

# KONPOSITEAK:

## ETORKIZUNEKO MATERIALAK

J. J. IMAZ, N. MARKAIDE, I. MONDRAGON<sup>1</sup>

*Urtero, auto-fabrikatzaileek material eta teknologia berriak probatzen dituzte basamortuan zehar ospatzen den lasterketa automobilistiko gogorrean. Orain dela hiru urte Peugeot-205 bikain batek irabazi zuen Paris-Dakar deritzon proba hau. Beira-zuntzez indartutako erretxinak osatzen zuen kotxe honen karrozeria. Material honekin lortutako arintasuna garrantzi handikoa izan zen irabazi ahal izateko.*

**S**TEFFI Graft-ek emakumezkoen artean, eta Ivan Lendl-ek gizonezkoen modalitatean paregabeko bikotea osatzen dute tenis-munduan. Biek, karbono-zuntzez indartutako erretxinaz egindako belaraki edo erraketa erabili ohi dute. Material honekin lortzen den kolpearen transmisioak egokiago bultzatzen du pilota, eskumuturrarentzat mesedegarriago delarik.

Singh jauna, cricketlari indiarra zen; kalitate handiko jokalaria. Istripu baten ondorioz eskuineko hanka moztu egin behar izan zioten, belau-naren parean. Ebakuntza horrek sortutako ondorioetatik zuzpertzatuz, Singhek muskulu-errehabilitaziorako programa bat segitu zuen, aluminiozko protesia ezarri aurretik. Protesi hau astunegia zen jokalaria bere lehengo arintasuna berreskuratzeko. Honen ordez epoxi eta beira-zuntz geruzatuz egindako protesia bat ezarri zitzaion, bere pisua 2,1 kg-koa zelarik. Protesi honen bidez 85 km/h-ko jaurtitze-abiadura lortu zuen

*Steffi Graf-ek karbono-zuntzeko belaraki erabiltzen du*





*Edozein kiroletan erabiltzen da karbono-zuntza*

*Jeetendra Singh bere karbono-zuntzezko oinarekin*



Ciba



Ciba

Singh jokalaria, istripua baino lehen zuen abiadura maximoa 110 km/h-koa zelarik. Ondoren, material hauek jasan duten bilakaerari esker, 1,4 kg pisatzen duen hanka artifiziala ezarri zaio jokalari honi. Horren eraginez garai batean zuen jaurtitze-abiadura maximoa lortu du.

Kanadiar hockey-taldea iaztik beira-zuntzez indartutako erretxinazko "stick" a erabiltzen hasia da. Makila honi esker jokalaria pilota

jotzean lortzen den erreberberazio akustikoa desagertu egiten da, kolpearen potentzia haundiagotu egiten delarik. Gaur egun bada antzeko materialak erabiltzen hasi den zenbait talde nazional.

### **MATERIAL BERRIA**

Eski, bizikleta, gurpil lentikular... aipatutako produktu guzti hauek badute elkarren arteko lotura



*Airbus A320: konpositez egindako abioia*

Ciba

bat: osatzen dituzten materialak, hau da, konpositeak. Orain sei urte, gure inguruan ia ezezaguna zen hitza, eta gaur egun eremu eta arlo askotan erabiltzen da. Gizateriak pasa izan dituen aroak finkatzeko erabiltzen den erizpidea, materialarena da zenbait kasutan. Horregatik Harri-Aroa, Brontze-Aroa, Burdin Aroa, eta Altzairu-Aroa hitzak aipatzen ditugu sarritan. Beraz, Konposite-Aroan murgiltzen ari garela esan dezakegu, antzeko terminologia erabiliz.

Baina, zer dira konposite edo material hitzaren kontzeptua hankaz gora bota duten material hauek? Nahiz eta konposite hitzaren esanahia nahasgarria eta zabala izan, normalean makroskopikoki heterogeno diren bi materialen elkarteari deritza, multzoaren propietateak oro har osagai bakoitzarenak baino hobek direlarik. Konpositeen arteko kasurik arruntena zuntzak eta matrize batez osaturiko materialarena da. Jarraia den eta matrize deritzon material bat multzoaren propietate mekanikoak hobetzen dituen zuntz batez indartzen da. Matrizearen funtzioa, multzoa gordetzea eta esfortzuak transmititzea izango da.

