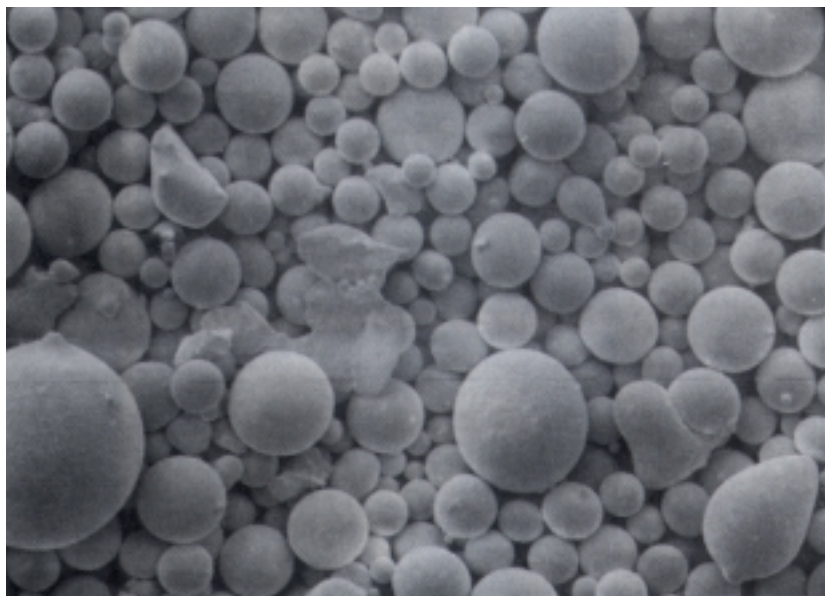


# HAUTS-METALURGIA:

## ANTZINAKO KONTZEPTUAK, BAINA PRODUKTU BERRIAK

J.M. Rodriguez Ibabe

*Hauts metalikoak biltzea eta pieza trinko bat osatzeko zanpatzea, hau da, hauts-metalurgia, ez da lan-prozedura berria. Hala ere, azken urte hauetan lortutako emaitzak ikusi ondoren, hemendik aurrera metalurgiaren esparru garrantzitsu bat osatzen ari dela azpimarratu beharko dugu. Artikulu honetan hauts-metalurgia zertan datzan eta bere abantailak ohizko prozedurarekiko konparatuz zeintzuk diren aipatuko dugu.*



*Gasezko hausketaren bidez lortutako hauts metalikoak. Hautsak esferikoak dira eta oxidatu gabe daude (CEIT-eko Hauts-Metalurgiarako taldeak egindako argazkia da eta arakatzeko mikroskopia elektronikoaz (AME) baliatu dira. Handiagotzea: x 640).*

**H**AUTS-METALURGIA berez ez da teknologia berria. Hauts metalikoak erabiltzen zirela baieztatzen duten lehenbiziko adibideak duela 4.000 urte baino lehenagokoak dira. Horrek ez gaitu harritu behar. Hauts-metalurgian ezezik, gainerako prozeduretan metalak urtu egin behar dira eta horretarako kasu gehienetan potentzia handiko labeak behar izaten dira. Beraz, antzina urtze-puntu altuko metalekin menperatzen zen lan-prozedura bakarra, hautsak erabiltzea zen. Ondorengo taulan XX. mendera arte metalurgiaren adar honek izandako aurrerapenaren adibide batzuk aipatzen dira.

Hauts-metalurgiaren erabilpena antzinatean:

* Burdinazko erremintak (Egipto) .....	K.a. 3000. urtean
* Burdinazko zutabea Delhi-n (Indian) .....	K.o. 400. urtean
* Kalitate handiko ezpatak (Arabian) .....	K.o. 1000. urtean
* Metal preziatuz egindako piezak (Peruko ketxuarrek) .....	1500. urtean
* Platino-lingoteak (Britainia Handian) .....	1826. urtean
* Kobrezko txanponak (Alemanian) .....	1840. urtean

