

Mikroskopia elektronikoaren erabilpena materialen egitura karakterizatzeko

J. M. Rodriguez Ibabe eta J. J. Urkola Galarza

Gipuzkoako Ikasketa eta Ikerketa Teknikoen Zentrua (CEIT), Donostia

Abstract

Great progress has been made during the last years in relating the quantitative parameters which describe material microstructure and mechanical properties. In this paper different materials have been considered -steels, ceramics and aluminum alloys-, showing that the use of transmission electron microscopy appears as a necessary facility to help defining the optimum structure in terms of mechanical properties.

Material baten propietate mekanikoak bere egiturarekin erlazionaturik daude. Beraz, propietate mekanikoak hobetzeko, lehenbizi materialak duen egitura ezagutu behar da eta ondoren, egiturazko parametroak aldatzeko materialari tratamendu termiko ala termomekanikoak aplikatu behar zaizkio. Horretarako egiturazko parametroen eta propietate mekanikoen artean dauden erlazioak ezagutu behar dira. Idazlan honetan erlazio horiek aurkezten dira, parametroak karakterizatzeko mikroskopia elektronikoaren erabilpena adieraziz.

Diseinuaren ikuspuntutik propietate mekanikoen artean garrantzitsuenetariko bat erresistentzia da eta normalean aldagai hau adierazteko erabiltzen den parametroa elastikotasun-muga da. Ondoren, elastikotasun-muga materialaren egiturarekin nola erlazionatuta dagoen aipatuko da, gainerako propietate mekanikoak (zailtasuna, harikortasuna eta abar) kontutan hartu gabe utziz.

Material baten erresistentzia mekanikoa gogortasun-mekanismo desberdinen batuketaz osatuta dagoela kontsidera dezakegu (1):

$$\sigma_y = \sigma_0 + \sigma_s + \sigma_p + \sigma_t + \sigma_D + \sigma_d$$

non

σ_y : elastikotasun-muga

σ_0 : barneko marruskadura-tentsioa

σ_s : disoluzio solidoaren bidezko gogortasuna

σ_p : prezipitazio edo dispertsio bidezko gogortasuna

σ_t : testura bidezko gogortasuna

σ_D : ale-tamainaren ekarpena (Hall-Petxh-en ekuazioa)

σ_d : dislokazio edo azpialeen azpiegitura bidezko gogortasuna

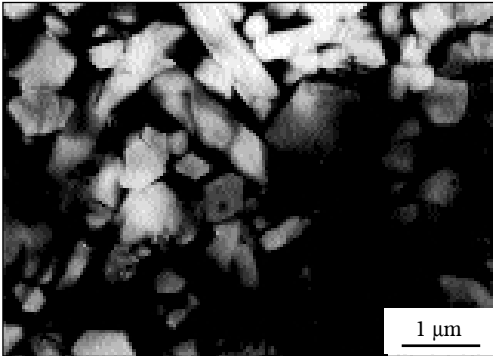
baitira.

Normalean, osagai guztiek ez dute eragin berbera eta bat besteak baino garrantzitsua goa izaten da. Kasu askotan, material baten

erresistentzia kontrolatzen duen mikroegiturazko parametroa D ale-tamaina da. Ale-tamaina neurtu ondoren, elastikotasun-mugarren eta D-ren artean dagoen erlazioa hau da:

$$\sigma_D = k \cdot D^{-1/2}$$

Beraz, ale-tamaina txikiagotu ahala, materialak duen erresistentzia gero eta handiagoa da. Metalen kasuan, D neurtzeko erabiltzen diren prozedurak mikroskopia optikoaren bidez baliatzen dira. Aldiz, zeramikekin askotan ale-tamainak oso txikiak direnez, transmisiozko mikroskopia kontuan eduki behar da. 1. irudian silizio nitruroa, Y₂O₃ eta Al₂O₃ osagaiak dituen zeramika baten mikroegitura erakusten da (2). Aleak silizio nitruroz osaturik daude eta gainerako guztia Al, Y eta silizez osatutako beira-fase bat da.



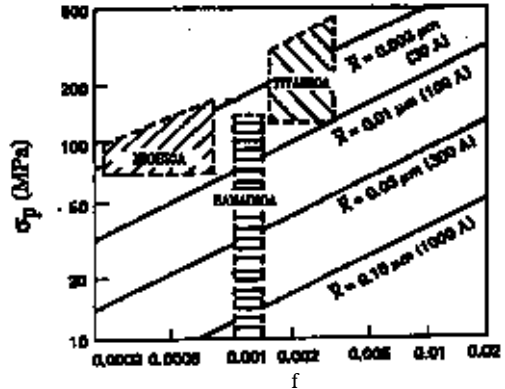
1. irudia. Silizio nitruro, itrio eta aluminaz osatutako zeramika baten mikroegitura (2).

