

4. Plastikozko konpositeak

Arkitekturarako

Material Konposatuak

Iñigo Leon

Cristina Marieta

eman te zabal 2022



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

KONPOSATU MOTEN SAILKAPENA ERAIKUNTZAN

MATERIAL KONPOSATUAK/KONPOSITEAK



AURKIBIDEA

4.1. Matrize-fasea

4.2. Dispertsatu-fasea

4.3. Gehigarriak eta kargak

4.4. Konpositeen prozesatua

4.5. Nanokonpositeak

Bibliografia

eman te zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

4.1. MATRIZE-FASEA

OSAGAIAK

Matrizea : Portzentai handiengan dagoen fasea izan ohi da.

✓ Fase dispersatuari esfortzua transferitzen dio.

✓ Fase dispersatua babesten du.

Motak: metalikoak (M), zeramikoak (C), polimerikoak (P)

Fase dispersatua: Matrizean zehar sakabanatuta dagoen fasea.

✓ Bere geometriak garrantzi handia du propietate mekanikoetan.

Motak: partikulak, zuntzak, estrukturak

polimero
termoplastikoa:
polipropilenoa,
PP

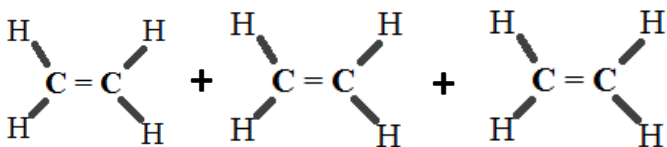


POLIMEROAK

C, H + O, N, S, P, Cl, F, Si

Lotura kobalenteen bidez elkartutako molekula txikiz osatuta dagoen makromolekula.

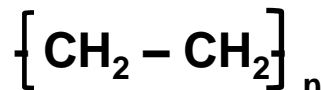
Monomeroa: katean zehar errepikatzen den unitatea



polimerizazioaz



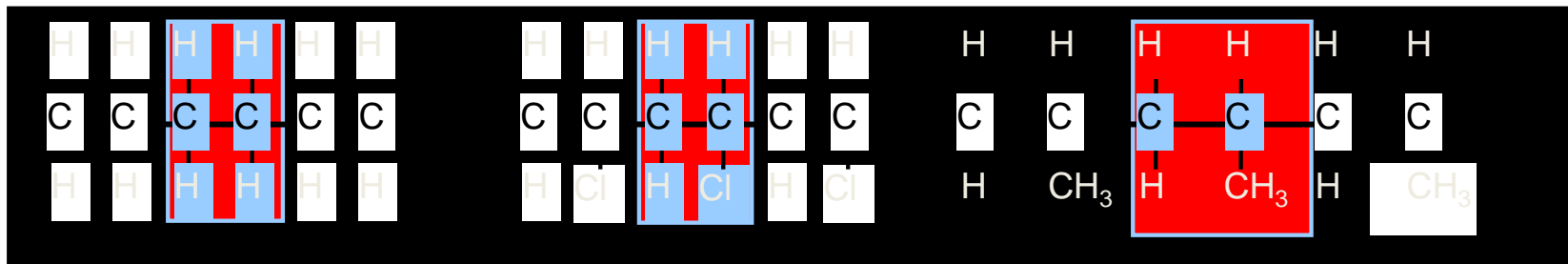
Makromolekula:
polimeroa



Poli
Asko

mero
errepikatzen den unitatea

n polimerizazio mailak monomero kopurua adierazten du, millaka izan daitezke larrik.



Polietilenoa (PE)

Binilozko polikloruroa (PVC)

Polipropilenoa (PP)

Molekulen barruko lotura kobalenteak sendoak dira, baina molekulen artean hidrogeno lotura eta Van der Waalsen lotura ahulak baino ez dira gertatzen; hori dela eta polimeroak nahiko urtze- eta irakite-puntu baxuak dituzte.

Erraza lantzen dira honengatik komertzialki hain interesgarriak dira.

Polimero naturalak, aintzinatik erabiltzen dira

- **Jatorria:** animaliak eta landareak
- **Adibideak:** zelulosa, almidoia, kautxu naturala...

Polimero sintetikoak, polimero naturalen egitura molekularrean oinarrituz, zientziak polimero sintetikoak sortu ditu konposatu organikoetatik abiatuz.

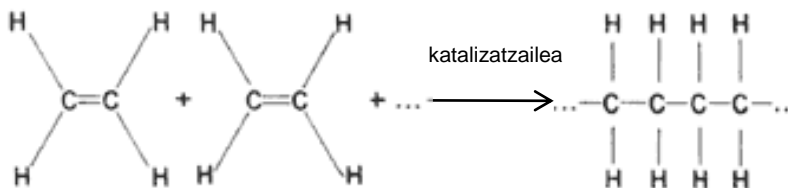
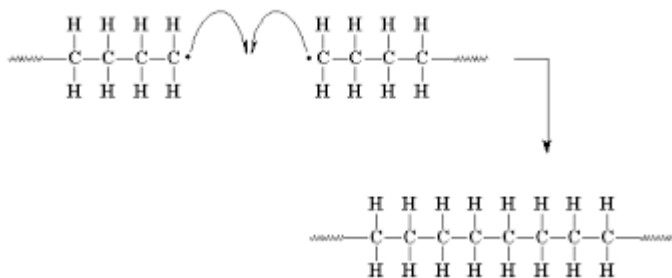


Polimerizazioa

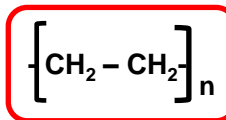
- ✓ Monomeroak (molekula sinpleak) polimeroetan bihurtzen direneko prozesuari deitzen zaio.
- ✓ Bi mota nagusi daude: adiziozkoa eta kondentsazio bidezkoa.

Adiziozko polimerizazioa

Prozedura ulertzeko polietilenoaren (PE) eraketa erabiliko da, etileno monomerotik abiatuz tenperatura eta presioa altuetan ere (nahiz exotermikoa izan) zaila da ematea, etilenoaren lotura bikoitza apurtzeko katalizatzaileak erabili behar direlarik. Hori gertatzean, C atomoak lotura sinplez elkarturik geratzen dira, bakoitzak elektroia bat duelarik aktibatua izan diren beste monomero molekulekin erreakzionatu ahal dutelarik.

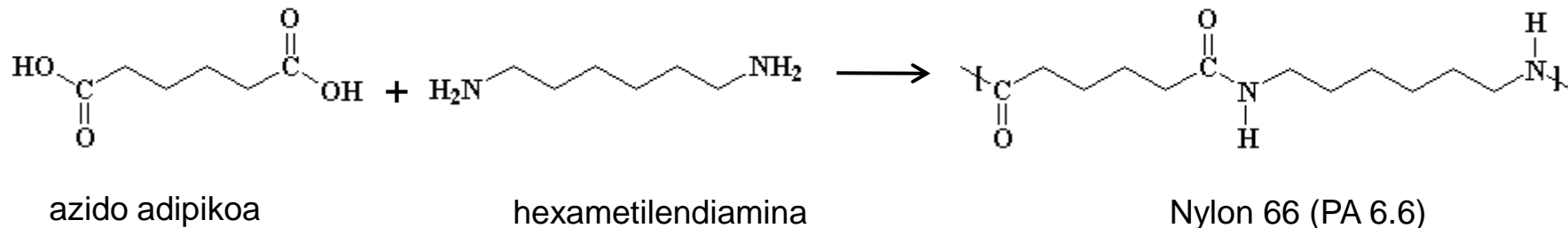


Polietilenoa, PE



Kondentsazio bidezko polimerizazioa

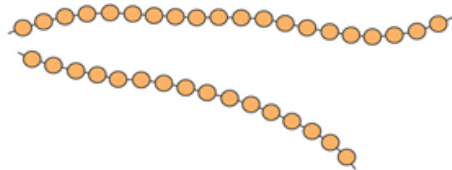
Kondentsazio erreakzioetan bi molekulek erreakzionatzen dute konbinatzeko, H_2O edo HCl bezalako molekula txiki bat eratuz. Adibide esanguratsuenak: poliesterrak eta poliamidak (nylon, Kevlar)
200-300°C bitartean eginak, adizioa baino geldoagoa eta kate ez oso luzeak ematen dituena.



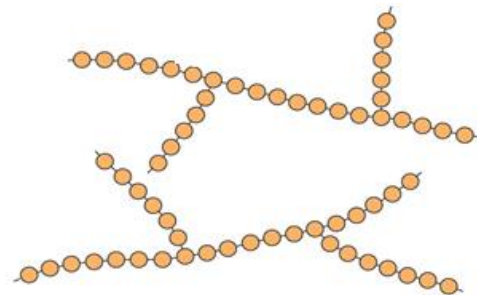
Polimeroen egitura molekularra

Polimeroek egitura molekular ezberdinak izan ditzakete kateen formaren arabera:

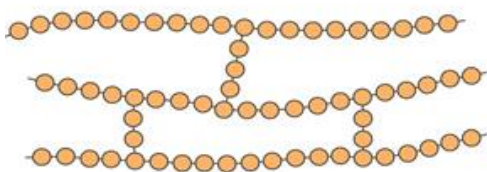
Linealak:



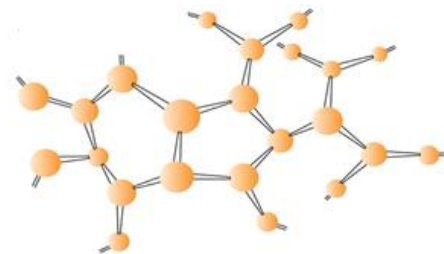
Adarkatuak:



Elkargurutzatua:



Sarekatua:



Pisu molekularra

M: polimero kate mol baten pisua

- ✓Kate luzedun polimeroek pisu molekular handiak izaten dituzte.
- ✓Polimerizazioan zehar, kate guztiak ez dute luzaera berdina hartzen; kate luzaera distribuzio bat dago, pisu molekularren distribuzio bat.
- ✓Batazbesteko pisu molekularra adierazteko bi modu nagusi daude:
batazbestekoa masan edo zenbakitan:

Batazbesteko pisu molekularra zenbakitan, M_n

M_n : kateak tamainaren araberako tartetean banatzen dira, ondoren tarte bakoitzean dagoen kate portzentaia neurtzen delarik.

$$\overline{M}_n = \sum x_i M_i$$

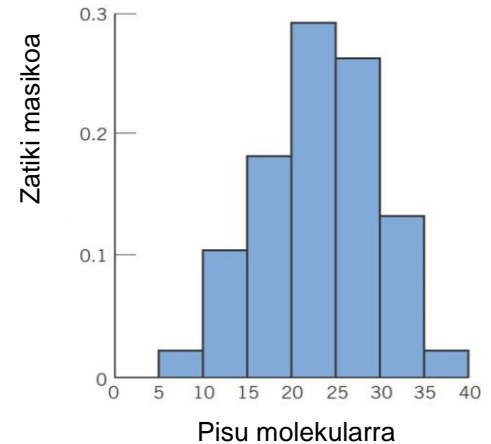
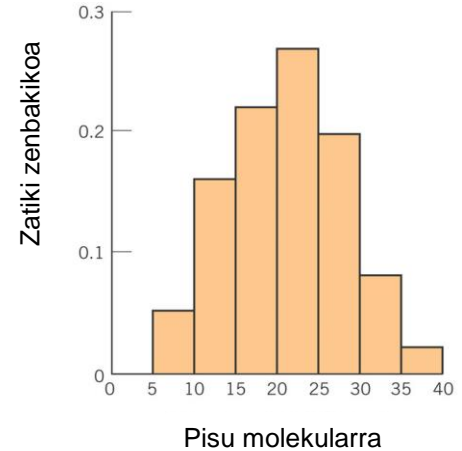
M_i : i tamainadun tartearen batazbesteko pisu molekularra
 x_i : tarte horri dagokion pisu molekularra duten kate kopuru totalaren frakzioa

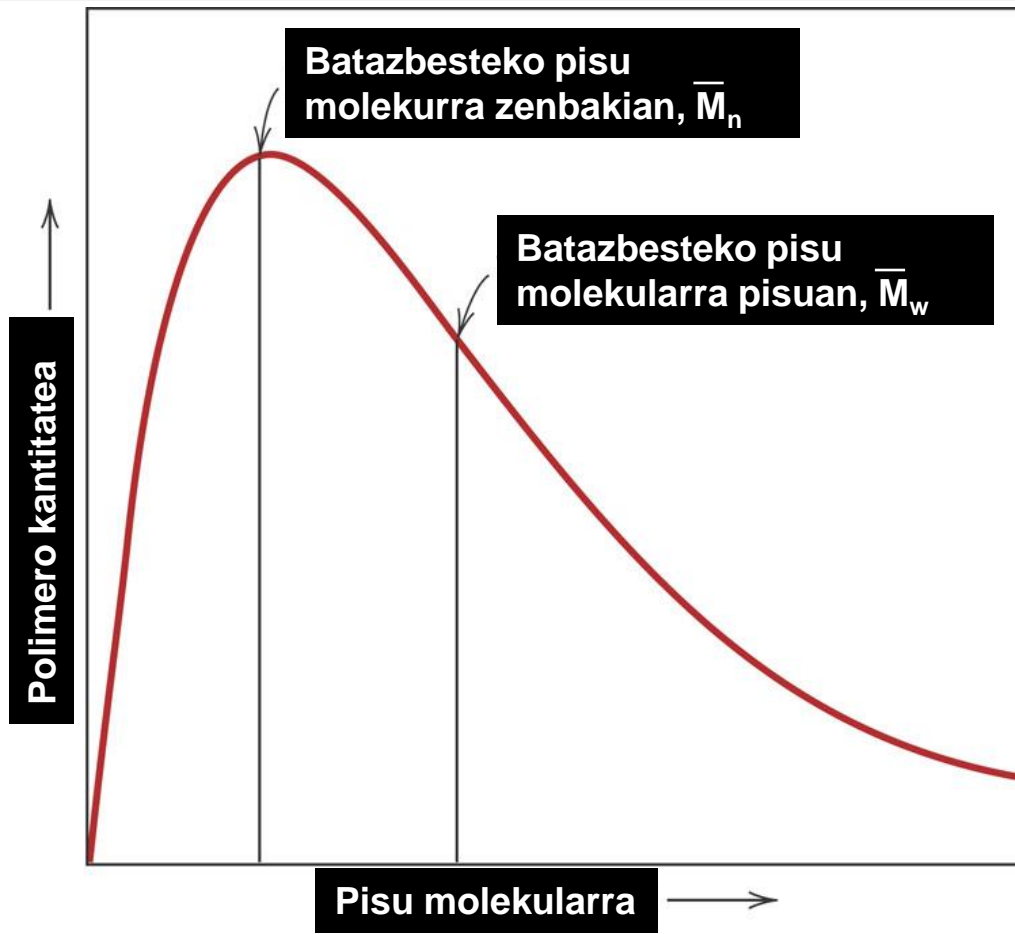
Batazbesteko pisu molekularra masan, M_w

M_w : Tamaina tarte ezberdinetan dauden molekulen frakzioaren pisan oinarritzen da.

$$\overline{M}_w = \sum w_i M_i$$

M_i : i tamainen tarteko batazbesteko pisu molekularra
 w_i : tarte horri dagokion molekula frakzioaren pisua





$$DP = \frac{\bar{M}_n}{m}$$

Polimerizazio maila, kate bakoitzaren unitate monomerikoen batazbesteko kopurua da.