Konposite hauen adibide bezala, automobiletan erabili ohi dena aipa

dezakegu. Citroën etxeak, bere BX-aren atzeko atea hauetako material batez fabrikatu du. Kasu honetan korrosioarekiko erresistente den poliestere-erretxina batek altzairuzko xafla ordezkatu du. Altzairuaren antzeko propietate mekanikoak (zurruntasuna eta erresistentzia) lortu ahal izateko, poliestere-erretxina

beira-zuntzez indartzen da. Horrez gainera, erretxina eta zuntzaren artean sortzen den interfase edo lotura egokiak sortzerazten dituen adherentziak, konpositeak talken aurrean duen joera hobetu egingo du altzairuarekiko. Beraz, logikoa dirudi Peugeot-205, Renault-5 edo Renault-11 ereduak material hauetaz

*Airbus A320 abioiaren konpositezko hegala osatzen*



Ciba



Fokker abioietan  
konpositezko piezak

osatutako kolpe-motelgailuak erabiltzea.

## IDEIA ZAHARRA

Zuntz baten bidez materiala indartzearen ideia giza zibilizazioa bezain zaharra dugu. Duela milaka urte, antzinako Mesopotamian, lastoz sendotutako buztina etxegintzarako material arrunta genuen. Buztinak matrize moldagarriaren papera betetzen zuen "konposite" honetan. Lastoak berriz, etxegintzarako hain beharrezkoa zen zurruntasuna eta erresistentzia ematen zion multzoari, zuntzaren antzera jokatuz.

Geroztik materialak guztiz aldatu dira eta gizateria ere bai, baina konpositearen kontzeptua antzekoa dugu. Beraz eta bakarka aplikazio baterako baliogabeak diren bi materialek, multzo heterogeno baina baliagarria osatuz propietate hobetuak dituen material berria eratzen dute.

*"Spirit of  
Apricot",  
munduko  
belauntzi  
ospe-  
tsuenetakoa,  
konpositez  
egina dago*



Eta material hau heldutasun teknologikora iritxi zen bezain azkar, konposite-kontzeptuak bere zabaltasunaz gure gizartearen eremu eta arlo



*Abiadura handiko tren honen karrozeria konpositezkoa da*

Ciba

guztiak bete zituen. Hori Bigarren Mundu-Gerraren ondoren gertatu zen, erretxina organikoek izan zuten izugarritzko bilakaerak eraginda.

Material polimeriko hauek bi propietate nagusi zituzten (zenbait arlorentzat baliagarri zirenak): isolatzaile izatea etxegintza eta aplikazio elektrikoetarako, eta arintasuna garraio-aplikaziotarako. Hala ere, material hauek zituzten propietate mekanikoak ahulegiak zirenez, ezinezkoa zitzaien material konbentzionalak ordezkatzeko zurruntasun edo erresistentzia mekaniko altua behar zenean.

Bestalde, erretxina organiko hauen bilakaerarekin batera, indartzeko erabiliko ziren zuntzen fabrikazio-teknologiak ere aurrerapen nabarmena izan zuen. Hauen artean beira-zuntza aipatu beharrezkoa dugu; bere kalitate/prezio-erlazioaren eraginez erabilpen handiagoa duena bait da.