Beste kasuetan ale-tamainak ematen duen erresistentzia ez da nahikoa izaten eta materiala prezipitatuaren bidez gogortzen da. Gogortze-maila prezipitatuaren frakzio bolumetrikorekin, tamainarekin eta banaketarekin erlazioatuta dago, ondorengo ekuazioan agerian gelditzen denez (3):

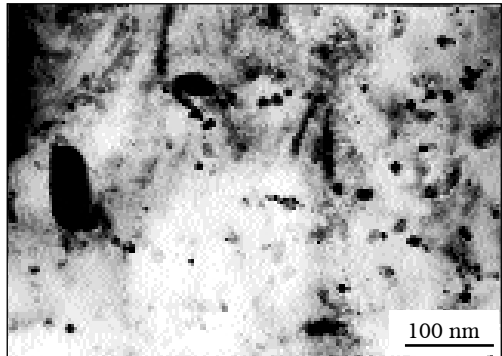
$$\sigma_p \text{ (MPa)} = \frac{59 \sqrt{f}}{x} \ln \left(\frac{x}{2.5 \cdot 10^{-4}} \right)$$

non f prezipitatuaren frakzio bolumetrikoa eta x prezipitatuaren batezbesteko diametroa baitira. Ekuazio hau x-en balio desberdinentzat 2.

irudian (3) erakusten da. Ikusten denez, prezipitatuaren tamainak txikia izan behar du materialari gogortasun minimo bat emateko. Prozedura hau altzairu mikroaleatuetan erabiltzen da eta 3. irudian (4) talde honetako altzairu baten egitura erakusten da. Irudi honetan agertzen diren prezipitatuak banadio karbonitruoak dira eta berauen tamainak 20 eta 200 Å-en tartekoak.



2. irudia. Prezipitazioak sortutako gogortasuna f frakzio bolumetrikoa eta x tamainaren funtzioan (3).



3. irudia. Altzairu mikroaleatu batean banadio karbonitruoen prezipitazioa (4).

Bukatzeko, azpiegituren eragina kontutan hartuko dugu. Material metaliko bati konformazioa aplikatzean dislokazio-azpiegiturak sortzen dira. Metalen erresistentzia ρ dislokazio-dentsitatearekin batera igotzen da ondoko erlazioaren bidez:

$$\sigma_d = k' \sqrt{\rho}$$

Era berean, berotako konformazio-prozesuetan (ijezketa eta forjaketan adibidez) material batzuetan (aluminio-aleazioetan, altzairu ferritikoetan) dislokazioek ondo definituriko azpialegi osatutako azpiegitura sortzen dute. Kasu horietan, aleazioaren erresistentzia kontrolatzen duen parametroa d azpialegi-tamaina da:


$$\sigma_d = k'' \cdot d^{-m}$$

non m berretzaileak 0,5 eta 1-en arteko balioak hartzen baititu. d neurtzeko mikroskopio elektronikoa erabili behar da eta 4. irudian A1-% 1 Mg aleazioari (5) dagokion azpiegitura erakusten da.

Laburbilduz, gaur egun materialen propietate mekanikoak aurreratzeko berauen egitura



4. irudia. Azpialegi osatutako egitura A1-% 1 Mg aleazio baten kasuan (5).

karakterizatu behar da eta horretarako, lehen aipatutako adibideen bitartez erakutsi denez, transmisiozko mikroskopio elektronikoa kontutan hartu behar da. 

BIBLIOGRAFIA

1. PICKERING, F.B., Hardenability concepts with applications to steel, D.V. Doane eta J.S. Kirkaldy ed., AIME, 1978, 179.
2. ITURRIZA, I, CASTRO, F. eta FUENTES, M., S. Mater. Sci., 24, 1989, 2047.
3. GLADMAN, T., DULIEU, D. eta MCIVOR, I. D., Microalloying 75, Union Carbide Corp., New York, 1976, 32.
4. GUTIERREZ, I. CEIT-eko txostena, 1987
5. PRIETO, H., RODRIGUEZ, J. M. eta URKOLA, J. J., Z. Metallkunde, 82, 1991, 12.