango mearen fosforo-eduki handiak ingurugiro-tenperaturan oso altzairu hauskorrak ekoizten baitzituen. 1878 eta 1880a artean, Sydney Golchrist Thomas ingelesak (1850-1885) konpondu zuen Bessemer prozedurak mea fosforatuekin sortzen zuen problema. Kendu bihurgailu barruko erregogor silizeoa –zeina azidoa baita–, eta erregogor basikoaz ordezkatu zuen; erregogor basiko hori dolomiaz egindako adreiluz lortzen da, eta karea eta magnesia erabiltzen dira urgarritzat. Hari esker, fos-

- Zeharkako metodoaz aritu garenean aipatu denez, masukeran ere, arrabioa eta zepa likidoak sortzen zirenean, zepa ia era perfektuan kentzen zen, eta, hortik, azkenean, inongo zikinkeria kaltegarririk gabeko produktua irteten zen.

- Oso zorrotz zaintzen zen altzairu-barren kalitatea. Orrikariek egiten zuten fintzelana, artisau-lana zen benetan. Tiradera bakoitzean, 35/40 kilo bakarrik produzitzen zen eguneko, eta, lan-modu horrek, produzitutako barra bakoitzaren muturra hausten eta nolako kalitatekoa zuen ikusten uzten zuen.

Kalitate handiko altzairua egiteak hiru mendeko ongizate ekonomiko eta soziala ekarri zion Arrasateri. Arrasateko burdinoletako altzairua Europa osoan saltzen zen, eta berme handiko altzairua behar zen erabileretarako saltzen zen batik bat. Altzairugintzan ari ziren instalazioak izugarri ugaldu ziren, eta, aldi batez, lau masukera handi eta hirurogeiren bat tiradera txiki ari ziren lanean herrian. Horrekin batera, herriko biztanleria ere, dezente hazi zen.

Nola sortu ote zen, Arrasaten, ez produkzio handiagoa, baizik eta kalitatea gero eta gehiago hobetzea bilatzen zuen zeharkako metodo hura?

1262ko agiri batean, aipatzen da, dagoeneko, Arrasateko burdinoletan erabiltzen zuten Udalako mea. Inon ez da ageri, ordea, hango burdinoletan egiten zen produktua Gipuzkoako gainerakoetan egiten zenez bezalakoa zenik. 1355ean, auzia sortu zen, Arrasateko altzairu-zama bat Gasteiza zeramaten bi mando konfiskatu zituztenean, baina gaia aipatzen duten agiriek ez diote, inon, altzairu hura zein metodoz zen egina. 1390eko agirietan, ageri dira, jadanik, "orrikari" lanbideko pertsonak, Arrasaten. "Orrikari" terminoa mende askotan erabili zen Arrasaten, eta tiraderak izeneko burdinoletan zeharkako metodoaren bigarren eragiketa (hau da, arrabioa altzairu bihurtzea) egiten zuten ofizialei deitzen zieten horrela.

1479ko abenduaren 6an, Hernanin egindako Gipuzkoako Batzar Nagusietan, "Arrasateko arrabioa eta altzairua lantzeko orrikarien, porrikarien eta maisuen Kofradiak" aurkeztutako demanda bat aztertu zuten. Kofradia hori urte asko lehenago zen eratua, eta halaxe frogatzen du 1434ko agiri batek. Aipatu agiriak Arrasateko meatzarien (Udalaitzeko mea ateratzen zutenen) lehen ordenantzak jasotzen zituen, eta agiri horretan zioen "herri bereko orrikarien kofradiaren eskariz egin zirela" ordenantza horiek. Orrikarien kofradia, bada, Arrasateko antzinakoena zen, eta 1434a baino lehenago eratua, nonbait.

Arestian agertutako guztiagatik, lasai asko esan daiteke XIV. mendeko bigarren erdialderako (hor agertzen dira lehen orrikariak) ari zirela, jadanik, zeharkako metodoaz altzairua egiten Arrasaten, eta bazela, jadanik, orrikarien (zeharkako metodoko ofizial nagusien) kofradia bat, XV. mendeko lehen urteetan.