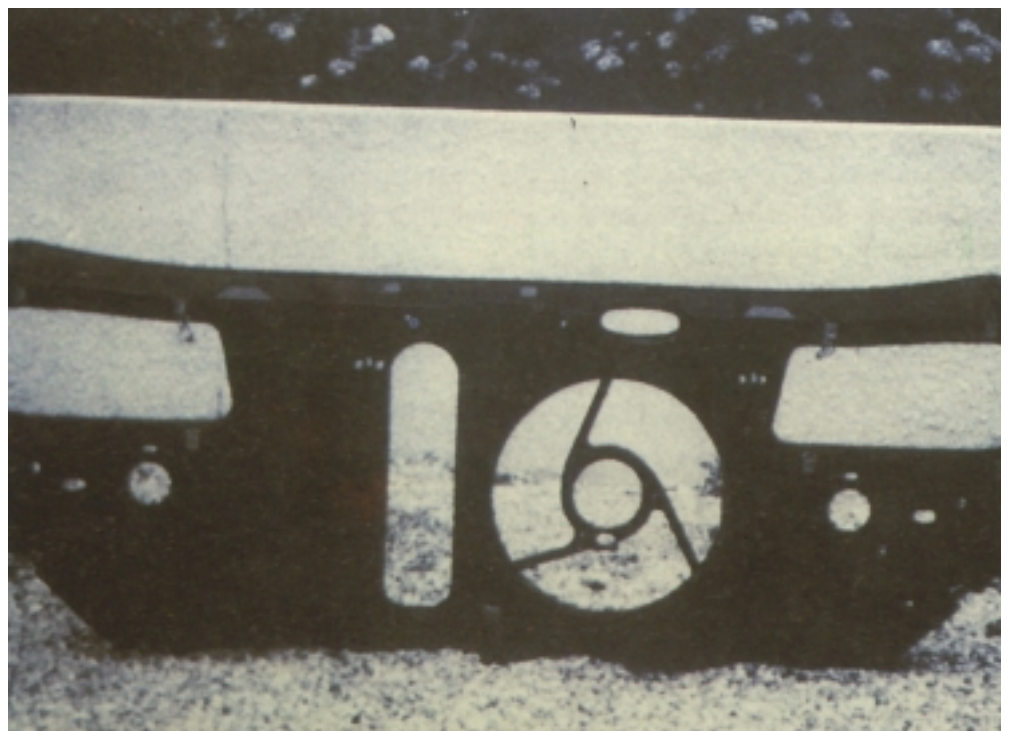
Zuntz honen fabrikazio-prozesua honetan datza: silizez osatutako beira urtua galdatu egiten da hodi batzuetan zehar, ondoren abiadura handiz egindako

tiratze-prozesu bat jasanez. Automobilen karrozeriak, autobusak, trenen kanpo eta barne aldeak, arrantzarako kainaberak, hegazkinetako barneak eta beste zenbait piezak beira-zuntza daramate osagai nagusi bezala. Zuntz honek kasu bakoitzean izango duen forma, aplikazioaren arabera ezberdina izango da. Norabide bakarrerako zuntz luzea erabil daiteke adibidez. Ehun bidimentsional bat ere bai, "mat" deritzon multzo sakabanatu bidimentsionala

osatuz edo forma multidimentsionalak osatuz. Beraz, konpositeen munduak beste aldagai berri bat du; formarena.

### **AMETSA ERREALITATE**

Karrozeriak, isolatzaileak eta antzeko produktuak aipatu ditugu. Baina nola lortu altzairuak baino propietate hobekak dituen pieza estrukturala? Orain dela gutxi arte diseinatzaileen amets hutsa zena,



*Peugeot 405 automobil berriaren karrozeria konposite-mota batez egin da*

Vetrotex

errealitate bihurtu da karbono-zuntzari esker. Karbono-zuntza, altzairuak baino zurruntasun handiagoa duen materiala da, bere pisua BOST aldiz txikiagoa delarik. Adibide bezala, hor dugu argazkian ikusi

daitekeen Airbus-320-aren atzeko lema. Lema hori epoxi erretxinaz eta karbono-zuntzez osatuta dago. Gaur egun helikopteroen helize eta errotoreak ere material honetaz fabrikatzen dira. Konpositeek aplikazio

aeronautikoetan duten erabilpen zabalak, radarrez detektaezin diren hegazkinak fabrikatzea posible egin du. Eta talkarekiko aparte erresistentzia lortzea komeni bada, Kevlar zuntzak badu zeresanik. Blindatuak



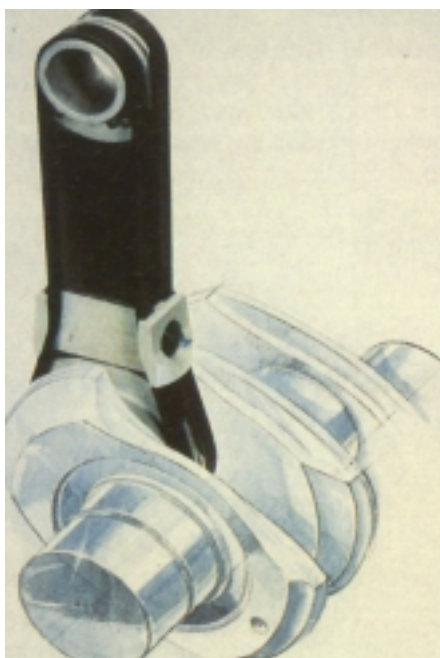
*"Renault espace" furgoneta, ondoan konpositezko despiezea duelarik*

eta balen kontrako gerrontzetan (txalekotan) duen erabilpenak badu honekin zerikusirik.