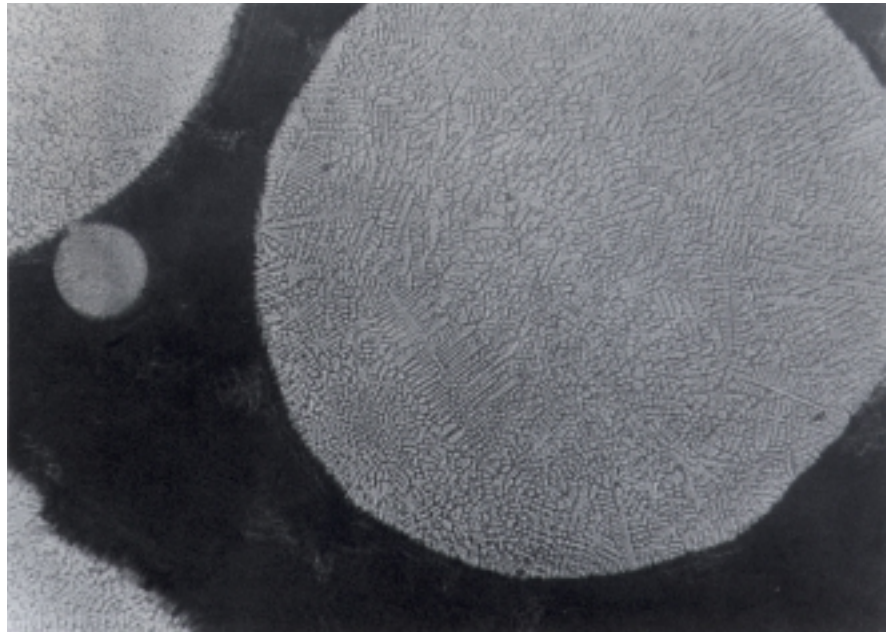
Mende honen hasierari Goolidge-k wolframioz egindako harizpia garatu zuenean, hauts-metalurgia modernoa sortu zen. Prozesu industrial bezala, lehenbiziko aldiz I. Mundu-Gerra hasi baino lehen jarri zen martxan burdin hautsez osatutako granadak produzituz. Geroztik, prozedura hau oso metal-mota desberdinekin erabiltzen ari da. Ezagunenetakoak ondoko mate-

rialak ditugu: erreminta-altzairuak, altzairu herdoilgaitzak, aleazio ferromagnetikoak, aleazio erregogorak, kobrea eta berauen aleazioak, aluminio- eta titanio-aleazioak, eta abar.

Hauts-metalurgia klasikoan (sistema berrienak jarraian aztertuko ditugu), hauts metalikoak prentsaturik eta sinterizatuz pieza trinkoak egiten dira. Prozedura sin-

pleenaren kasuan, burdin hautsa grafitoarekin eta labaingarri batekin (zink estearatoarekin adibidez) nahastu egiten da. Ondoren prentsa hidrauliko edo mekanikoaren bidez trinkotu egiten da, pieza edo pastila bat lortu arte. Pieza hauen dentsitatea 6 eta 7 g/cm<sup>3</sup> bitartekoa izaten da, maila hori eskuz desegin gabe maneiatzeko nahikoa izanik. Dentsitate hori oraindik teorikoa (hau da, pieza guztiz trinkoari dagokiona) baino txikiagoa denez, piezaren prozesua osatu gabe dago. Fase honetako produktuari (hau da, hautsa trinkotuta bakarrik egoteari) “berde” deritzo.

Dentsitate hobea lortzeko produktu “berdea” sinterizatu egin behar da. Horretarako pieza labera sartzen da eta tenperatura altuak erabiliz, lehenbizi labaingarria erre egiten da eta ondoren, hautsak elkartu egiten dira hutsune-kopurua murriztuz, eta beraz, dentsitatea handiagotuz. Sinterizazioan piezaren bolumena txikiagotu egiten da. Hori dela eta, txikiagotze-fenomenoa aurretik kontutan eduki behar da piezaren bukaerako dimentsioak perdoi-bitarte baten barruan egon daitezten. Lortutako produktuaren propietateak dentsitatearen balioarekin erlazioz daude. Materialak zenbat eta hutsune gutxiago eduki, ezaugarri mekanikoak hainbat eta hobekiago izango dira. Prozesuan azaltzen diren aldagai desberdinak ondo kontrolatu behar dira dentsitate onena lortzeko. Aldagai batzuk honako hauek dira: hautsen tamaina, forma eta kalita-