- ✓ Polimero baten katearen luzaerak propietate askorengan du eragina, hala nola, urtze tenperatura, zein pisuarekin handitzen den.
- ✓ Kate ertainak dituzten polimeroak:
 - oligomeroak:** pisu molekularra: ~ 1000 g/mol: **erretxinak, likidoak** dira.
- ✓ Kate luzeak dituzten **polimeroak:** $10^3 < M < 10^6$ g/mol: **solidoak** dira.

Polimero motak

Polimero sintetiko asko **plastiko** izenez ezagutzen dira (beroarekin urtu eta konformatu daitezkelako) baina hauek soilik talde bat dira, **termoplastikoak**: **Behin eta berriz urtu eta solidifikatu daitezke.**

Termoegonkorrak (adizioz edo kondentsazioz eratuak) **ezin dira urtu**, karbonizatu daitezke urtu baino lehenago.

Elastomero edo kautxuak tartean egongo lirateke, elastikotasun izugarria dutelarik.

✓ Kateen arteko lotura ezberdinak: Van der Waals indarrak (termoplastikoak),
lotura kobalenteak edo interakzio mekanikoa (kateak trabaturik) (termoegonkorrak).



Termoplastikoak

✓ Termoplastikoak bigundu egiten dira berotutakoan eta gogortu, berriz, hoztutakoan; prozesu horiek erabat itzulgarriak dira, eta errepikatu egin daitezke; beraz, **termoplastikoak birziklagarriak dira.**

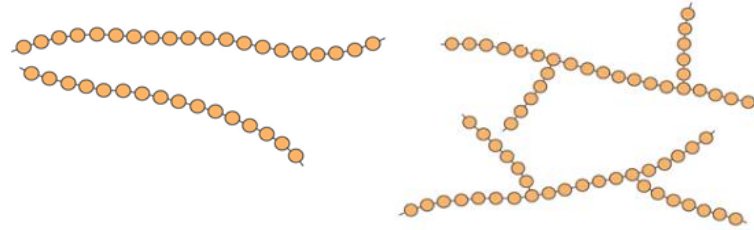


✓ Maila molekularrean, tenperatura igotzen den heinean, bigarren mailako lotura-indarrak txikitu egiten dira (mugimendu molekularra hazten den heinean); hala, ondoko kateen elkarrekiko mugimendua erraztu egiten da tentsioa aplikatutakoan. Polimero termoplastiko urtu bat modu itzulezinean degradatzen da tenperatura altuegi bateraino berotutakoan.

✓ Termoplastikoak nahiko bigunak dira.

✓ Polimero lineal gehienak eta kate malguko egitura adarkatuak dituztenak termoplastikoak dira.

✓ Material horiek beroa eta presioa aldi berean aplikatuz fabrikatu ohi dira.



termoplastiko
granza

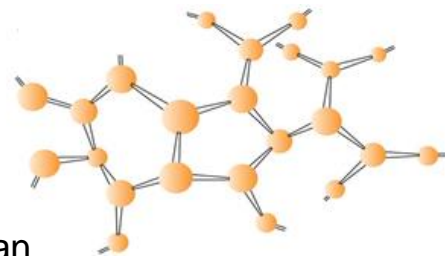
plastiko-estrusio
makina



Adibideak: PE (polietilenoa), PP (polipropilenoa), PVC (binilozko polikloruroa), PC (polikarbonatoa)

Termoegonkorrak

- ✓ Sare polimerikoak dira.
- ✓ Formazioan modu iraunkorrean gogortzen dira eta ez dira biguntzen berotutakoan.
- ✓ Sare-polimerikoek gurutzatze kobalenteak dituzte ondoko kate molekularren artean.
- ✓ Tratamendu termikoetan, lotura horiek direla medio, kateek elkar ainguratzen dute, kateek tenperatura altuan bibrazio- eta errotazio-mugimendua jasateko. Hala, **materialak, berotutakoan, ez dira biguntzen.**
- ✓ **Polimero termoegonkorrak termoplastikoak baino gogorragoak eta erresistenteagoak izan ohi dira, eta egonkortasun dimensional hobea dute.**
- ✓ **Adibideak:** epoxi erretxinak, erretxina fenolikoak (bakelita, lehen polimero sintetikoa).



4.2. DISPERTSATU-FASEA

OSAGAIAK

Matrizea : Portzentai handiengan dagoen fasea izan ohi da.

✓ Fase dispertsatuari esfortzua transferitzen dio.

✓ Fase dispertsatua babesten du.

Motak: metalikoak (M), zeramikoak (C), polimerikoak (P)

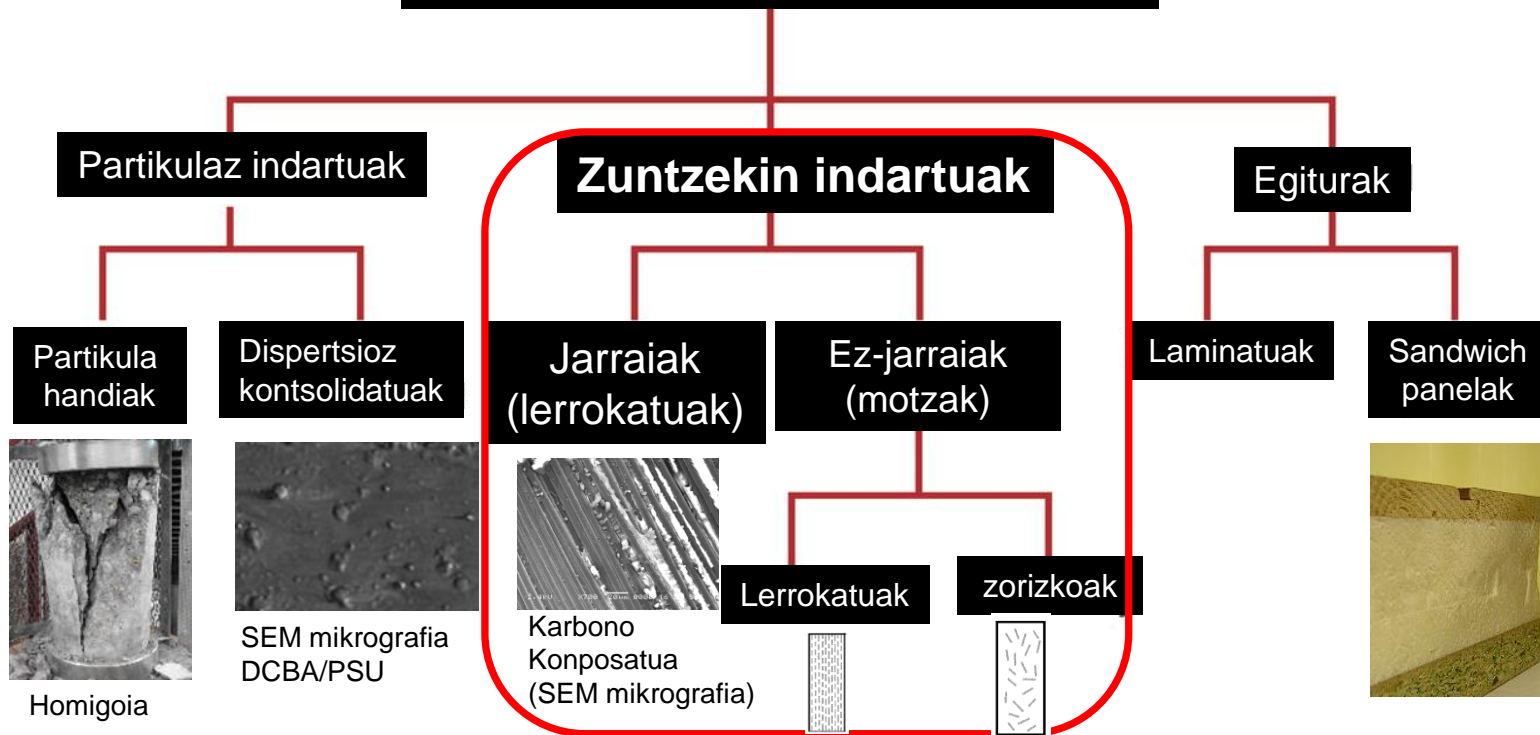


Fase dispertsatua: Matrizean zehar sakabanatuta dagoen fasea.

✓ Bere geometriak garrantzi handia du propietate mekanikoetan.

Motak: partikulak, **zuntzak**, esturaturak

Material konposatuak



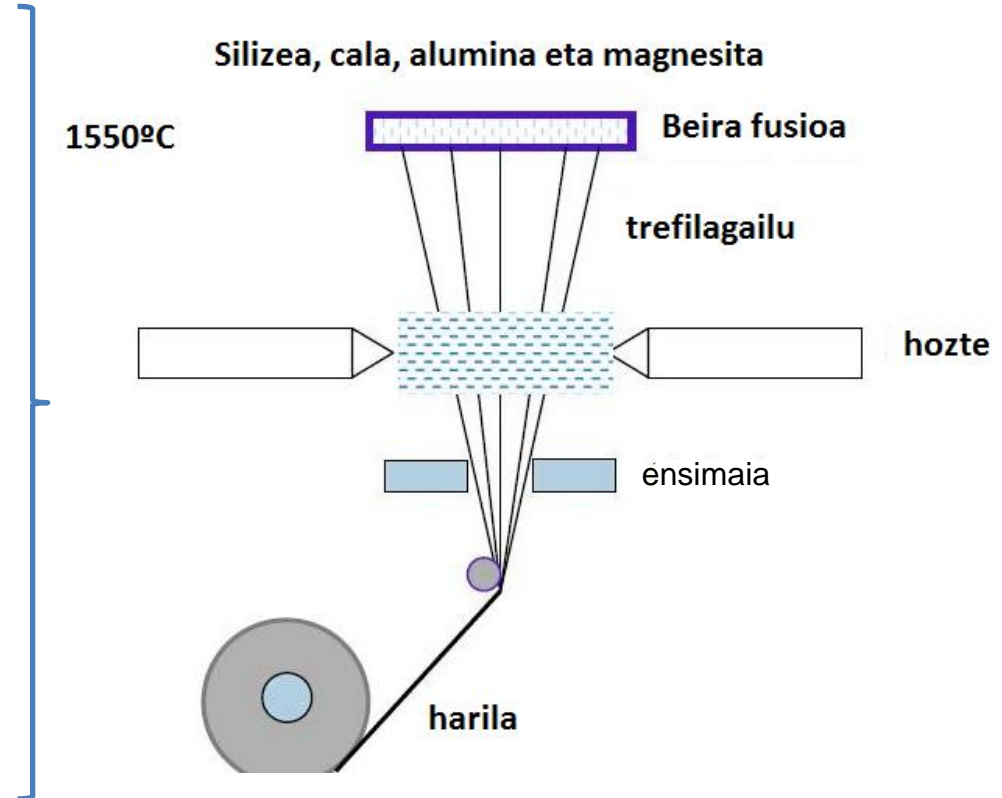
- ✓ Beira ekoizteko, lehengaiak tenperatura altuan berotzen dira, eta tenperatura honetan, urtu egiten dira.
- ✓ Beira komertzial gehienak silize hondarra (SiO_2), sodio karbonatoa (Na_2CO_3) eta kaltzio karbonatoa (CaCO_3) fusiotik lortzen dira.
- ✓ Beira-produktuak fabrikatzeko lau konformazio-metodo erabiltzen dira:
 - Prentsaketa (platerak eta ontziak)
 - Puztea (arte-objetuak)
 - “Flotado”
 - **Zuntz-sortzea**

Osagaiak:

Bere oinarrizko osagaia silizea da, zenbait oxido elkaturik:

(SiO_2), (Na_2CO_3), (CaCO_3), (Al_2O_3)







Nahaste hau urtu eta gero hainbat zulo txiki duen molde batetik iragan eta tiraketa bat jasan ondoren, ensimai batez babestuz, hodi batean karabilkatzen da robing bat osatuz.

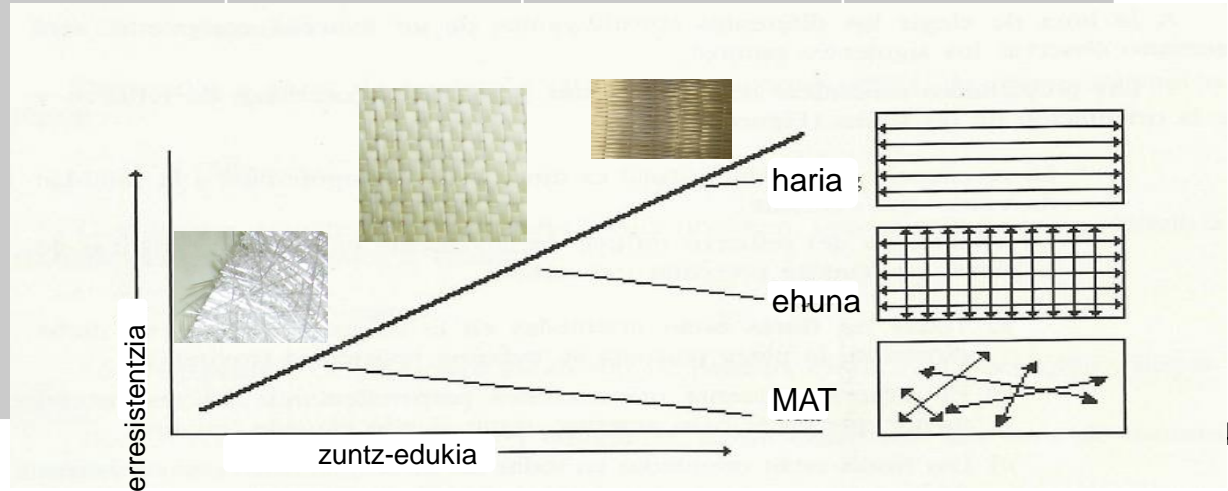


Ensimaiak:

- **Konposizio kimikoa:** silanoak, acetatoak, polesterrak... (konposatu organikoak).
- Indartutako plastikoen eraldaketan erabiltzen diren prozeduretan, harietara beharrezko zenbait ezaugarri erantsen dizkion konposatu kimikoari ensimari deritzaio.
- Ensimaiak harietara erantsen dizkien ezaugarriak hauek dira:
 - Harien arteko itsapena sortu
 - Zurruntasuna kontrolatu
 - Hariak oso urratzaile izanik, beren artean sortzen den marruskaduratik babestu
 - Elektrizate estatikoa ezabatu
 - Erretxinarekiko bustidura kontrolatu
 - **Beira/erretxina elkarketa erraztu**

Forma industrialak:

MAT	ROVING (haria)	EHUNA	HARIAK MOZTUTA	HARIAK EHOTUTA
 				



Propietateak:

- ✓ Erresistentzia mekaniko ona.
- ✓ Propietate dielektriko onak.
- ✓ Isolatzailerik onak.
- ✓ Dentsitate baxua.
- ✓ Erregaiztasuna.
- ✓ Egonkortasun dimentsionala.
- ✓ Ustelezintasuna.
- ✓ Malgutasuna.
- ✓ **Propietateak/prezioa erlazio ona.**
- ✓ Agente kimikoentzako erresistentziakidea.
- ✓ Gogortasun altua.