Lehenago esan dugunez, XIII./XIV. mendeetan hasi ziren altzairua egiteko zeharkako metodoa erabiltzen Europako iparraldean eta erdialdean. Bistan da laster ekarri zutela

metodo hori Arrasatera. Nork ekarri ote zuen, ordea? Galdera interesgarria da hori, gure antzinako siderurgia ikertzeko, eta egingo genuke inork ez duela egin oraindik. Galdera horren aurrean, bi hipotesi dira: bat, "inportatu" egin zuten metodoa Arrasatera; bi, Arrasateko olagizonek berek asmatu edo egokitu zuten.

3/ Zeharkako metodoa Gipuzkoako burdinoletan.

Arrasatek zeharkako metodoa erabili zuen altzairua egiteko. Sartu ote zen metodo hori Euskal Herriko gainerako eskualdeetara? Segur aski, bai. Hara, J. I. Telletxea Idigorasek, bere "Hernaniko Aingurak" liburuan, Euskal Herrian 1752an ari ziren burdinolen zerrenda oso zehatza argitaratu zuen, eta, hor, Gipuzkoako bederatzi burdinolek egiten zutela altzairua orduan zioen. Susmoa dugu burdinola horiek zeharkako metodoa erabiltzen zutela. Izan ere, handik urte gutxira, 1775ean Euskal Herriaren Adiskideen Elkarteak egindako agirietan, zehatz-mehatz ageri baita Gipuzkoako altzairu-olek erabiltzen zuten prozedura, eta prozedura hori ia oso-osorik dator bat XV. mendean Arrasaten erabiltzen zenarekin. Kasu bietan, aurrena arrabio likidoa lortzen zen, eta "tiradera"-erako burdinola txiki batean fintzen hura, gero. Lehen fasean bakarrik zegoen aldea bi prozeduren artean; mea arrabio bihurtzekoan, zehazki: Arrasaten eragiketa bakarrean egiten zen hori, masukera-erako burdinoletan; Gipuzkoako gainerako eskualdeetan, aldiz, bi eragiketa behar ziren: lehena, mea burdina-totxo bihurtzeko, eta bigarrena, burdina-totxo horiek arrabio bihurtzeko. Zergatik alde horrek Arrasateko altzairua ikaragarri merkatzen zuen? Beharbada, Udalaitzeko mea egokiagoa zelako. Testigantza batzuen arabera, Bizkaian ere, garai horretan, antzeko prozedura erabiltzen zuten.

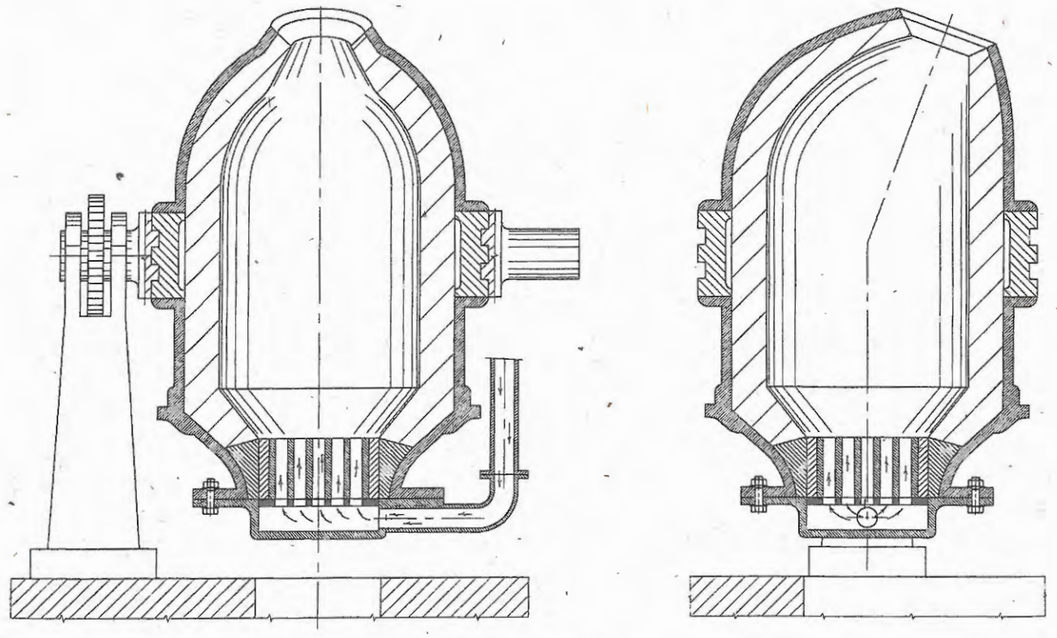
4/ Zeharkako metodoa Legazpin.