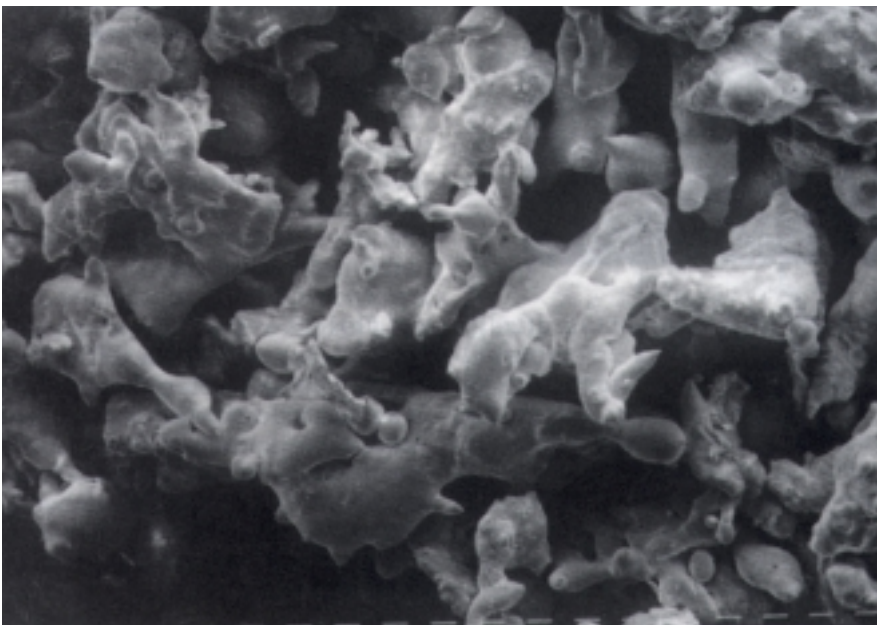
*Gasezko hausketaren bidez lortutako hauts baten mikroegitura. Hautsa leundu ondoren, eraso kimiko bat jasaten du mikroegitura ikusterazteko. Hautsa dendritaz (zuhaitz-erako formaz) osatuta dago (CEIT, mikroskopia optikoa: x 250)*

tea, sinterizazio-tenperatura eta denbora, labaingarria eta abar.

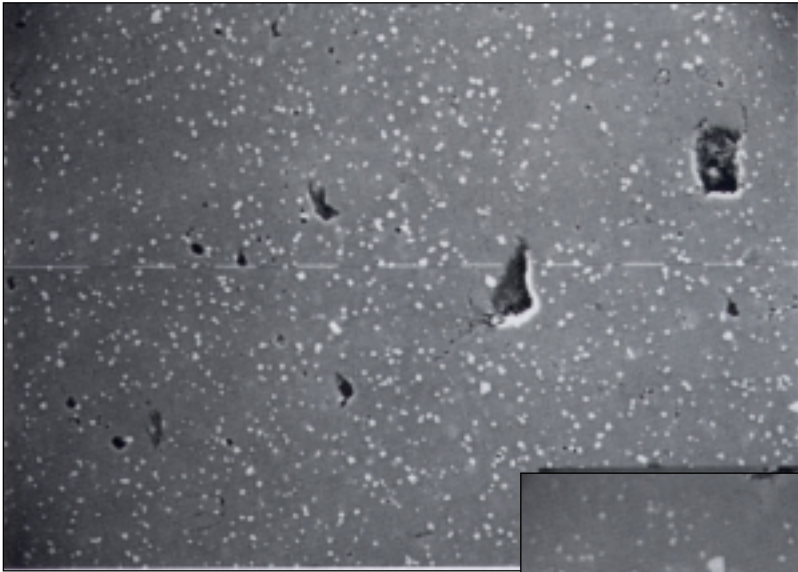
Aplikazio askotan karbono-altzairu batek dituen propietate mekanikoak ez dira aski izaten. Egoera horietan, propietate hobek lortzeko altzairua elementu desberdinez aleatzen da. Hauts-metalurgiaren aplikazioetan ere hori gertatzen zenez, duela hamabost urte burdinazko hautsen ordez hauts aleatuak erabiltzen hasi ziren.