Motak:

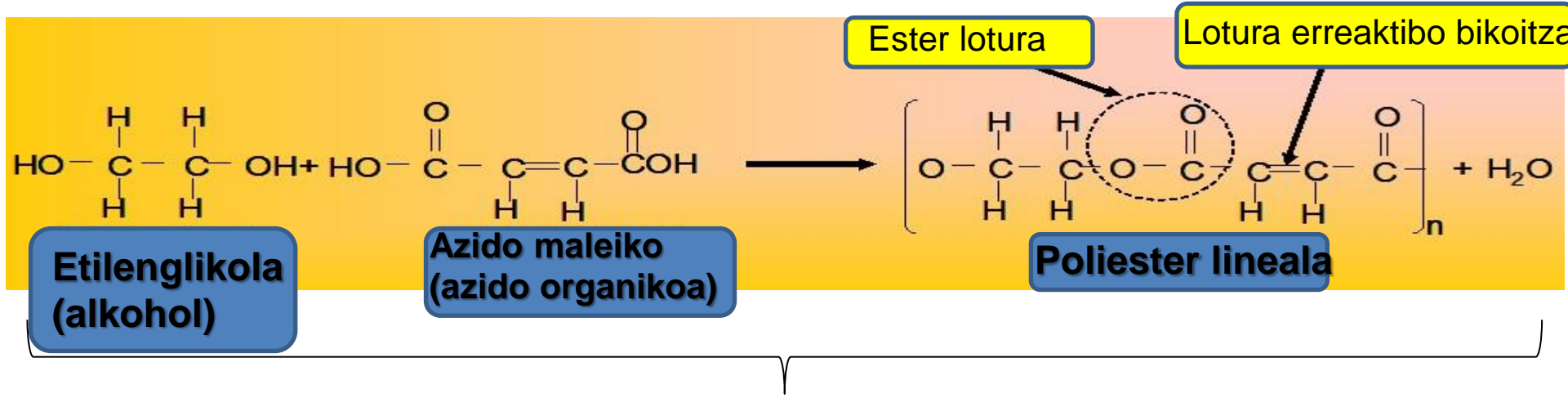
- **E beira-zuntza:** Tenperatura altuko eroale elektrikoetan, (isolatze-propietate egokiak dituelako) industrian erabiliena izan da. Gaur egun material konposatuetan eta ehungintzan %90 erabiltzen da.
- **A beira-zuntza:** E zuntzak baino erresistentzia mekaniko eta modulu txikiagoa izanik, azidoekiko erresistentzia handiagokoa da.
- **C beira-zuntza:** A eta E zuntzen tartekoa izanik, egitura antikorrosiboen gainazaletan erabiltzen da.
- **R eta S beira-zuntzak:** Ezaugarri mekaniko bereziak eskaten dituen egituretan erabiltzen dira (aeronautikan gehienbat): Bere trakzio-erresistentzia eta elastikotasun-modulua, beste guztionak baino altuagoak dira. Neke eta hezetasunarekiko erresistentzia behar direnerako egokiak dira.
- **D beira-zuntza:** Bere propietate dielektriko handiei esker, material elektronikoetarako aproposa da.

Beira-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: GFRP

MATRIZE TERMOEGONKORRAK:

Poliester ez-saturatuak, UP

beira-zuntzaz
indartutako poliesterra



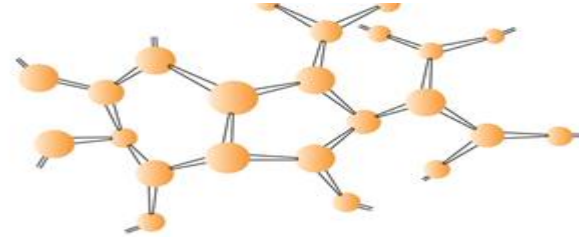
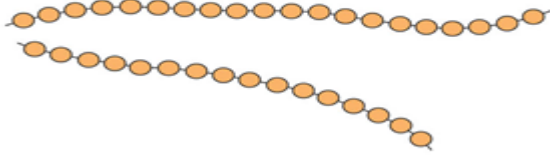
Kondentsazio bidezko polimerizazioa

Beira-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: GFRP

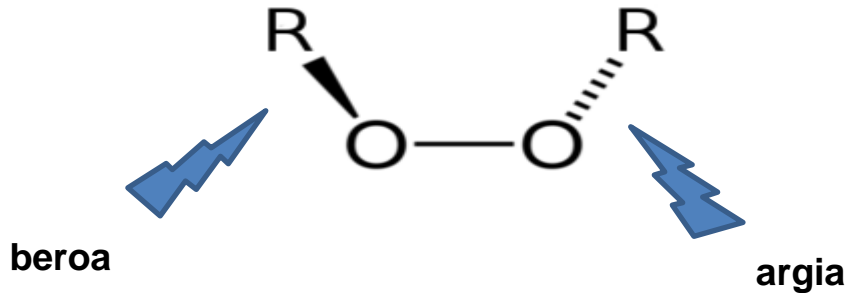
Poliester lineala



sarekatua



Katalizatzaile: Peroxidoak + azeleratzaileak



Poliesterren propietateak:

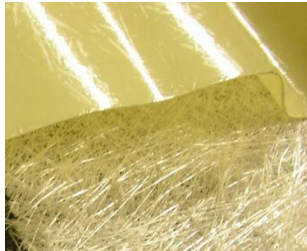
- ✓ arinak,
- ✓ zurrinak,
- ✓ inpaktuaren aurkako erresistentzia bikaina,
- ✓ erresistentzia kimikoa,
- ✓ isolatzaile elektrikoak,
- ✓ ez dute urik xurgatzen,
- ✓ 500 °C-raino portaera mekanikoa mantentzen dute.



Beira-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: GFRP

Erabilerak:

- ✓ ontzigintzan,
- ✓ eraikuntzan,
- ✓ kirolgintzan,
- ✓ automobilgintzan.



Beira-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: GFRP

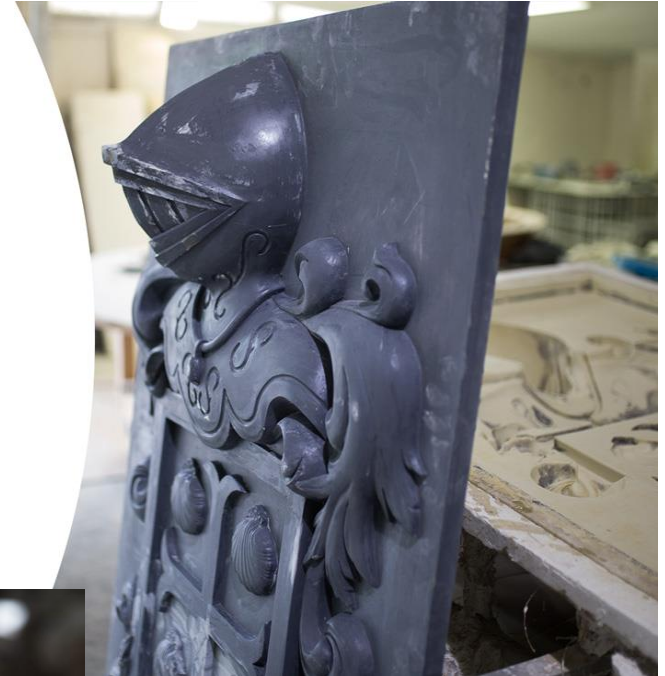
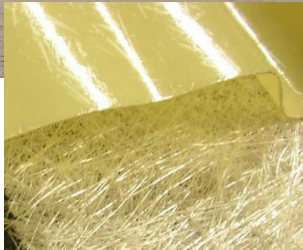
Eraikuntzan: Kapiteleak eta zutabeak

Estalkiak eta teilatuak

Barandak

Atariak

Erlaitzak

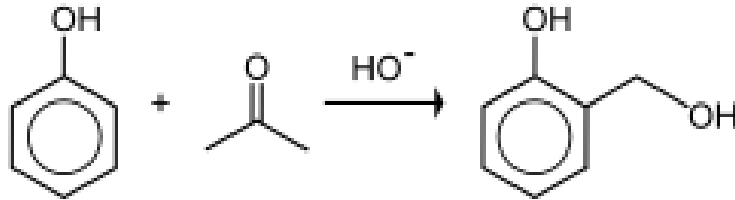


Beira-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: GFRP

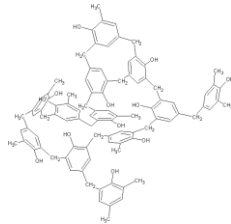
MATRIZEA:

Fenolikoak

1.- Fenola + formaldehida \longrightarrow Metilol fenola



2.- Kondentsazioa

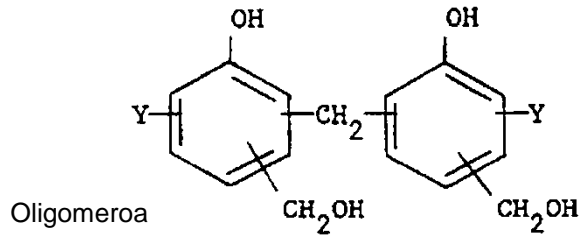


Kondentsazio bidezko
polimerizazioa

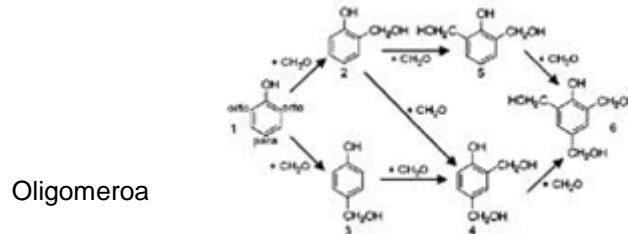
Beira-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: GFRP

BI MOTA:

- ✓ formola/fenola erlazioa bat baino txikiagoa denean, pH azidoa: **NOVOLAKA**



- ✓ formola/fenola erlazioa bat baino handiagoa denean, pH: basikoa: **RESOLA**

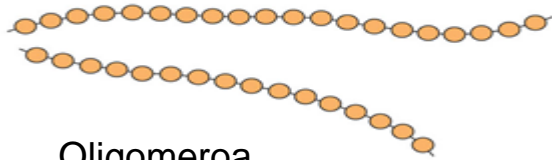


Beira-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: GFRP

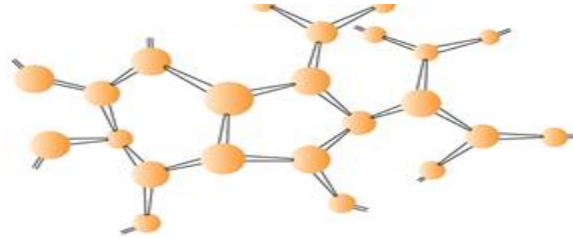
Fenolikoa



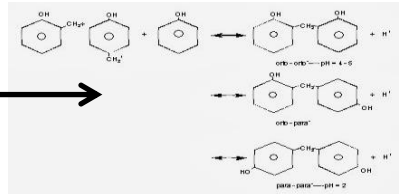
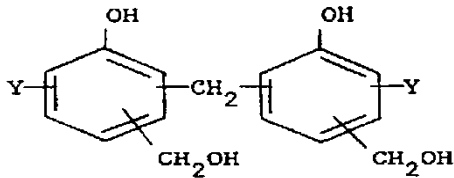
sarekatua



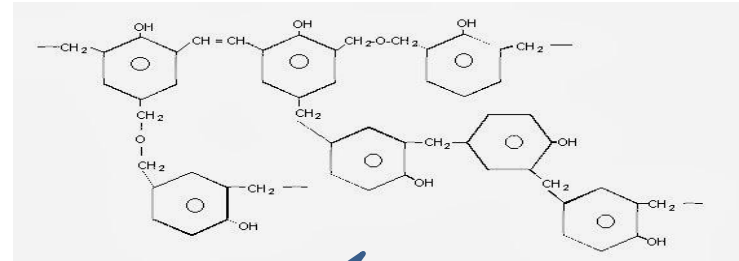
Oligomeroa



NOVOLAKA



RESOLA



Katalizatzaile: hexametilentetramina (HMTA),
% 5-15

beroa

Fenoliken propietateak:

- ✓ Tenperaturarekin erresistentziadunak (250 °C arte).
- ✓ Produktu kimikoetarako erresistentziakideak,
- ✓ Argiaz horitzen dira,
- ✓ Ezegonkortasun dimentsionala,
- ✓ Hauskorrak,
- ✓ Korrosioaren aurkako erresistentzia,
- ✓ Urraduraren aurkako erresistentzia,
- ✓ Ke toxikoen emisio baxua erretzean,
- ✓ **Merkeenak dira.**

Erabilerak:

- ✓ eraikuntzan,
- ✓ automobilgintzan,
- ✓ elektroniko-arloan,
- ✓ egur-konpositeak: adhesiboak,
laminatuak,
- ✓ gauza arruntak egiteko.



Karbono-zuntzek modulu espezifikoko eta erresistentzia espezifikoko altuenak dituzte, zuntz indargarrietako materialen artean.