Konpositeak gutxienez bi osagai ditu. Horietako bakoitza material ezberdina izan daiteke. Erabilpen ezberdinak eta propietate mekaniko nabarmenak dituzte: arintasun handia, isolatzaile elektriko izatea, propietate termiko interesgarriak eta korrosioaren aurka puntako erresistentzia. Eta hala ere material hauek erabiltzeko izan ditzakeen bi abantaila nabarmen ez ditugu oraindik aipatu: anisotropia eta pieza eta funtzioak integratzeko duten gaitasuna.

Zer esan anisotropiari buruz?

Konpositeak zuntzez osatuak daudenez gero, esfortzu mekanikoak aplikatu behar diren norabideetan orientatu ditzakegu. Adibidez, trakzio hutsa pasa behar duen barra bat diseinatzean, norabide bakarreko zuntzez osatutako konpositea erabiltzea izango litzateke logikoena. Esfortzu mekanikoa bihurtura izango balitz, ehun zilindrikoa edo zuntz biribilkatua hartuko genituzke soluzio egokien bezala. Beharrezko ez diren norabideetan zertarako materiala gastatu? Zer lortzen dugu beharrezko ez diren propietateak izanda? Behar bakoitzaren arabera diseinatzeko gaitasun hau, izuga-



Konpositeak transmisio-pieza mekanikoetan erabil daitezke

Focus

rizko tresna bihur daiteke diseinatzailaren eskuetan. Baina abantaila honek baditu bere akatsak ere. Material hauen diseinua optimizatzeak aparteko aukerak ematen baditu ere, horretarako konpositeak oso ongi ezagutzea eskatzen zaio diseinatzaileari. Batek baino gehiagok "kartako material" bezala definitu ditu konpositeak. Bezero bakoitzak, behar bat du. Behar bakoitzak produktu bat. Eta produktu bakoitzak material bat. Materiala piezarekin batera diseinatu beharko da.

### FUNTZIONALTASUNA

Eta funtzioak integratzeko gaitasuna ere aipatu dugu. Azal dezagun kontzeptu hau adibide baten bidez. 1983.ean Peugeot etxeak bere eredu berriarentzat konpositez egindako pieza berri bat diseinatzea pentsatu zuen. Eredua gaur egun ezagutzen dugun 405 izeneko izan zen. Automobilaren aurrekaldean, kapotaren azpian, funtzio ezberdinak dituzten hogeitamar osagai daude; kolpe-motelgailuaren euskarria, erradiadorea, lanpara-etxeak eta abar. Peugeot etxeak pentsatutako ideia, ondorengo helburu hauek betetzen zituen karkasa bat diseinatzea izan zen:

- Kolpe-motelgailuaren euskarri izan, funtzio estruktural bat betez.
- Automobilaren aurrekaldean duen bihurtura-erresistentzia hobetu, eskuinetik ezkerrera doan ardatza osatuz.
- Automobilaren aurrekaldea osatzen duten osagai eta pieza guztien muntaketa erraztu.

Horren ondorioz robotak erabil daitezke, prozesu honen kostuak nabarmen txikiagotuz.

Helburu hauek betetzeko aipatutako aurrekaldeko modulua diseinatu zen konpositez (S.M.C., "Sheet Moulding Compound" deritzon materialaz; poliester-erretxina eta beirantzuntza osagai nagusi dituenaz). Aurrekaldeko modulua argazkian azaltzen da. Pieza hau osorik bloke bakarrean muntatzen da fabrikazio-katean, lana erraztuz eta kostuak



Vetrotex

murriztuz. Kasu honetan bada, konpositeak erabiltzearen ondorioa zera izan da: pieza ezberdinen funtzioak bakar batean integratzea, piezaren fidagarritasuna handiagotzea eta muntaketa-kostuak txikiagotzea. Konpositeei esker diseinu-zaletasuna piztu izan da.