Hauts aleatuak lortzeko prozedura desberdinak daude. Hemen bi sistema hauek aipatuko ditugu: urezko hausqueta eta gasezko hausqueta.

Urezko hausketan prozedura konbentzional baten bitartez lortutako aleazio-altzairuzko lingotea urtu egiten da. Aleazioa zaliaren hondotik isurtzen denean, berehalaxe presio handiko ur-zorrotdak erabiliz likidua tantatan deskonposatu egiten da. Horrela sortutako tantatxoak oso azkar solidotzen dira eta propietate aldetik, hauts bakoitza “mikrolingotea” balitz bezala kontsidera daiteke. Ondoren hautsak jasotzen dira eta lehorketa-prozesu bat jasanez gero prest daude merkaturatzeko. Prozesuan, energia asko kontsumitzen



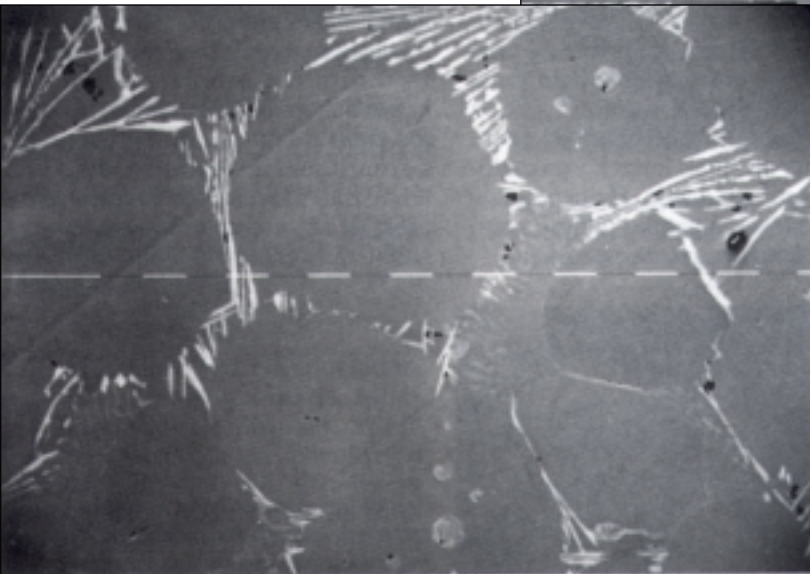
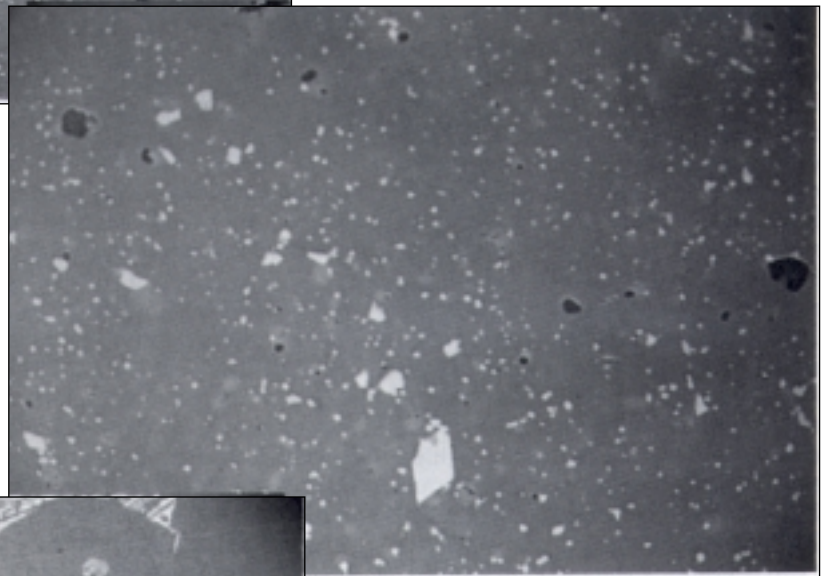
*Urezko hausketaren bidez lortutako erreminta-altzairu baten hautsak. Lehenengo kasuarekin konparatuz, orain hautsen formak oso desberdinak dira eta beraien gainazala oxidoz beteta dago (CEIT-eko Hauts-Metalurgiako taldeak egindako argazkia, AME: x 320)*