Materiala	Dentsitatea ρ (g/cm ³)	Zurruntasuna E (GPa)	Erresistentzia S_t (MPa)	Zurruntasun espezifikoa (GPa/g/cm ³)	Erresistentzi espezifikoa (GPa/g/cm ³)
<i>Beira zuntza</i>					
E-Beira	2,54	72,4	3450	28,5	1,36
S-Beira	2,49	86,9	4300	34,9	1,73
<i>Karbono zuntza</i>					
AS-1	1,80	228	3100	126,7	1,72
AS-4	1,80	248	4070	137,8	2,26
IM-7	1,78	301	5310	169,1	2,98
P-100	2,15	758	2410	352,5	1,12
T-40	1,81	290	5650	160,2	3,12
T-300	1,76	231	3650	131,3	2,07
<i>Boro zuntza</i>					
	2,70	393	3100	145,6	1,15
<i>Aramida zuntza</i>					
Kevlar 46	1,45	131	3620	90,3	2,50
Kevlar 149	1,47	179	3450	121,8	2,35

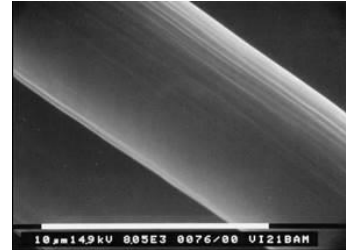
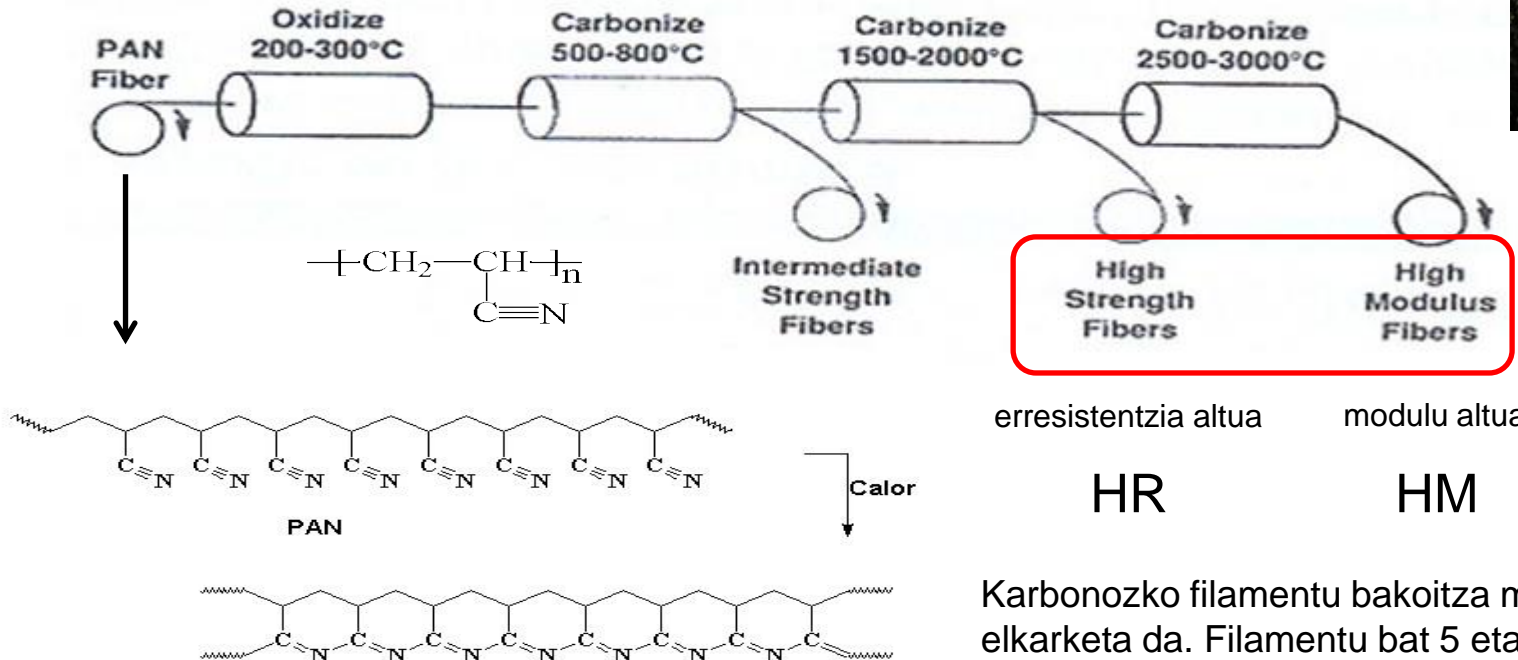


ARRESE ARRATIBEL A.
Laminarteko hausturaren analisia material konpositean
(Donostia-San Sebastián).
Tesis doctoral, UPV/EHU, 2009.

- Karbono-zuntzek trakzio-modulu altua eta erresistentzia altua atxikitzen dituzte tenperatura altuetan; nolana ere, tenperatura altuko oxidazio arazo izan daitezke.
- Giro-tenperaturan, karbono-zuntzei ez die hezatasunak eragiten, ezta disolbatzile, azido nahiz base ugari ere.
- Nahiko prozesu merkeak eta kostuaren aldetik eraginkorrak garatu dira zuntzak eta konpositeak fabrikatzeko.



Karbono-zuntzaren sortze-prozesua:



erresistentzia altua

modulu altua

HR

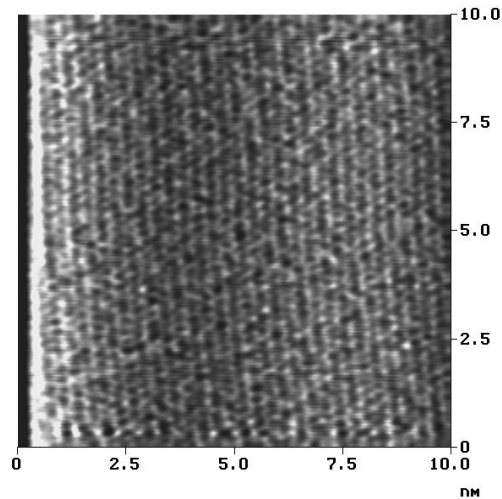
HM

Karbono- zuntza (SEM mikrografia)

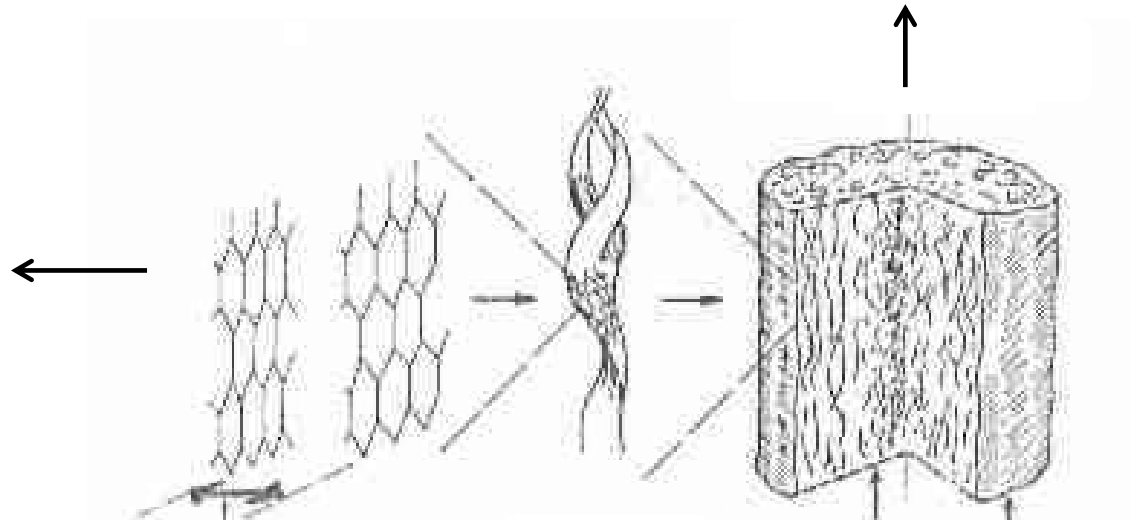
Karbonozko filamentu bakoitza milaka karbono zuntzen elkarketa da. Filamentu bat 5 eta 8 mikrometro arteko diametroa duen hodi fin bat da, eta nagusiki karbonoz osatua dago.

Karbono-zuntzaren mikroegitura:

Grafitoen xafla imperfektuak, sei karbono –eraztunak:

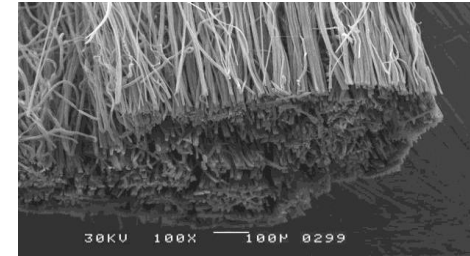


Karbono-zuntzaren AFM irudia

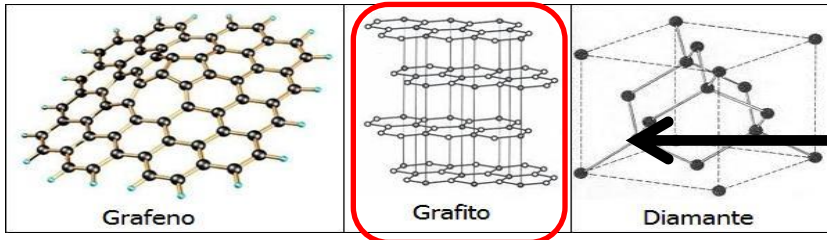
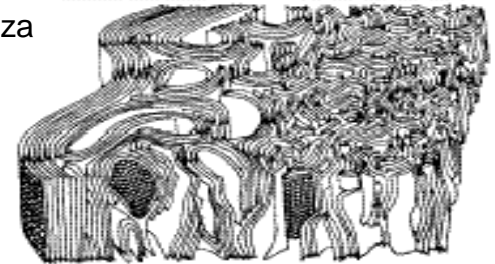


Forma industrialak:

ROVING (haria) (500-100.000 filamentuak)	EHUNA	Preimpreganatuak (epoxiarekin)
		



Zuntzaren
ardatza



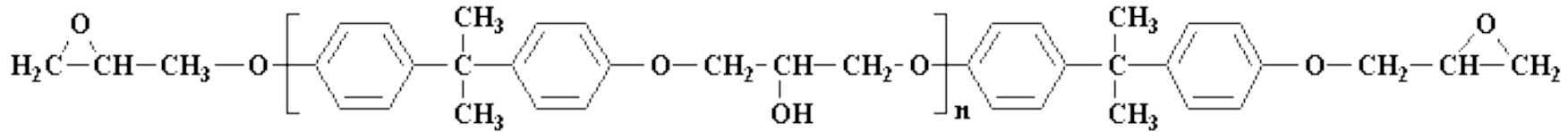
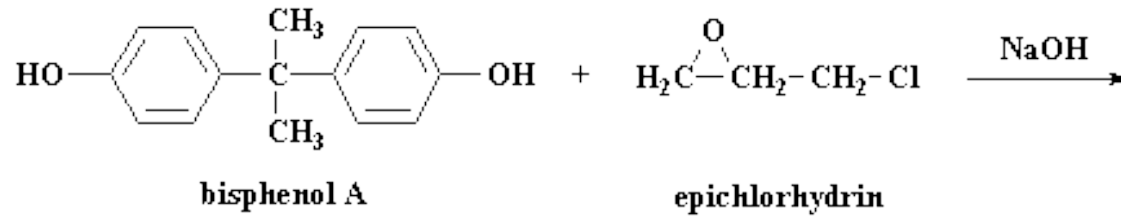
Karbono-zuntzaren propietateak:

Auto eta hegazkin industrian aplikazio ugari du, itsasontzi eta bizikletetan bezala, non bere propietate mekanikoak eta arintasuna oso garrantzitsuak diren. Geroz eta arruntagoa da, baita ere, nahiko arruntak diren kontsumoko beste gauza batzuetan, lerroko patinetan, tenisko erraketetan, eraikinetan, ordenagailu eramangarrietan, tripodeak eta arrantza kanaberak kasu, aeronautikan...

Karbono-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: CFRP

MATRIZE TERMOEGONKORRAK:

Epoxia



Kondentsazio bidezko polimerizazioa

Epoxi erretxinen propietateak:

- Humektazioa eta itsazteko hobeezinak dira.
- Isolamendu elektriko ona dute.
- Erresistentzia mekaniko ona dute.
- Hezetasuna jasaten dute.
- Fluido korrosiboen eraso jasaten dute.
- Tenperatura gaaraiak jasaten dituzte.
- Erresistentzai kimiko bikaina dute.
- Uzurdura gutxi sendatzerakoan dute.

Karbono-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: CFRP

Erabilerak:

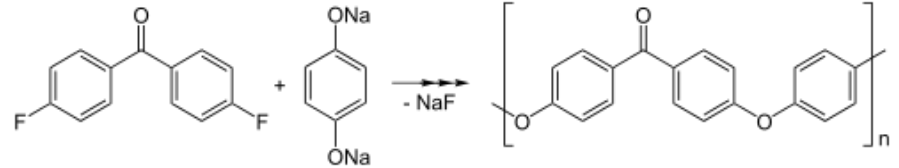
- Pinturak eta akaberak
- Adhesiboak
- Eraikuntza-industriako erretxina epoxien aplikazioak: Epoxi-a erretxinak erabiltzen dira blokeak elkartzeko eraikuntza-industrian eta eraikinetako kareore bezala, gainera hormigoien arteko bat-egitea, mortairuak, junturak, pinturak eta egiturazko konponketa. Birgaikuntzan:
- Sistema elektriko eta elektronikoak



Karbono-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: CFRP

MATRIZE TERMOPLASTIKOAK:

Poli-eter eter zetona (PEEK)

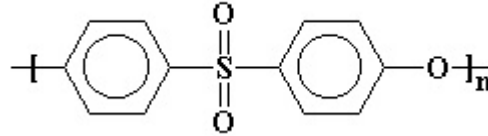


- ✓ PEEK-ak oso ongi mantentzen ditu bere propietate mekanikoak goi-tenperaturatan. Honekin batera, beste zenbait ezaugarri garrantzitsu ere aurkezten ditu, esate baterako erresistentzia kimiko handia, erantzun ona suaren aurrean (erretzerakoan produktu toxiko eta ke gutxi ateratzen ditu), eta propietate elektriko onak. Gainera gammaerradiazioari ongi eusten dio. Alabaina, bertute guzti hauek garesti ateratzen dira.
- ✓ Piezen fabrikazioak ez du zailtasun berezirik aurkezten emandako beroa nahikoa baldin bada polimeroaren urtze puntua ongi gainditzeko. Bere kristaltasun maila, eraldaketa baldintzen menpe dago, eta bereziki, hozte abiadurarekiko menpekotasun bortitza du.

Karbono-zuntzez indartutako konposite polimerikoak: CFRP

MATRIZE TERMOPLASTIKOAK:

Poli-eter-sulfona (PES)

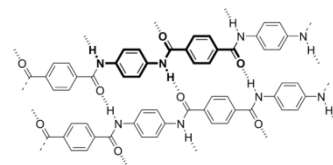


- ✓ Polimerizazioak kondentsazio-mekanismoa jarraitzen du, ingurune polar batean, katalizatzaile baten eta beroaren laguntzarekin.
- ✓ PESak ere ezaugarri mekaniko onak ditu, tenperatura tarte zabalean ongi mantentzen direnak. Gainera PES-ak egonkortasun termiko oso ona du, gardena da, propietate dielektriko onak ditu, eta suaren aurreko erantzun egokia aurkezten du.

Boro-zuntz hauen sorkuntz prozesua oso konplexua eta geldoa denez, garestia da eta, beraz, erabilpen mugatua du. Dena den, aparteko propietateak eskaintzen dituenek, sektore aurreratuetan (aeronautikan, armagintzan...) erabiltzen da. Aparteko ezaugarri horietan, aipagarrienak ondoko hauek dira:

- Trakzio eta konpresioan oso ezaugarri mekaniko altuak.
- Aparteko zurruntasuna.
- Ezaugarri termiko oso onak, bere ezaugarri mekanikoak 1.000 °C-raino mantentzen dituelarik.
- Boro-zuntzaren dentsitatea karbono-zuntzarena baino altuagoa da.