Aplikazio aeronautikoak aipatu ditugu lehen eta baita lehorreko ibilgailuetarako egindako piezak ere. Baina, zer esan itsasoari buruz? Britainia Haundiak nazioarteko lehiaketetan aurkeztu duen azken belauntzia 18 metro luzeko trimaran bat izan da. "Spirit of Apricot" izena duen belauntziak 50 milioi pezetatik gora balio du eta batez ere epoxi-erretxina eta



*Gure trenak, gero eta gehiago konpositezkoak izango dira*

karbono-zuntza erabiliz eraiki da. Diseinatzaileak, Barry Noblek, zera dio: *Bitarteko guztiak erabili dira "bultzada/pisua" deritzon erlazio handiena lortzeko. Material aurreratuak erabili dira: karbono-zuntza kaskoan eta flotagailuetan eta titanioa presio altuko zirkuitu hidraulikoetan.* Kasu hau ez pentsa salbuespena denik. Arlo honetan material hauen hedapena aipagarria izan da. Aisiarako arrantzuntzietako %95ek konpositeak daramatza. 9 metro baino luzera txikiagoko belantzietako %99ak eramaten ditu konpositeak, %92ak 9 metrotik 12 metrorainoko luzera dutenek, eta %79ak 12 metrotik gorakoa dutenek. Kasu

honetan arintasuna, korrosioaren aurka material hauek duten erresistentzia eta diseinu-zaletasuna dira ordezkatzeko honen arrazoi nagusi.

### **ETORKIZUNAZ ZER?**

Eta zer diogu etorkizunari buruz? Orain arte material hauen hedakuntza apartekoa izan da. Bilakaera honen hurrengo pausoa automobilen fabrikazioko serie handietan sartzea izan daiteke. Hala ere, konpositeen transformazio-prozesuek ez dute oraindik material konbentzionalek lortutako heldutasuna lortu. Baina martxa hau hobetzen ari da. Badira gaur egun molde batekin egunean

500 pieza fabrikatzeko aukera ematen duten prozesuak. Eta minutu bateko prozesaketa-denbora ez da ia utopia hutsa. T.R.E. (Termoplastiques renforcées par estampage) deritzon prozesua erabiliz lortu izan da. Teknika honen bidez, konposite termoplastikozko xaflak estanzazio metalikoaren antzeko prozesuaren bidez hotzetan prozesatzen dira. Prozesu honen abantailarik nagusia bertan erabiltzen diren materialen birziklagarritasuna da; material termoplastikoak bait dira. Transformazio-prozesu hauek duten automatizazio-maila baxua ere, oztopo da beraien zabalkuntzarako. Handikap astun hau, automatismoen erabilpenaren bitartez serieak handitzen doazen arabera konpon daitezkeen arazoa da.

Orain arte aipatu ditugun materialak arruntenak dira; matrize organikoak dutenak. Hala ere matrize eta zuntz berriak sortzen ari dira egunero arlo honetan. Konposite kontzeptua material metaliko eta zeramikoetara iritxi da. Aleazio metalikoak zuntz zeramikoen bidez indartzen dira, matrize metalikoa duten konpositeak sortuz (M.M.C. Metal Matrix Composites). Material hauek aeronautika-arloan oso erabiliak dira gaur egun; aparteko propietateak bait dituzte. Zeramika hauskorrak ere zuntz zeramikoak erabiliz indartzen dira, zailtasuneko materiala lortuz; Ceramic Matrix Composites (C.M.C.) deritzonak. Gaur egun material hauekin Diesel motoreen pistoiak fabrikatzea aipatzen da. Berriz ere zuntzaren bidez indartutako zeramikak, antzinako Mesopotamiako buztinaren antzera... Bestalde, matrize organiko berriak ere sortu dira; PEEK, PES, PSP eta abar deritzenak, 350°C-ko muga gaindi dezaketanak.

Gaur egun erabiltzen diren zuntzak ahaztu egingo dira. Matrize berriek oraingoak ordezkatzeko dituzte. Baina konposite kontzeptuak aurrera egingo dio. Material hutsa baino gehiago da. Beharbada diseinatzekeo ideia berria. ■