*Sinterizazio-temperatura oso garrantzitsua da. Ondorengo argazkietan CEIT-en egindako erreminta-altzairu baten sinterizazioaren emaitzak temperaturaren arabera nola aldatzen diren erakusten da. Argazkietan azaltzen diren puntu beltzak hutsuneak dira eta txuriak karburoak (CEIT, mikroskopia optikoa: x 640)*

a)  $T = 1240^{\circ}\text{C}$ , hutsune asko oraindik itxi gabe

b)  $T = 1250^{\circ}\text{C}$ , egoera optimoa



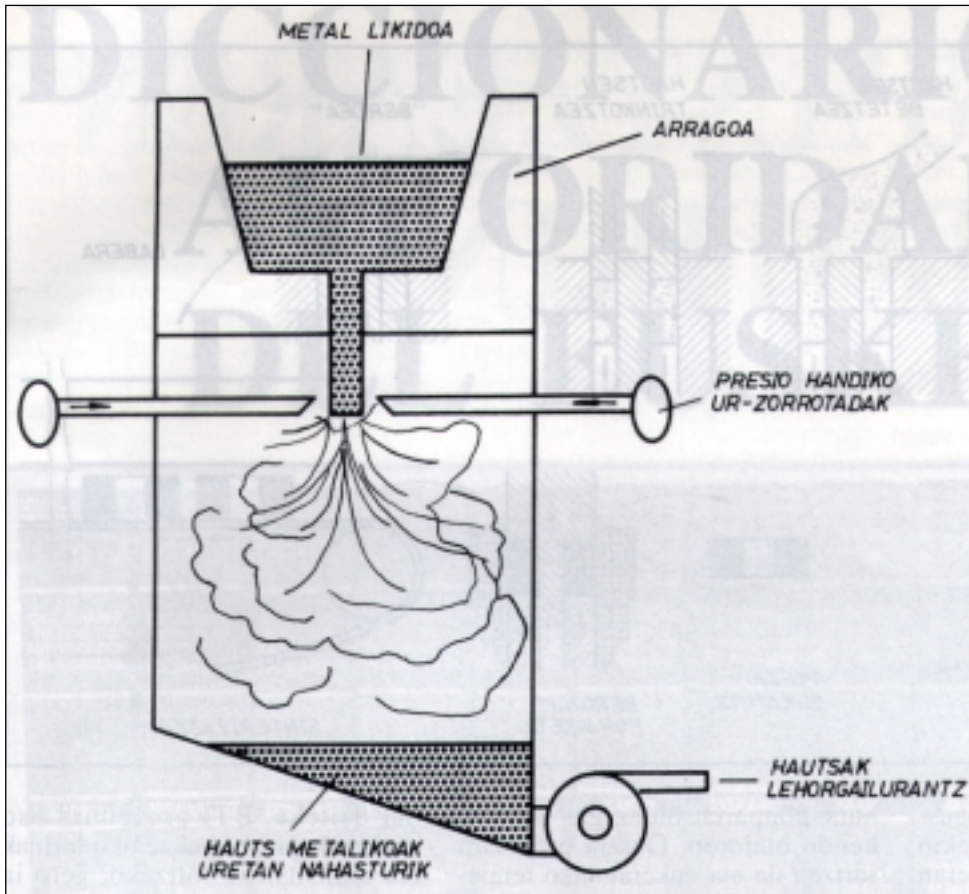
c)  $T = 1280^{\circ}\text{C}$ , temperatura altuegia izan da eta sortu den mikroegiturak (oso desberdina beste bi mikroegiturekin konparatuz) propietate mekaniko txarrak ditu.

da; urari behar duen presio handia ematean bereziki.