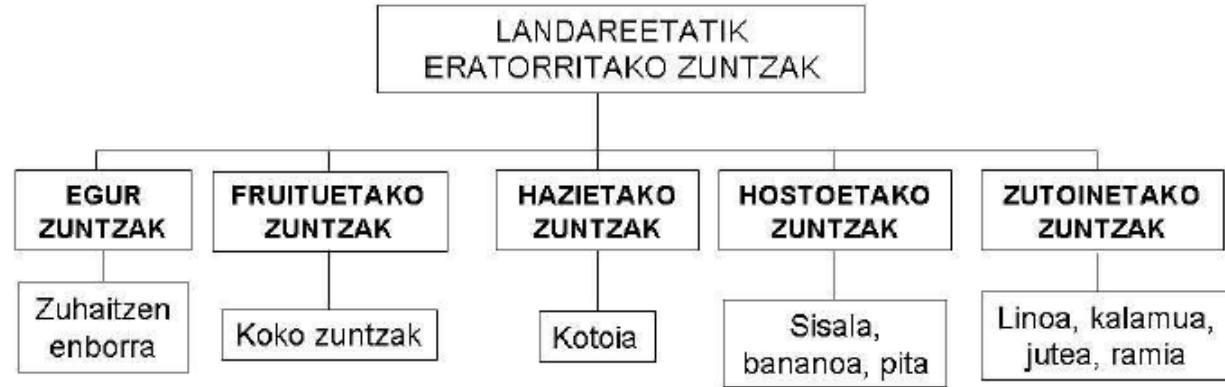
- ✓ Tenperatura gorenerako erresistentzia handia duten eta amida aromatikoetan oinarrituriko zuntzei aramida-zuntz deritzegu.
- ✓ Beren ezaugarri nabariena, aparteko erresistentzia eta modulua izateaz gain, nahikoa pisu espezifikoa izatea da.



Bere urradurarekiko erresistentzia beste zuntz guztiena baino handiagoa da. Agian erretxinarekiko duen itsaspen eskasa dela eta, konpresiorako duen portaera desegokiagatik gutxi erabiltzen da. Zuntz honekin egindako piezak mekanizatzen zailak izaten dira.

Zuntz naturalak jatorriaren arabera sailkatzen dira:

- Mineral
- Landare
- Animaliak



1. **Hosto jatorria dutenak**, ad.:
anana, **sisal (a)** eta espartzu
zuntzak.



(a)

2. **Zurtoin jatorria dutenak**, ad.:
linoa (b), jutea eta kainamo.



(b)

3. **Hazi jatorria dutenak**, ad.:
kotoi zuntzak (d).



(d)

4. **Fruitu jatorria dutenak**, ad.:
koko zuntzak (e)



(e)

ARBELAIZ GARMENDIA A.
Jatorri berriztagarria duen lino zuntz eta termoplastiko matrizeaz osaturiko konpositeak (Donostia-San Sebastián).
Tesis doctoral, UPV/EHU, 2006.

Zuntzen konposaketa kimikoa:

Konposaketa kimikoa landare zuntz batetik bestera aldatu egiten da.

Orokorrean zuntz naturalak, zelulosaz, hemizelulosaz, ligninaz, pektinaz, argizariez eta uraz osatuta daude.



	Kotoia	Jutea	Linoa	Ramioa	Sisala
Zelulosa	82,7	64,4	64,1	68,6	65,8
Hemizelulosa	5,7	12,0	16,7	13,1	12,0
Pektinak	5,7	0,2	1,8	1,9	0,8
Lignina	--	11,8	2,0	0,6	9,9
Hidrosolugarriak	1,0	1,1	3,9	5,5	1,2
Argizariak	0,6	0,5	1,5	0,3	0,3
Ura	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

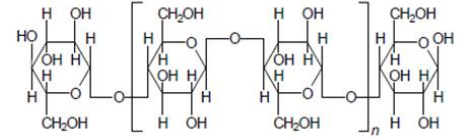
ARBELAIZ GARMENDIA A.

Jatorri berriztagarria duen lino zuntz eta termoplastiko matrizeaz osaturiko konposateak (Donostia-San Sebastián).

Tesis doctoral, UPV/EHU, 2006.

Zelulosa:

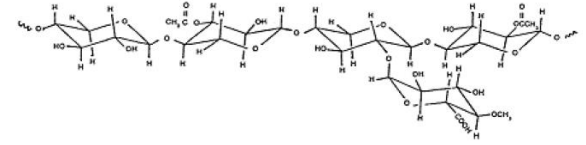
- ✓ Zelulosa landare hormen osagai eta unitate estruktural nagusia da.
- ✓ Munduan konposatu organiko ugariena da.
- ✓ Polimero lineala da.
- ✓ Zuntz naturalen propietateak zelulosak aurkezten duen polimerizazio mailaren funtzio dira.



Zelulosaren formula kimikoa

Egoera naturalean zelulosak bi fase edo zonalde ditu: **zelulosa kristalinoa** edo ordenamendu maila altukoa eta **zelulosa amorfoa** edo ordenamendu baxuko zonaldea.

- ✓ Zelulosa elementalak elkartzen dira eta hauek era berean hidrogeno lotura intermolekularren bidez 20-30 nm inguruko diametroko mikro-zuntzak dira.
- ✓ Mikro-zuntz hauek erdikristalinoak izan ohi dira, jatorriaren arabera kristaltasun maila ezberdinak izanik.

Hemizelulosa:

Hemizelulosaren formula kimikoa

Zelulosa zuntzak biltzen dituen matrizearen zati bat hemizelulosa da.

Zelulosa eta hemizelulosaren arteko ezberdintasun nagusienak hauek dira:

Hemizelulosak hainbat azukre unitate ezberdin ditu, zelulosak aldiz bakarra.

Hemizelulosaren adarkatze maila handia da.

Zelulosak aurkezten duen polimerizazio maila, hemizelulosak aurkezten duena baino 10-100 aldiz handiagoa da. **Zelulosan ez bezala, hemizelulosaren osagaiak landare batetik bestera aldatu egiten dira.**

Lignina:

- ✓ Lignina horma zelularrean agertzen da eta oso konplexua den sareaturiko konposatu polifenolikoa da.
- ✓ Ligninak zelulosa zuntzak elkarlotzea du funtzio, hau da, zementu moduan jokatzen du eta gainera landare zelula hormari zurruntasuna ematen dio.
- ✓ Kaltetze kimiko eta fisikoen azurrean babesle modura jokatzen du.

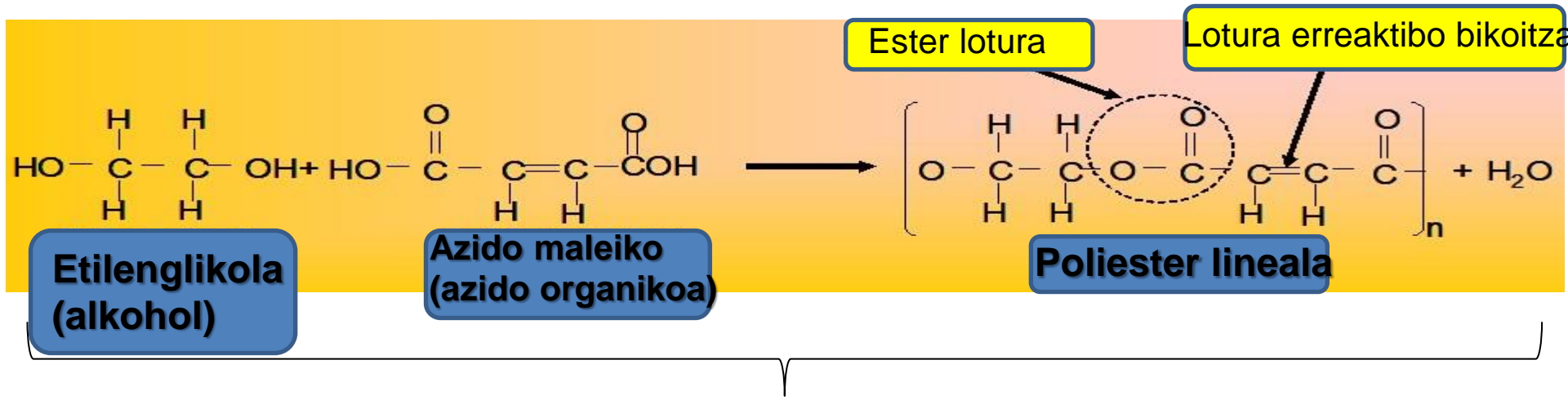
Pektinak:

Perktinak zementu funtzioa du ere bai, honela, landare zelula hormen estrukturan parte hartuz.

Zuntz naturalaz indartutako konposite polimerikoak

MATRIZE TERMOEGONKORRAK:

Poliester ez-saturatuak, UP

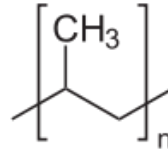


Kondentsazio bidezko polimerizazioa



MATRIZE TERMOPLASTIKOAK:

Polipropilenoa, PP

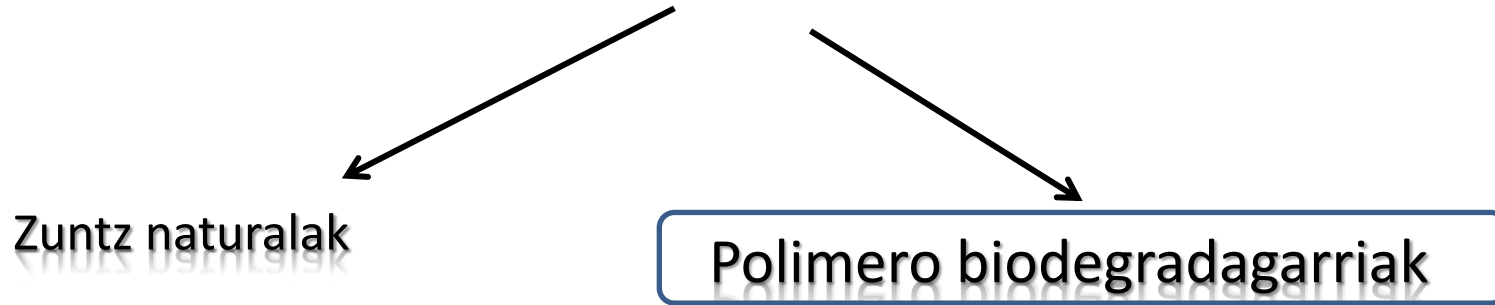


Polipropilenoa propileno monomeroaren
($\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$)

Polipropilenoa gai solido zuri gardena da, trakzioz eta bihurketaz hauskaitza da, ez da urtzen disolbatzaile organiko hotzetan, eta biguntzen da beroetan. Edozein kolore eman dakioke, erresistentzia elektriko ona du, azido eta base sendoek ez diote erasotzen $60\text{ }^\circ\text{C}$ -z azpitik, baina beste eragile oxidatzaile batzuek bai. Sukoia da. Kroma daiteke eta moldaeraza da.

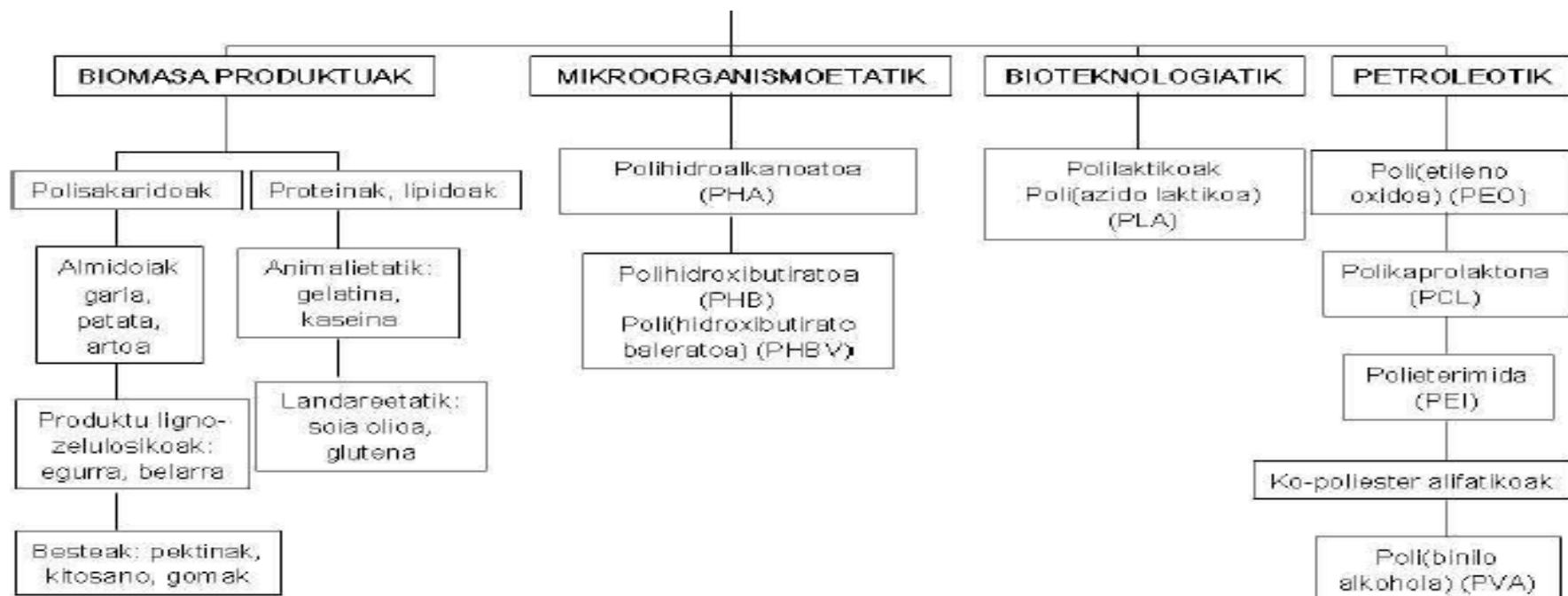
Gauza askotarako erabiltzen da: paketeak egiteko (mintz moduan), autoen, etxeko tresnen eta abarren pieza moldatuak egiteko, elektrizitate-kableak eta -haria estaltzeko eta belar artifizialentzat zuntzak ekoizteko, plastikozko hodiak, atletismorako pistak, paper sintetikoa, arrantzarako sareak egiteko, besteak beste.

Konposite guztiz biodegradagarriak



Polimero biodegradagarriak bakterio, onddo eta alga bezalako mikroorganismoen bidez deskonposatzen dira, eta karbono dioxidoa, ura, metanoa, konposatu ezorganikoak edota biomasa ematen dute.