Legazpiko haranean, mende ugariz burdingintzan aritutako harana izaki, pentsatzekoa da bietara egingo zutela altzairua, bai zuzeneko metodoaz, bai zeharkako metodoaz. Gaia sakon aztertu ez bada ere, aurkitu da lekukotasun garbi asko bat: Bikuña burdinola altzairua egiten aritu zen 1783 eta 1820a artean. Aldi horren hondarrean hango instalazioen balorazio zehatza egin zen; balorazio horretan, zain- eta altzairu-kopuruak ageri dira, eta baita erdiko edo fabrikatze-prozesuan ziren produktuak ere: zain kiskalia, burdina gordina totxotan, arrabioa, altzairu urtua, altzairua barratan... Baldin eta produktu horiek, inbentarioak (errealetan eta kintaleko) eransten dien prezioaren arabera, ordenatzen baditugu, ondoko segida ateratzen zaigu, txikitik handira:

Zain kiskali gabea (3,5 err/k) / Zain kiskalia (5 err/k) / Burdina gordina totxotan (74 err/k) / Arrabioa (140 err/k) / Altzairu landua (204 err/k)

Segida horixe jarraitzen zuen, hain zuzen ere, gaiak, Gipuzkoako burdinolek altzairua egiteko erabiltzen zuten (lehentxeago azaldu den bezala) zeharkako metodoan, eta horrek frogatzen du Bikuñak ere metodo horixe erabili zuela altzairua egiteko, XVIII. mende azkenean eta XIX. mende hasieran.

Labe garaian produzitutako arrabioaz altzairua egiteko teknika menderaturik, hobekuntza teknologikoetan oinarritu dira (funtsean) altzairua lortzeko aldaketak. Hobekuntza teknologiko horiei esker, hobeto erabili ahal izan dira energia-iturriak, emaitza hobeak lortzeko, eta hobeto erabili ahal izan dira lehengaiak ere. Horrek guztiak eta prozesuen hobetzeak kalitate hobeko altzairua lortzea eragin dute.



Bessemer bihurgailua.

Horrek finketarako erabilitako sistemen garapena erraztu du. Sistema horiek eskakizun ugariri erantzuteko gai izan dira, eta, horrela, altzairu-mota ugari lortu ahal izan da, zeinak honela sailka baititzakegu: eraikuntza-altzairuak, erreminta-altzairuak eta altzairu herdoilgaitzak eta beroarentzako erresistenteak. Sailkapen horretako atal bakoitzean ere, badira beste sailkapen batzuk, bertako altzairuen konposizio kimiko ezberdinen arabera-koak.

1/ Bessemer bihurgailua.

Bessemer bihurgailuak prozesu iraultzailea sortu zuen altzairugintzan. Bihurgailua Henry Bessemer ingeles metalurgialariak (1813-1898) asmatu zuen, 1856an. Gailu horren bitartez, presiopeko airea injektatzen zen arrabio likidora, haren ezpurutasunak oxidatzeko erreakzio kimikoak sor zitezen.