Hautsen geometria oso irregularra izaten da eta berauen gainazala oxidoz osatuta dago. Azken ezaugarri honek urezko hausketaren prozedura noiz aplikatu daitekeen definitzen du, oxido horiek gero trinkotze-prozesuan hautsen artean burutu behar duten elkartze-prozesuak galeratzen bait dituzte. Hauts

hauen aplikazio batzuk altzairu herdoilgaitzak eta erreminta-altzairuak ditugu. Lehenbiziko kasuan hautsak gutxi oxidatzen dira, eta bigarrenean, erredukzio-prozedura bat aplikatu ondoren oxidoak desagertuz daitezke. Aldiz, erredukzio-prozedura desegokia baldin bada, titanio-aleazioen kasuan adibidez, hautsak sortzeko sistema hau ez da batere egokia izango.

Gasezko hausketan, uraren ordez gasa erabiltzen da likidoa hauts bihurtzen. Horrela sortutako hautsak esferikoak dira eta gainazalaren itxura oso leuna izaten da. Gasa normalean geldoa denez, argona adibidez, oxidazio-prozesurik ez da azaltzen eta kalitate handiko hautsak lor daitezke. Sistema hau urezko hausketan baino garestiagoa da eta aleazio berezietan



Urezko hausketaren eskema

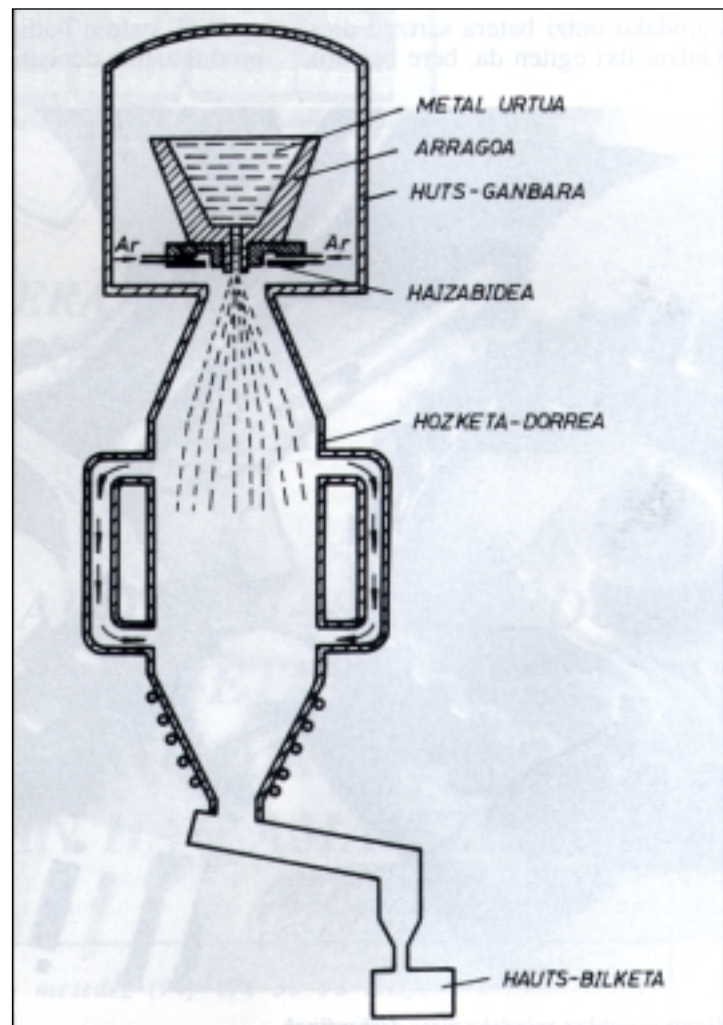
egindako hautsak prestatzeko erabiltzen da.

Hauts aleatuen aplikazioa propietate mekaniko onak behar dituzten piezekin erlazionatuta dago. Lehen esan dugunez, propietate mekanikoak dentsitatearen araberakoak dira. Beraz, produktuaren bukaerako dentsitateak ia % 100 izan beharko du eta arazo teknologiko honi aurre egiteko prozedura industrial berriak garatu dira. Sinterizazio likidoa, hautsen berotako forjaketa eta berotako trinkotze isostatikoa dira ondoren aztertuko ditugunak.