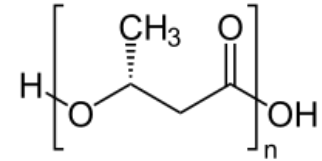
Polimero biodegradagarriak



Bi polimero biodegradagarri mota bereiz daitezke jatorriaren arabera: naturalak eta sintetikoak.

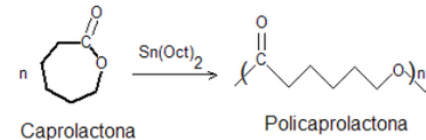
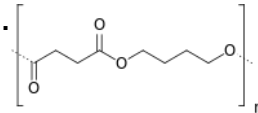
- Polimero naturalak, biopolimero izenaz ezagutzen dira eta iturri berriztagarrietatik sortzen dira. Material hauen artean aurkitzen dira adibidez zelulosa, kautxua eta **poli(hidroxibutiratoa) (PHB)**, (poliesterra).

*Mikroorganismo batzuek PHB-a produzitzen dute.



- **Sintetikoak berriz, petroliotik lortzen dira lortutako polimero biodegradagarriak dira.** Orokorrean abantailatsuak dira beren propietateak aplikazio bakoitzaren beharretara erraz egokitu daitezkeelako. Horren adibide dira **polikaprolaktona (PCL)**

eta **poli(butilen sukzinatoa) (PBS)**.



4.3. GEHIGARRIAK ETA KARGAK

Material konpositeen propietateak alda daitezke **gehigarriak eta kargak** konposizio kimikoan sartuz.

Beren arteko diferentzia proportzioan datza:

GEHIGARRIAK: proportzio txikietan

KARGAK: pisuko % 5en proportzio handiagoetan

Gehigarriak: nahita polimeroen ezaugarriak aldatzeko eta bere erabilgarritasuna handitzeko sartzen diren substantziak.

Kargak: Kargak uzkurdura txikiagotzen dute moldekatzean zehar, kostu txikiagoa dute eta erresistentzia hobetzen dute. Erabil daitezke ezaugarri elektrikoa eta isolamendu termiko handitzeko.

Adibideak: aserrín, mika...

GEHIGARRIAK/KARGAK aukeraketa nola egiten den:

- **Bere egitura kimikoa aztertuz:**

- Neutralitatea
- Zuntz-erretxinarekiko bateragarritasuna
- Agente kimikoekiko erresistentzia ona
- Erretxinarekiko lotura ona

- **Prezioa**

- **Erabilera erraza**

- **Bere ezaugarri fisikoak aztertuz:**

- Tamaina
- Forma
- Gainazala
- Partikulen sakabanaketa
- Dentsitatea
- Egonkortasun termikoa

GEHIGARRIAK

- ✓ Kasu askotan, beharrezkoa izaten da polimeroen propietate mekanikoak, kimikoak eta fisikoak aldatzea.
- ✓ Nahita sartzen dira, beraz, *gehigarri* deritzen substantzia arrotzak, propietate asko areagotzeko edo aldatzeko, eta, hala, polimeroaren zerbitzu-aukerak zabaltzeko.
- ✓ Efektu desberdinak:
 - Amaitutako piezarekiko
 - Martxan jartzeko prozesuarekiko

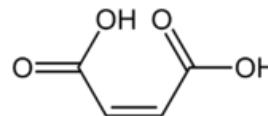
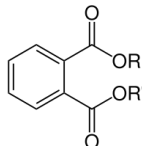
Amaitutako piezarekiko:

Plastikotzaileak:

- ✓ Polimeroen malgutasuna, harikortasuna eta zailtasuna hobetu egin daitezke.
- ✓ Plastikotzaileek polimeroen gogortasuna eta zurruntasuna murrizten dituzte.
- ✓ Plastikotzaileak lurrun-presio baxuak eta pisu molekular txikiak dituzten likidoak izaten dira.
- ✓ Plastikotzaileen molekula txikiak polimero-kate handien arteko posizioak betetzen dituzte, eta, hartara, kateen arteko distantzia behar bezala zabaltzen da, eta molekulen arteko bigarren mailako loturak murrizten dira.
- ✓ Aplikazio horien artean sartzen dira, adibidez, mintz edo xafla finak, tutuak, euritako jantziak, gortinak, jostailuak...

✓ Kimikoki:

- **Ftalatoak** (ésteres de ácido ftálico): uraren aurka eta olioien aurkako erresistentzia ona eskatzen den tokian



- **Maleatoak** (éster de ácido maléico):

Amaitutako piezarekiko:

Egonkortzaileak:

Material polimeriko batzuk bizkor narriatzen dira ingurune-baldintza arruntetan, osotasun mekanikoari dagokionez. Narriatze-prozesuak saihesteko erabiltzen diren gehigarriei **egonkortzaile** esaten zaie.

Polimero batzuk argiaren eraginpean narriatu ohi dira, zehazki, **erradiazio ultramorearen (UV)** eraginpean.

Amaitutako piezarekiko:

Egonkortzaileak:

Erradiazio ultramoreak kate molekularretako lotura kobalentei eragiten die, eta hautsi egiten ditu; horren ondorioz, gurutzatzeak gerta daitezke hein batean.

UV egonkortzea lortzeko bi modu daude, nagusiki:

1.- UV izpiak xurgatzen dituen materiala gehi daiteke, sarritan gainazaleko geruza-fin gisa. Horrek, funtsean, eguzki-iragazki gisa jarduten du, eta UV erradiazioa blokeatzen du, materialen sartu eta polimeroa hondatu baino lehen.

2.- UV erradiazioak hausten dituen loturekin erreakzionatzen duten materialak gehi daitezke, polimeroetan bestelako kalteak eragin ditzaketen erreakzioetan parte har dezaten.

Amaitutako piezarekiko:

Egonkortzaileak:

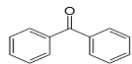
Beste narriatze mota garrantzitsu bat **oxidazioa** da (antioxidanteak)

✓ Oxigenoaren-oxigeno (O_2) edo ozonoaren (O_3)- eta polimero molekulen arteko interakzio kimikoaren ondorioz gertatzen da.

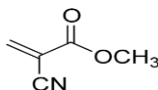
✓ Oxidazioa saihesteko babesa eskaintzen duten egonkortzaileek oxigenoa kontsumitzen dute polimerora iritsi baino lehen, eta/edo materiala are gehiago honda dadin eragiten duten oxidazio-erreakzioak saihesten dituzte.

Kimikoki:

benzofenonak,

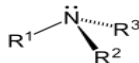


cianoacrilatoak,



benzotriazoleak ,

Aminak



Oxido metalikoak

Amaitutako piezarekiko:

Koloratzaileak:

- ✓ Koloratzaileek kolore zehatz bat ematen diote polimeroari;
- ✓ **Tindu** edo **pigmentu** gisa gehi daitezke:
 - Tindu bateko molekulak, berez, disolbatu egiten dira polimeroan.
 - Pigmentuak disolbatzen ez diren material betegarriak dira, hots, fase bereizi batean mantentzen direnak.
- ✓ Batzuek partikula-tamaina txikia eta polimeroaren antzeko errefrakzio-indizea dituzte.
- ✓ Beste batzuek, berriz, koloreaz gainera, opakutasuna ematen diote polimeroari.

Amaitutako piezarekiko:

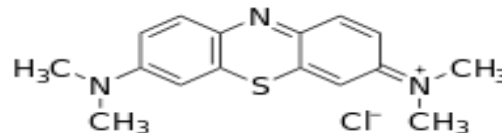
Koloratzaileak:

Kimikoki:

PIGMENTOAK: konposatu metalikoak, metalaren arabera kolorea

- cadmio: BERDEA
- burdina: GORRIA
- kromoa: horia
- beruna: zuria
- titanioa: zuria

TINDUAK: iodoa, etanol, “azul de metileno”...



Amaitutako piezarekiko:

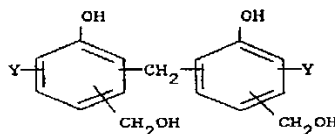
Suaren aurkakoak:

- ✓ Material polimerikoen sukoitasuna kezka nagusi bat da, bereziki ehungintzan eta haurrentzako jostailuen fabrikazioan.
- ✓ Polimero gehienak sukoiak dira forma puruan; horien salbuespen dira kloruro eta/edo fluoruro asko duten polimeroak, hala nola, PVC-a edo Teflon-a.
- ✓ Gainerako polimero erregaien sukoitasunarekiko erresistentzia handitu egin daiteke, suaren aurkako gehigarriei esker.
- ✓ Gehigarri horiek gas-fasean errekontza oztopatuz funtzionatzen dute, edota bero gutxiago sortzen duen eta tenperatura jaitsarazten duen beste errekontza-erreakzio bat abiarazten dute, errekontza moteltzen edo gelditzen duena.

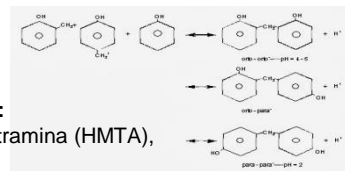
Martxan jartzeko prozesuarekiko:

➤ **Katalisi-sistemak:** NOVOLAKA

- inhibitzaileak
- azeleratzaileak
- katalizatzaileak



Katalizatzaile:
hexametilentetramina (HMTA),
%5-15



- **Desmoldatzaileak:** erretxinak tresneria itsasteko duen joera murriztea da beren funtzioa. Silikona edo hidrokarburozko koipeak – Pisu molekular altuko alkoholak eta azidoak
- **Agente tixotropikoak:** erretxinaren biskositatea jaisten dute, moldaketa eta bustitzea errazten dituzte, propilenglicola...
- **Antikontrakzio-agentek** “low profile” eta “low shrink” gehigarria. Adib.: polibinilazetatoa, polibinilmetakrilatoa, poliestirenoa, polietilenoa, butadieno-estirenoa, kopolimeroak...

KARGAK (betegarriak)

Kargak **uzkurdura txikiagotzen** dute moldekatzean zehar, **kostu txikiagoa dute** eta erresistentzia hobetzen dute. Erabil daitezke ezaugarri elektrikoa eta isolamendu termiko handitzeko.

- **Karga-indargarri esferikoak edo ez-esferikoak:**

- Beirazko mikroesferak
- Karbonozko mikroesferak
- Mika

- **Karga merkeak**

- Karbonatoak
- Silikatoak
- Landare-kargak: zurezko irina, kortxoa

- **Karga ignifugoak**

- Alumina hidratatua
- Antimonio trioxidoa halogenoekin

- **Karga eroaleak eta antiestatikoak**

- Hauts eta dilista metalikoak
- Metalizatutako beirazko mikroesferak
- Beirazko zuntzekin elkartzen diren hari metalikoak

4.4 KONPOSITEEN PROZESATUA

Konformazio-teknikak

- ✓ **Sarrera**
- ✓ **Termoplastikoz konposatuen konformazio-teknikak**
- ✓ **Termoegonkorraz konposatuen konformazio-teknikak**

Konposite polimerikoak konformatzeko teknika batzuk erabiltzen dira eta metodo bat aukeratzeko, zenbait faktore izan behar dira kontuan:

- 1.- Polimeroa termoplastikoa edo termoegonkorra den**
- 2.- Termoplastikoa bada, zer tenperaturan biguntzen den**
- 3.- Konformatutako materialaren egonkortasun atmosferikoa**
- 4.- Produktu amaituaren geometria eta tamaina**

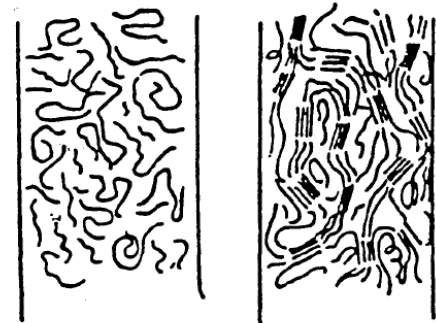
Termoplastikoz konpositeen konformazio-teknikak

Temperatura altuetan fabrikatzen dira, eta, sarritan, presio aplikatuz:

- TERMOPLASTIKOAK AMORFOAK badira, **beira-trantsizioko temperaturen** gainera konformatzen dira, **T_g**
- TERMOPLASTIKOAK ERDIKRISTALINOAK badira, fusio-tenperaturaren gainera, **T_m**

- Edozein materialetan egoera amorfoa **beira-trantsiziozko temperatura (T_g edo glass transition) deritzon temperaturak karakterizatzen** du; temperatura horretan materialaren biguntzea gertatzen da.

- Egoera kristalinoa, ordea, **fusio-tenperaturak edo melting temperatura (T_m)** delakoak karakterizatzen du; temperatura horretan kristal-egitura apurtu egiten da likido-egoerara pasatuz.



AMORFOA

ERDIKRISTALINOA

Termoplastikoz konpositeen konformazio-teknikak

- Edozein materialetan egoera amorfoa **beira-trantsiziozko tenperatura (T_g edo glass transition) deritzon tenperaturak karakterizatzen** du; tenperatura horretan materialaren biguntzea gertatzen da.
- Egoera kristalinoa, ordea, **fusio-tenperaturak edo melting tenperatura (T_m)** delakoak karakterizatzen du; tenperatura horretan kristal-egitura apurtu egiten da likido-egoerara pasatuz.

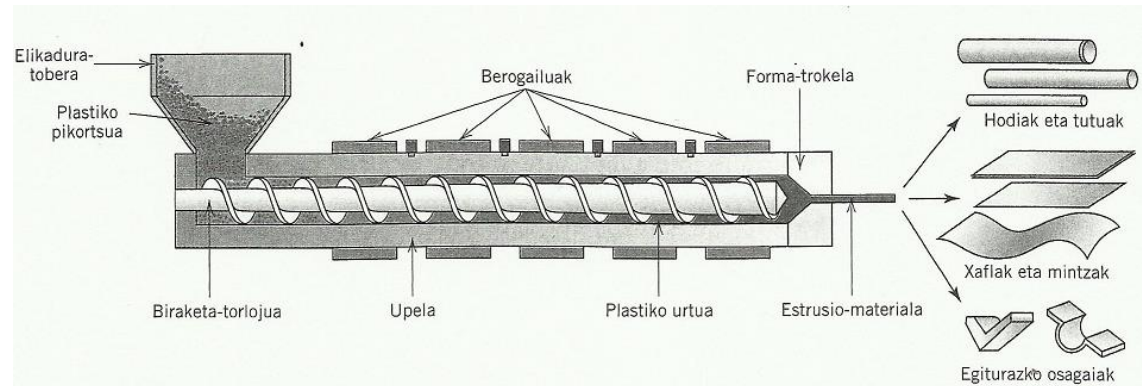
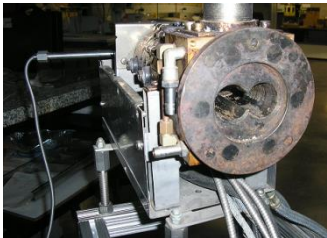
Polimero termoplastiko guztiek T_g bat aurkezten dute, jada amorfo edo erdikristalino hauek izan daitezten. Berotzerakoan polimero amorfoek trantsizio bat, T_g, soilik dute. Polimero erdikristalinoek dituzte bi, T_g eta kristalen (T_m-en) fusio tenperatura.