Pudelatze-labe barruko prozesuak hainbat fase zuen:

a) Lehen fasean, arrabioa urtu egiten zen, lingoteari zerizkion malkoen bitartez, eta hori mearen eta txatarraren burdina oxidoarekin konbinatzen zen. Horrela, altzairugintzan burdinurtu edo galdaren ezpurutasunak deuseztatzeko behar den 'oxidazio-maila zehatza' deritzana lortzen zen.

b) Hurrengo urratsean, sortzen ari zen galda-bainu urtuaren azalean, karbono monoxidoa erre egiten zen, eta masa urtua irakiten ipintzerainoko beroa sortzen zuen. Masa irakiten ari zenean, burbuilek etengabe eragiten zioten, etengabe astintzen zuten, eta horrek kendu egiten zituen ezpurutasunak, neurri batean bederen.

c) Totxoari karbonoa kenduta, masa likidoa oretsu hasten zen bihurtzen; izan ere, karbono-edukia txikiagotuz doan eran, igo egiten da burdinaren urtze-tenperatura, eta, pudelatze-labeak, jadanik, ez zuen lortzen tenperatura hori. Eratzen ari ziren pikor oretsuak, berriz, burruntzi batez biltzen ziren, bola moduko batean, eta lan hori izugarri nekagarria zen espezialistarentzat.

Pudelatze-labeko azken produktua lortzen zenean, burdina-masa hura trinkotzeko, hari azken zepa-hondarrak kentzeko, gabiaz forjatzen zuten; gabia hori lurrun-indarraz ibiltzen zen. Azkenik, lortutako produktuak beroko deformazioa jasaten zuen, ijezkailuan.

2/ Lortutako produktua.

Pudelatze-labeetan lortutako altzairuak honakoa zuen ezaugarri nagusi: arrabio-totxoa urtuz lortzen zela. Baina halako prozesua erabiltzen zen horretarako, non tratatutako masak azkenean itxura oretsua hartzen baitzuen, zeharroletan (ur-burdinoletan) lortzen zen produktuaren antzekoa. Azken produktua, bada, altzairu gozo, erraz forjatzeko eta karbono gutxikotzat jo zitekeen.

3/ Historia-oharra.

Sistema hori XIX. mendearen erdialdean ezarri zen Euskal Herrian. Boluetako (Bizkaia) Santa Ana fabrikan (1845) eta Araiako (Araba) fabrikan (1858) erabili zituzten pudelatze-labeak.

B/ Aurrerapen handi bat: Bessemer bihurgailua.

Pudelatze-metodoaz lortutako altzairuak merkatuaren estimazioa –eta burdina forjatuen artean salmenta-txoko bat– atxikitzen zituen arren, halaber labe horiek labe garaiko gasak erabiliz berotuz aurrezte handia egiten zen arren, altzairu horrek lehiatzeko gaitasuna galdu egin zuen beste metodo batzuez egindako altzairuen aldean, baita karbono gutxiko altzairu gozoen (pudelatze-labeetan egiten ziren antzekoen) mailan ere.

Europan, burdina forjatua atzera egina zen altzairuaren aurrean, XIX. mendeko laurogeita hamarreko hamarraldi hasieran. Euskal Herrian, XX. mendearen hasieran hasi ziren sartzen altzairua egiteko sistema berriak.

C/ Zementazioa.

Prozedura hori oso aspalditik erabili zuten, segur aski, euskal olagizonek. Aro modernoan, berriz, Réaumur-ek gai horretaz egindako ikerketen berri oso goiz jakin ziren Euskal Herrian.

Euskal Herriaren Adiskideen Elkartearen ekimenez, Réaumurren ikasle batzuek (Grignon-ek, esaterako) Bergarako Errege Mintegian irakatsi zuten, eta saiakuntza asko egin zituzten haren inguruko burdinola batzuetan. 1711n honela utzi zuten idatzirik elkarte horretako jarduera-aktetan: "Saio berezi bat egin da, burdina forjatua altzairu bihurtzeko lanean, Réaumurren metodoari jarraituz, Mutiloako eta Muskizko meaz egindako burdina-barrez". Hurrengo urteetan (1772-1775), zementazio-saiakuntzak egiten jarraitu zuten, eta era askotako emaitzak lortu zituzten. Hurrena, 1776an, hiru labe eraiki zituzten Bergaran, neurri ezberdinetakoak, eta emaitza onak lortu, itxuraz: "Zementazio hauetan oso kalitate oneko altzairua lortu da, eta harekin egindako tresnetan eta instrumentuetan igarri dute hori". Eta 1777an, berriz, honela diote: "Proba ugari egin ondoren, burdina altzairu bihurtzea lortu da, eta altzairu horrek ez du lotsarik Alemaniakoaren aurrean".

Bergarako labeek 1781a arte jarraitu zuten lanean, gutxienez, eta beste labe batzuk eraiki ziren Gipuzkoan (Alegian, kasu, 1778an).

Frogaturik dago Legazpin ere erabili zela, noizbait, zementazio-metodoa. Mirandaolako burdinolaren 1804ko errentamendu-kontratu batek dio burdinola horrek "gabi bat eta zementazioko labe apal bat zituela".

ALTZAIRUA EGUNGO SIDERURGIAN

Zientzia fisikoari eta kimikoari esker interpreta daitezke siderurgiako produkzio-prozesuetako fenomeno anitz. Gainera, teknologia altzairuaren arazketa-prozesuak menderatzeko erabili da beti, lortutako produktua nahi ziren ezaugarrietara egoki zedin. Ezaugarri horiek altzairuaren erabilera-motaren araberakoak izaten ziren, noski; hau da, altzairuak erabileraren eskakizunei erantzuteko gai izan behar zuen.

Altzairugintzan erabiltzen diren osagai eta produktu guztien erreakzio kimikoak pixkanaka ezagutzera eta menderatzera heltzeak, jakina, altzairua egiteko sistema ezberdinak praktikatzea erraztu du. Praktika horiek produkzio-prozesuak mailaka hobetzeko izan dira, teknologia berriak eta instalazio emankorragoak sartu ahala, baina baita azken produktuaren lorpenean osotasun edo perfekzio handiagoa lortzeko ere; eta konstante bat dago beti: zeharkako metodoa erabiltzen da.

Komeni da metodo horietako batzuk deskribatzea, bai altzairugintzako produkzio-prozesuetan gertatu den bilakaera nabaritzeko, bai horietako bakoitzak ekarri dituen berezitasunetako batzuk agertzeko.

I. ATZERAKA DOAZEN PROZESUAK.

A/ Pudelatze-labeak: finketa-prozesuko aldaketak.

Xeheki azaldu dugu, lehen, altzairua antzinako siderurgian (edo siderurgia tradizionalean) nola lortzen zen, zeharkako metodoaren bitartez. Bazen funtsezko fase bat, fintze deitua, eta esana dugu labe apaletan (burdinoletakoen antzekoetan) egiten zela hori, labe garaitik ateratako produktua deskarburatzeko.

Arrabioa (labe garaian lortutako burdinurtua) fintzeko eragiketan ezarri zen hobekuntzarekin iritsi zen, hain justu, siderurgia modernoko aurrerapen teknologiko interesgarri bat; pudelatze-labeak sortzearekin, zehazki. Haien bitartez, metalak zeukan karbono-parte bat kendu ez ezik, produktuak zeuzkan ezpurutasunak ere murrizten ziren hein handi batean.

1/ Finketa-instalazioaren eta finketa-prozesuaren ezaugarriak.