Sinterizazio likidoan, "berdea" berotu egiten da metalean fase likido bat sortu arte. Fase likidoko kantitatea txikia izaten da eta bere bitartez produktu berdean lehen zeuden hutsune guztiak betetakoan, piezaren dentsitatea % 100ekoa izatea lortzen da.

Orain arte esan duguna tenperatura altuez baliatuta lortu da beti. Erraz uler daiteke tenperatura altuetan dagoen produktuari presio handia aplikatzen baldin bazaio lortutako emaitzak hobekiago izango direla. Hautsen forjaketa eta trinkotze isostatikoa honetan oinarritzen dira.

Gasezko hausketaren eskema

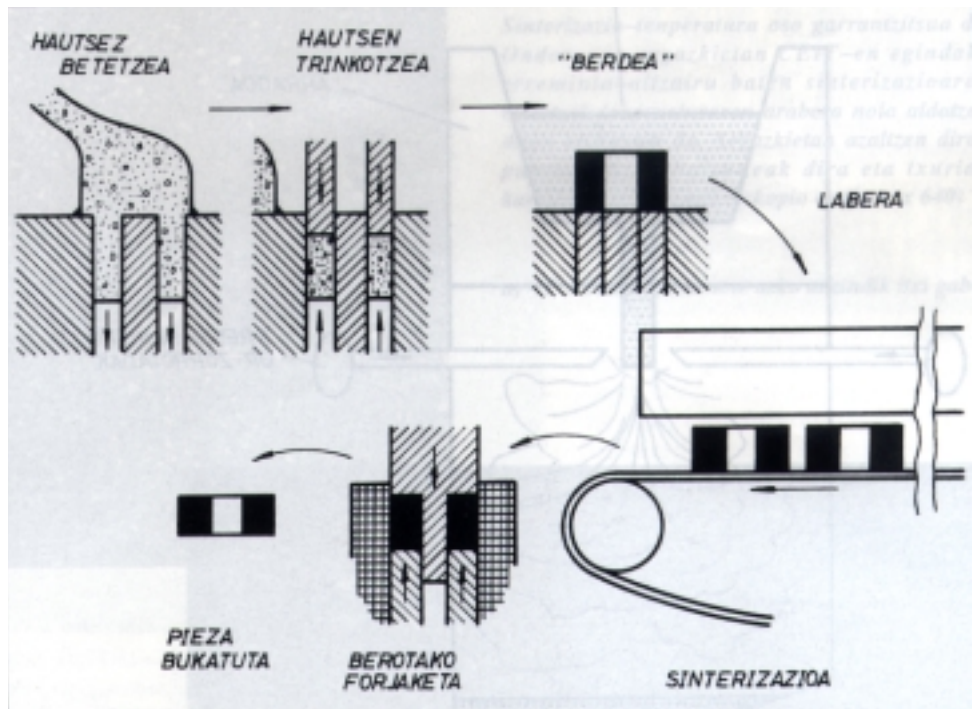


### Hautsen berotako forjaketa

Lehenbiziko kasuan, hautsak trinkotu eta sinterizatu egiten dira. Ondoren, oraindik hutsune-kopurua handia denez (% 10-% 30), produktuari berotako forjaketa aplikatzen zaio, horrela hutsuneak itxiz eta dentsitatearen balio teorikora hurbilduz.


Berotako trinkotze isostatikoan (BTI), pieza berotu egiten da eta aldi berean gas baten bidez presio handia aplikatzen zaio. Temperaturaren (1.000°C adibidez) eta presioaren (250 MPa) konbinazioaz, hutsuneak ixtea lortzen da.