T_g muturreko garrantziko balioa da, bada plastikoaren lan tenperatura dio eta beraz plastiko zehatza emandako aplikazio baterako erabil daitekeen zehazten du.

Termoplastikoz konpositeen konformazio-teknikak

Estrusio moldaketa

Estrusio-prozesuan material termoplastiko likatsu bat moldekatzen da presiopean mutur irekiko trokel batean zehar. Torloju edo ginbalet mekaniko bateko material pikortsua ganbera batean zehar bultzatzen da, eta materiala fluido likatsuzko karga jarraitu gisa trinkotuz, urtuz eta eratuz doa. Estrusioa gertatzen da masa urtu hori trokel-zuloan zehar igaroarazten denean.



Termoplastikoz konpositeen konformazio-teknikak

Estrusio moldaketa

Teknika hori bereziki egokia da zehar-ebakian geometria konstanteak behar dituzten luzera jarraituak ekoizteko, hala nola barrak, hodiak, mahuka-artekak, xaflak eta hariak fabrikatzeko.

Batzuetan, estrusioa egin baino lehen matriz eta zuntzeko aurreko nahastea egiten da. Hau egiteko nahasgailuak erabiltzen dira.

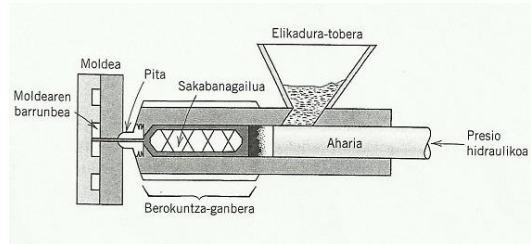


Termoplastikoz konpositeen konformazio-teknikak

Injekzio moldaketa

Injekzio bidezko moldaketa material termoplastikoak fabrikatzeko gehien erabiltzen den teknika da. Material pikortsuaren kantitate egokia elikatzen da elikadura-toberatik zilindrora, pistoi baten mugimenduaren bitartez. Karga hori berokuntza-ganberara bultzatzen da, eta, hor, sakabanagailura sartzen da horma berotua hobeto uki dezan. Horren ondorioz, material termoplastikoa urtu egiten da. Ondoren, plastiko urtua, berriro ere ahar-mugimenduz, moldearen barrunbe itxiaren barrura bultzatzen da pita baten bitartez. Presioa mantendu egiten da harik eta moldura solidotzen den arte. Azkenik, molde ireki egiten da, pieza ateratzen da, molde ixten da, eta ziklo osoa errepikatzen da.

Material berehala solidotzen da;
horren ondorioz, prozesu horren
ziklo-denbora laburrak dira.



Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Bi urretsetan fabrikatu ohi dira:

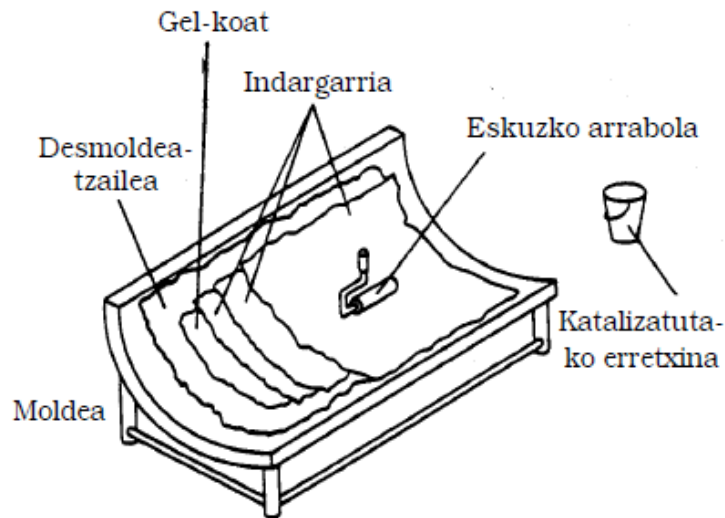
- 1.- Lehendabizi, polimero lineal bat (prepolimero) likido gisa prestatzen da, pisu molekular baxuarekin.
- 2.- Likidoa gogor eta zurrun bihurtzen da, eta lortu nahi den forma duen moldean gauzatzen da: **ontze-a** gertatzen da. Berokuntzan gertatzen da eta/edo katalizatzaileak gehitutakoan, eta, sarritan, presiopean. Ontze-prozesuan, aldaketa kimikoak eta egiturazkoak maila molekularrean gertatzen dira: egitura gurutzatua edo sare-egitura eratzen da.
- 3.- Ondu eta gero, polimero termoegonkorrak moldetik ateratzen dira eta dimentsioen aldetik egonkorrak dira.

Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Proiekziozko moldaketa

Prozesu honetan oro har jarraitu beharreko etapak hauek dira:

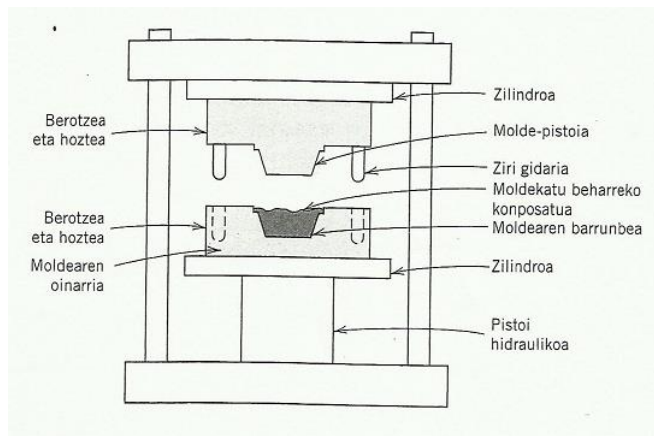
- Moldea prestatzea.
- Erretxina- eta indargarri-mota hautatzea.
- Desmoldatzailea aplikatzea.
- Gel-koat ematea (berau erabakiorra izanik).
- Indargarria ezartzea.
- Brotxa eta artilezko arrabola erabiliz erretxina banatzea.
- Arrabol berezi bat erabiliz airea kanporatzea.
- Erretxinaren gelifikazio eta polimerizazioa.
- Desmoldeatzea.
- Amaiera.



Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Konpresio eta transferentzia bidezko moldekatzea

Konpresio bidezko moldekatzean, polimeroaren eta behar diren gehigarrien nahastura xehe-xehearen kantitate egokia jartzen da molde baten pieza arraren eta emearen artean:



Moldekatze-teknika hori polimero termoplastikoekin eta termoegonkorrekin erabil daiteke.

Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Konpresio eta transferentzia bidezko moldekatzea

Moldearen bi piezak berotu egiten dira, eta bi piezetako bat mugigarria da.

Moldea itxi egiten da, eta beroa eta presioa aplikatzen dira: plastikoa likatsu bihurtzen da, eta moldearen forma hartzen du.

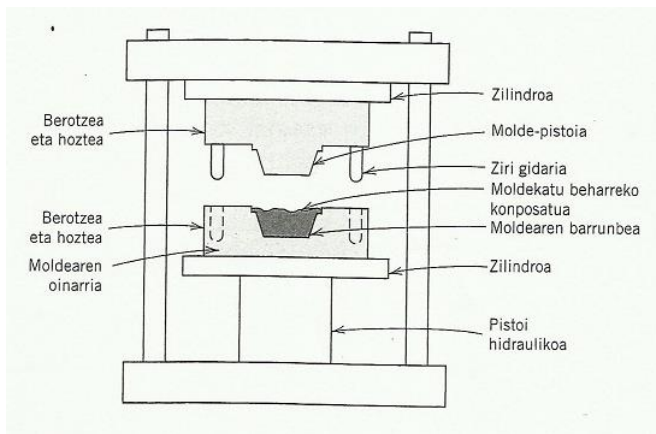
Moldekatu baino lehen, osagaiak nahasi egiten dira, eta hotzean prentsatzen dira aurreforma deritzon disko batean. Aurreforma aurrez berotuz gero, moldekatze-denbora eta presioa murriztu egiten dira eta akabera uniformeko pieza lortzen da.



Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Konpresio eta transferentzia bidezko moldekatzea

Konpresio bidezko moldekatzean, polimeroaren eta behar diren gehigarrien nahastura xehe-xehearen kantitate egokia jartzen da molde baten pieza arraren eta emearen artean:



**Moldekatze-teknika hori
polimero
termoplastikoekin eta
termoegonkorrekin
erabil daiteke.**

Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Konpresio moldaketa

Termoegonkorrekin hiru mota daude, zuntza nola dagoen arabera:

➤ **BMC (bulk molding compounds)**

Erretxina eta zuntza moztuta nahasten dira.

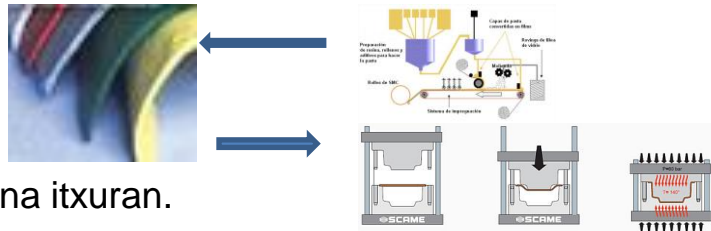
Zuntza moztuta eta erretxina (termoegonkorra: epoxia, fenolikoa, poliesterra...) “pasta” itxuran.



➤ **SMC (sheet molding compounds)**

Erretxina eta zuntza moztuta nahasten dira.

Zuntza moztuta eta erretxina (termoegonkorrak) lamina itxuran.



➤ **TMC (thick molding compounds)**

“Pasta” eta laminak moldatzen dira.

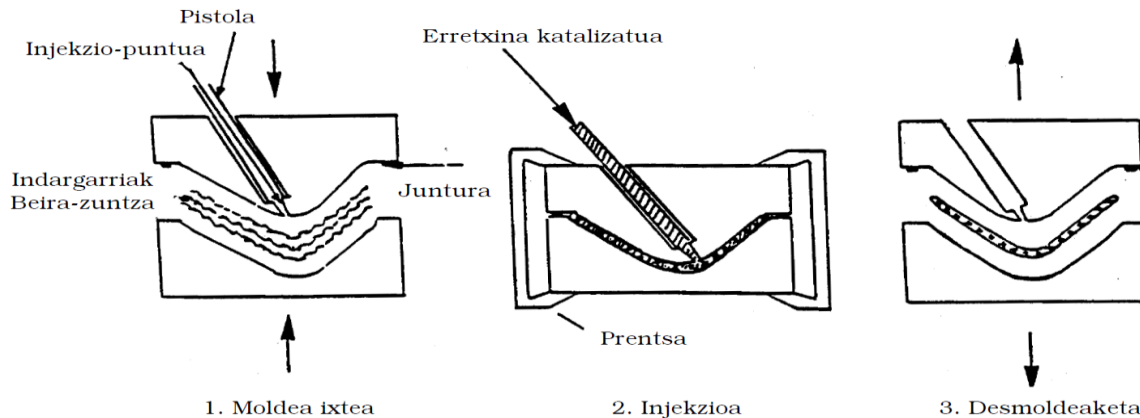


Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Erretxinaren injekziozko moldaketa presio baxuan:

R.T.M. (Resin Transfer Molding)

Molde eta kontramolde batez osaturiko gune baten barnera erretxina injektatzean datza R. T. M. eraldaketa-prozedura. Horretarako gunearen barnean, aurrez zuntz-indargarri lehorra kokaturik egongo da. Erretxina injektatzea, giro-temperaturan eta $1-3 \text{ kg/cm}^2$ -ko presioz funtzionatzen duen makina batez egiten da.



Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Eragiketa-metodoa:

- Desmoldatzailearen aplikazioa.
- Molde eta kontramoldean gel-coat aplikatzea.
- Indargarria kokatzea: mat-a, ehuna, estalki-azalera, txertoak, etab.
- Erretxina injektatzea.
- Erretxina polimerizatzea.
- Pieza ateratzea.

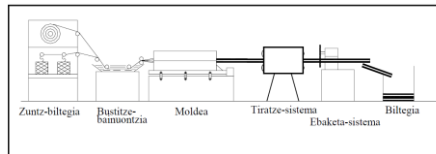
Erretxinaren injekziozko moldaketa presio baxuan:

R.T.M. (Resin Transfer Molding)



Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Pultrusioa



Konpositezko profil irekiak, beteak, hutsune eta forma konplexudunak eta, behar bada, bere ebakiduran lodiera desberdinak dituztenak, era jarraian eraikitzeko eraldaketari pultrusio deritzogu.

Profil bat eraikitzeko pultrusiozko makinaren funtzionamendua honako hau da:

- * Zuntzak biltegitik bainuontziraino gidatzen dira, bertan ongi busti daitezten. Ondoren molde-trefilagailu batera sartuz profilaren forma eman eta, beroa emanez, polimerizatuegiten da.
- * Zenbait kasutan molde hau labe batez hornitzen da, polimerizazioa eta zahartzapena osa daitezten.
- * Jarraia izan behar duen profilaren aitzinapena, trakzio-modulu izenez ezagutzen den tiraketa-sistema jarrai batez egiten da.
- * Profilak guk nahi dugun luzera lortzen duenean, ebaketa-moduluan moztu egiten da.

Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Pultrusioa

✓ Eraldaketa-prozesu honen ezaugarriak aipagarrienak honakoak dira:

- Prozesu jarraia da
- Produktibitate altua du eta prozesu-kostu baxua
- Sekzio, simple edo konplexuko, baina konstanteko profilak lortzen dira
- Lortutako profilak, orokorrean, ez du bukaerako eragiketarik behar
- Profilen norabide longitudinalean propietate mekaniko oso onak lortzen dira
- Termoplastikoak ere erabil daitezke

✓ **Abantailarik garrantzitsuenak:**

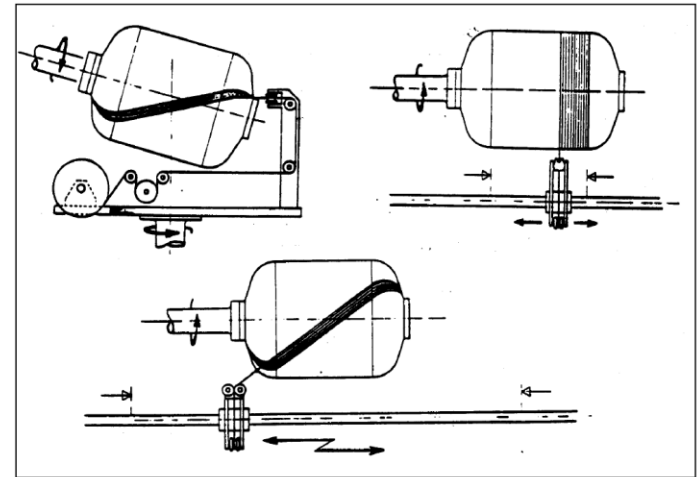
- Oso bizkorra den prozesua da, ondorioz merkea izan daiteke
- Erretxinaren edukia zehatz kontrola daiteke
- Zuntzaren kostua minimizatuta dago, gehiena biltegian dauden bobinetatik hartzen baita
- Lortutako produktuen ezaugarri mekanikoak oso onak dira zuntza orientatuta eta proportzio handian sartzen delako
- Erretxinaren bustitzeari dagokion gunea estalita egon daiteke eta hegazkorren irteera gutxiagotu egin daiteke

Termoegonkorraz konpositeen konformazio-teknikak

Zuntzeko karabilkaketa

Molde batean, zuntz indargarri desberdinak karabilkatuz pieza hutsak lortzeari, zuntzeko karabilkaketa deritzogu.