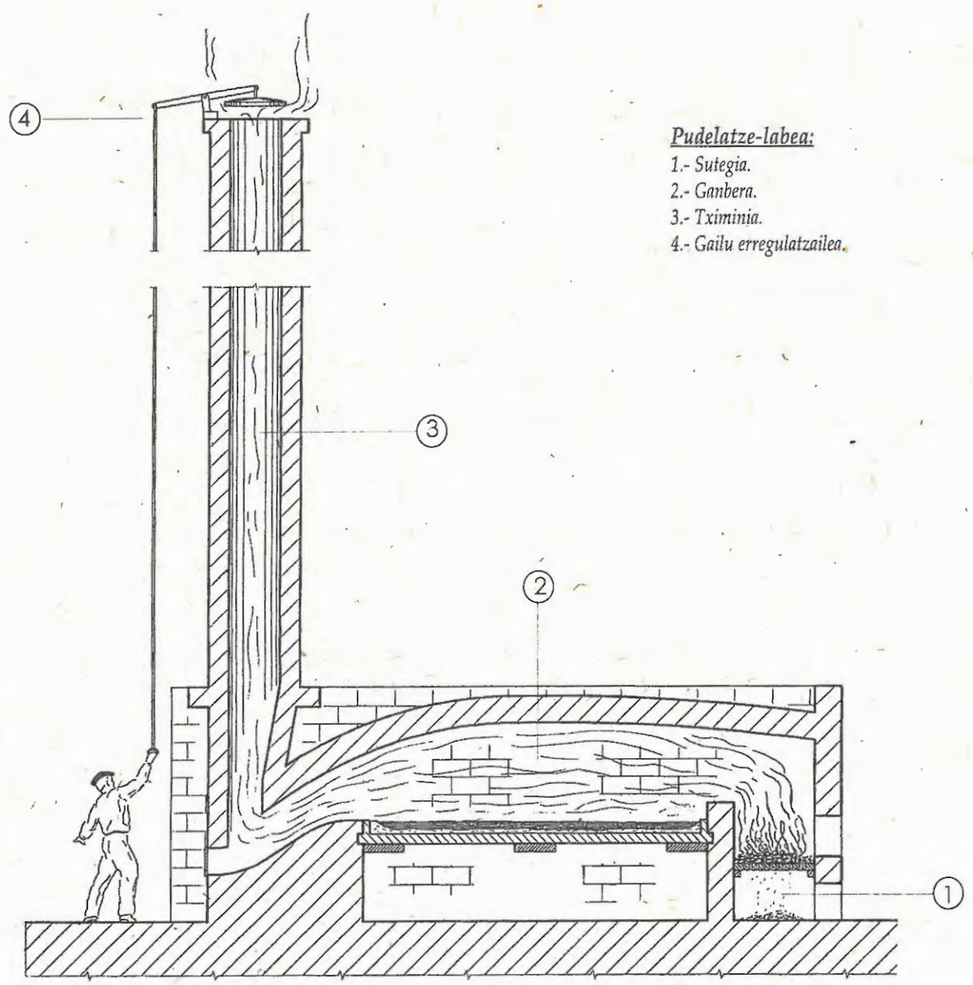
Pudelatze-prozesuetan, osagai edo gailu hauek ziren instalazio osoan: lehen galdaldiko arrabio-lingotea lortzeko labe garaia, pudelatze-labea, gabia eta beroko ijezkailua.

Prozesuan pudelatze-labea bera zein garrantzitsua zen aitorturik, orain labe horren osagaiak izendatuko ditugu: sutegi bat, huila ikatza erretzeko; ganbera bat, labe garaitik ateratako lingotea lantzeko, eta gasak irteteko tximinia, irteeran gailu erregulatzaile bat zuela. Labe-mota horretan, erregaiak ez zuen ukitzen lingotea. Horixe da, hain zuzen ere, antzinako prozesuekiko alde nabarmen bat. Sutegiko sugarrak miazkatu egiten zuen lingotea, eta beroaren islatze-efektua sortzen; horregatik, "erreberberaziozko labeak" deitzen zitzaien labe haiei.

Sutegian ikatzari su emanez hasten zen lan-prozesua, pudelatze-labean. Hasieran, egur-ikatza erabili zen; gero, huila. Erregai horrek ematen zuen bero handiaz, burdina oxido eta txatar-geruza baten gainean ipinitako totxoa urtzen hasten zen, malko moduko batzuetan, eta honako erreakzio kimiko hauek sortzen ziren, besteak beste:

Labeko zoruan ipinitako materialen burdina oxidoaren oxigenoa totxoko karbonoarekin, silizioarekin eta fosforoarekin hasten zen konbinatzen.

Burdina oxidoaren oxigenoa eta arrabioaren karbonoa konbinatuta sortutako karbono monoxidoa erre egiten zen, bero handia ematen zuen, eta tximiniatik irteten zen, gero. Fosforoa eta silizioa, aldiz, oxido bilakatzen ziren, eta zepa urtuaren zati gelditzen (zepa hori burdin mearen ganga edo zikinkeriagatik sortzen zen, hein batean). Gangak honako osagai nagusiak edukitzen zituen: silizea, harea-forman, eta alumina, buztin-forman.



Pudelatze-labea:
1.- Sutegia.
2.- Ganbera.
3.- Tximinia.
4.- Gailu erregulatzailea.