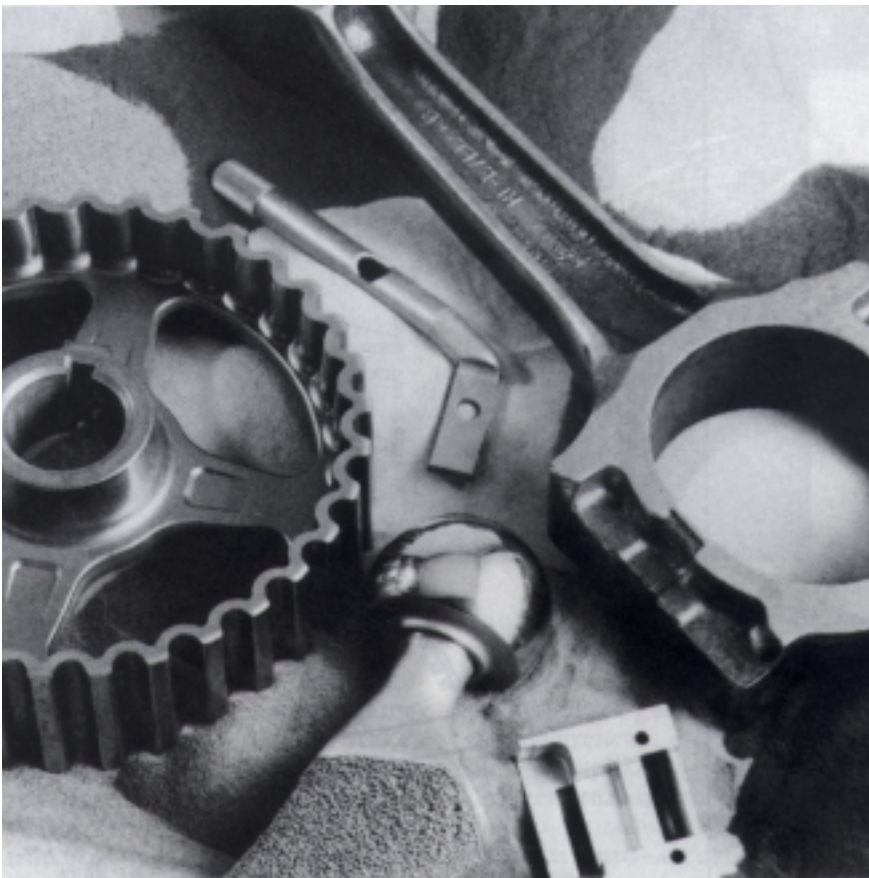
BTI teknologian, gasezko hausketaren bidez lortutako hautsekin lana egiten da. Hautsak hotzetan trinkotu ondoren, altzairu gozoz egindako ontzi batera sartzen dira. Ontzia itxi egiten da, bere barrutik



huts-ponparen bidez gas guztiak kendu ondoren. Ontzia prentsara sartzen da eta aukeratutako tenperaturaren eta presioaren balioak egokiak baldin badira, ordubetean produktuaren dentsitatea % 99raino

hel daiteke. BTI prozedura oso egokia da piezen bukaerako formak eta dimentsioak lortzeko, gero ia mekanizatu beharrik izan gabe. Prozedura garestia delako, titanio-aleazioez, superaleazioez eta beste material garestiez egindako piezak produzitzeko erabiltzen da bereziki.

Laburbilduz, hauts-metalurgiak lingote-metalurgia tradizionalarekiko abantailak badituela esan dezakegu. Hautetako batzuk, produktuaren kalitatearekin loturik daude; errazagoa bait da material homogeneoa lortzea. Beste kasu batzuetan, alderdi ekonomikoa da garrantzitsua. Adibidez, hauts-metalurgiaren bidez lortzen diren piezen dimentsioak eta formak produktuek behar dituztenekin konparatuz oso antzekoak badira, bukaerako mekanizazio-prozesuak nabarmenki murrizten dira. Bukatzeko, egoera solidoan edozein hauts-mota eta kantitate nahas daiteke. Lingote bat lortzeko aldiz, lehenbizi aleazioa osatzen duten metal guztiak urtu egin behar dira eta horretarako elementu desberdinen artean dauden disolbagarritasun-erlazioak kontutan hartu behar dira. Ondorioz, hauts-metalurgian muga hori ez dagoelako, oraindik ezagutzen ez diren aleazio berriak lor daitezke. Lehen esandako abantailak argi erakusten digute hurrengo urteetan teknologia honek nolako eragina edukiko duen. 



Hauts metalikoz egindako pieza desberdinak