Makina osatzen duten biraketa eta translaziozko karabilkaketa-higiduren bidez eta bertako abiadura erlatiboarekin jokatzuz, eraiki beharreko piezaren saihests-hezur gisa, aurrez diseinaturiko eskema geometriko bati jarraituz eta erretxinaz bustita moldean kokatzen da.



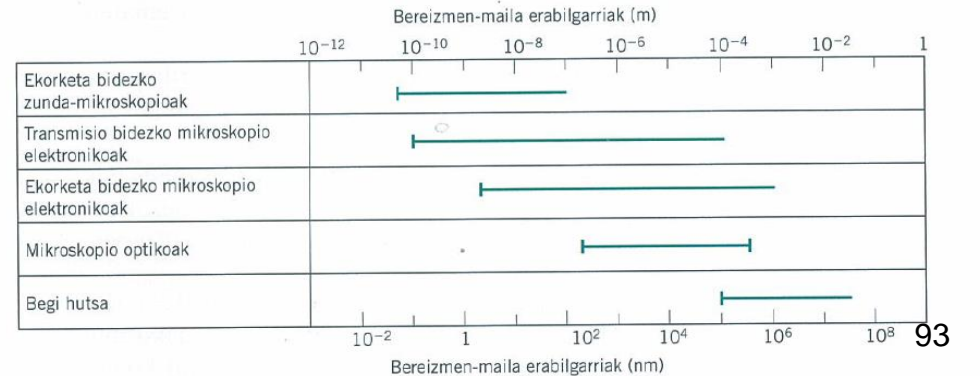
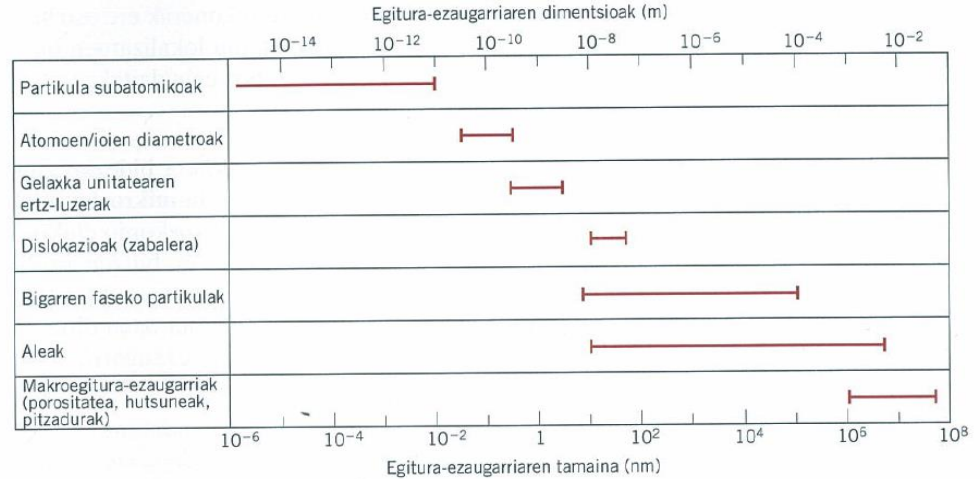
4.5. NANOKONPOSITEAK

Nanoteknologia hitza Tokioko Zientzia Unibertsitateko Norio Taniguchi irakasleak sortu zuen 1974an, eta mikroi batetik beherako ohiko silizio-ekoizpenen hedadura deskribatzeko erabili zuen. Gaur egun beste definizio bat erabiltzen da gehiago; haren arabera, 100 nanometro, hots, mikroi-hamarrena baino ezaugarri txikiagoak dituzten objektuen ingeniari-tza eta ekoizpena da nanoteknologia.

4.5. NANOKONPOSITEAK

Mikroia metroaren milioirena da; nanometroa, berriz, askoz txikiagoa da: mikroia milarena.

Nanometroa sei karbono atomo edo hamar hidrogeno atomo lerrotuen tamainakoa da gutxi gorabehera, edo ADN helizearen diametro erdiaren neurrikoa. Objektu horiek oso urrun gelditzen dira ohiko mikroskopia optikoen bereizmen ahalmenetik, eta mikroskopia elektroniko boteretsuak eta ekortze-probetarako mikroskopiaok erabiliz bakarrik irudika daitezke.



NANOKONPOSITEAK

Nanokarbonoak

Polimorfismoa eta alotropia:

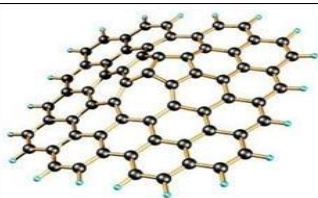
Hainbat metalek nahiz ez-metalek kristal-egitura bat baino gehiago izan ditzakete: burdina.

Oinarrizko solidoetan gertatzen denean:

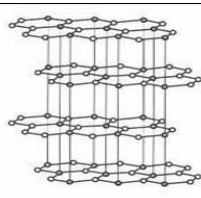
ALOTROPIA: **Karbonoa:**

Grafitoa: egitura polimorfiko egonkorra da giro-kondizioetan

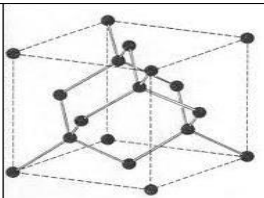
Diamantea: oso presio altuetan sortzen da



Grafeno



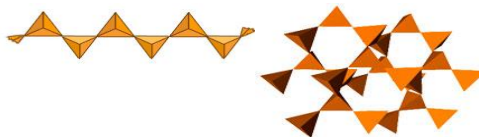
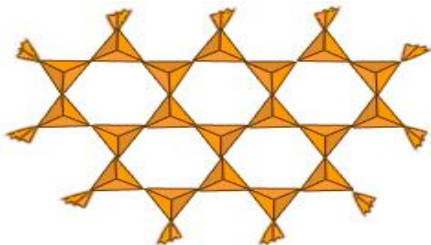
Grafito



Diamante

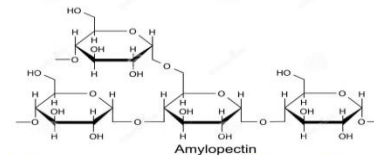
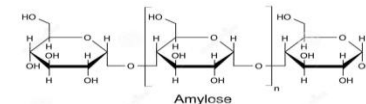
Nanobustinak

Silikato laminarrak (xaflak):
montmorillonita



Nanokristalak

- Oxido metalikoak
- Polisakarido nanokristalak:
Almidoi eta zelulosa

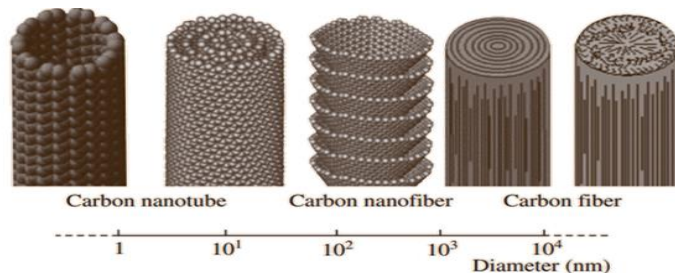


NANOKONPOSITEAK

Nanokarbonoak

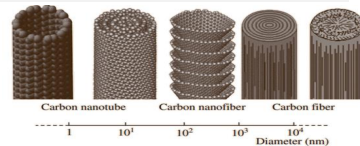
Karbonozko nanozuntzak (CNF):

- ✓ Karbonozko zuntzekin, fullerenoarekin eta karbonozko nanohodiek (CNT) karbonoaren serie jarraitua osatzen dute.
- ✓ Diametroa 50 eta 200 nm bitartekoa izaten dute, luzera 50 eta 100 μm artekoa (karbonozko zuntzak baino askoz txikiagoak eta CNTak (5-30 μm) baino handiagoak).
- ✓ CNTek bezala, **grafito-hormak dituzte**, baina dezente merkeagoak dira.



NANOKONPOSITEAK

Nanokarbonoak



Karbonozko nanohodiak.

Erresistentzia altzairuarena baino 100 aldiz altuagoa da, eta, gainera, malguak eta eroale elektrikoak dira.

Horma bakarrekoak (SWCNT, diametroa 2-10 nm) edo **horma aniztunak** (MWCNT, barne-diametroa, 2-10 nm; eta kanpo-diametroa, 20-40 nm) izan daitezke.

Karbonozko nanohodiek duten energia kohesibo ($> 0,5$ eV/nm) altuaren ondorioz, oraindik ez da guztiz ongi lortu dispertsatzea polimeroetan.

Funtzionalizazio-metodo asko probatu dira nanohodien barreiatzea hobetzeko: kobalentea (karboxilazioa eta ondorengo eraldaketak, halogenazioa, hidrogenazioa, erradikal eta karbonoen gehitzea, adizio elektrofiloa, etab.

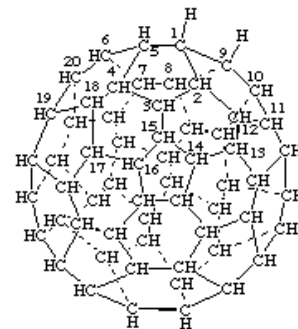
Nanokonpositeen alorrean, potentzialki izan dezaketen etekin guztia ateratzea da erronka nagusia.

NANOKONPOSITEAK

Nanokarbonoak

Fullerenoak

- ✓ Karbonoaren beste forma polimorfiko bat aurkitu zen 1985ean.
- ✓ Karbonozko nanoesfera (d - 0,7 μm) hutsak dira.
- ✓ Ezagunenak C_{60} formulakoak dira.
- ✓ Esaten da gainazal molekularrak futboleko baloi baten simetria duela.
- ✓ Solido kristalino purua izaki, material horrek ez du elektrizitatea eroaten, dena den, ezpurutasun-gehikuntza egokiak eginda,
- ✓ Oso eroale edo erdieroale bihur daiteke.
- ✓ Batez ere, medikuntzan erabiltzen dira.



$(\text{C}_{60-I_h})[5,6]$ Fullerano

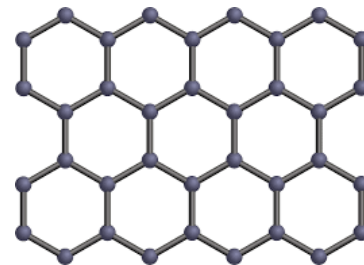
NANOKONPOSITEAK

Nanokarbonoak

Grafenoa

Karbono-nanohodien grafito-egitura dute, baina xaflatuak dira.

Grafitotik lortzen da.



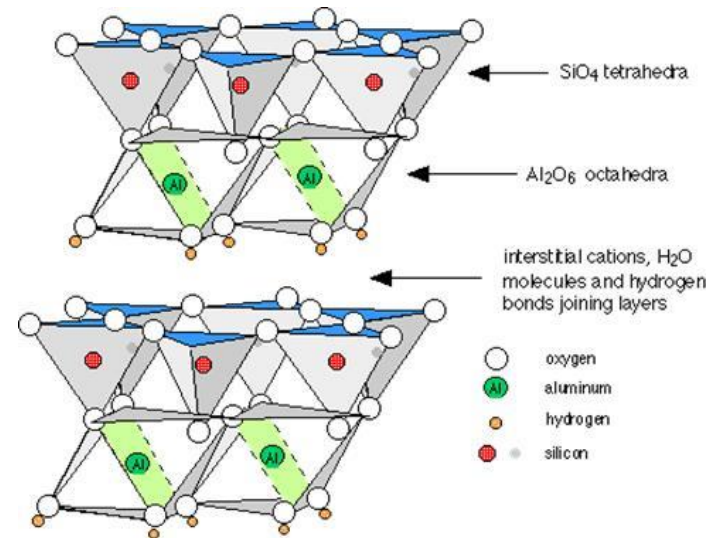
Grafenoa 1930eko hamarkadatik ezagutzen da, baina ez zen erabiltzen. 2004an, Novoselov eta Geim-ek, Errusiako jatorriko zientzialariek, giro-tenperaturan bakartzea lortu zuten eta 2010ean Nobel Saria lortu zuten.

Material oso gogor, erresistente, malgu eta oso arina da; kasu bakoitzaren beharren arabera moldatzea baimentzen duena. Bai beroa bai elektrizitatea oso ondo eroaten ditu.

NANOKONPOSITEAK

Nanobustinak

Buztin xaflatuak, clay gisa ezagunak (montmorillonita, bentonita eta antzekoak, talkoa, kaolina eta mika). Adibide modura, montmorillonitaren konposizioa $\text{Na}_{1/3}(\text{Al}_{5/3}\text{Mg}_{1/3})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ da, eta Na^+ ioia xaflen azaleran dago. Organofilikoak (hidrofobikoak) izan daitezten, polimeroekin bateragarriak izan daitezten, honako konposatu hauekin tratatzen dira: gatz amonio kuaternariodunak, imidazolak, konposatu ioniko fosforodunek dituzten katioiak, etab.



NANOKONPOSITEAK

Etorkizunari dagokionez, nanokonpositeen epe laburreko aplikazioak hauek dira, beste batzuen artean:

- ✓ Erresistentzia/masa erlazio eta zailtasun hobeak dituzten konpositeak.
- ✓ Nanomintzak eta iragazkiak ura purifikatzeko eta gatzgabetzeko.
- ✓ Katalizatzaile hobeak (txikiagoen) lorpena.
- ✓ Sentsore kimiko eta biologiko sentikorragoak eta selektiboagoak.
- ✓ Medikuntza-diagnosietarako gailuak.
- ✓ Berriz kargatzeko bateriak.

BIBLIOGRAFIA

1. W. D. Callister, D. G. Rethwisch

Ciencia e Ingeniería de Materiales

Ed. Reverté, S. A., Barcelona, 2016

2. W. D. Callister, Jr.

Materialen zientzia eta ingeniaritza Hastapenak

Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua, 2011

3. A. Miravete

Los nuevos materiales en la construcción

Ed. Reverté, S. A., 1995

4. P. Antequera, L. Jiménez, A. Miravete

Los materiales compuestos de fibra de vidrio

Ed. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza