

# Gainazal-prestakuntzaren eragina konpositeen arteko lotura adhesiboetan

Karlos Foruria eta Nerea Markaide  
INASMET

## Abstract

*The adhesive bonding is the most suitable way for joining composites, as they are lighter and present a smooth stress distribution along the bond. In this study several surface pre-treatments were carried out to evaluate their influence in the strength of the joints. The physical characteristics of the treated surfaces were studied by checking their roughness with profilometrical methods. The mechanical characteristics of the joints were evaluated by mean of shear and cleavage tests, and finally, correlation between the surface properties and the bond strength were attempted.*

## Sarrera

Orain arte lotura itsasgarrien arloan egin diren ikerketek adierazi digutenez, substratuen gainazal-prestakuntzak loturen azken erresistentziarekiko eragina du (1,2). Horrela, gainazal-prestakuntza ezberdinak izanik, lotura batek tentsio zehatz baten aurrean jo-kaera ezberdinak izango ditu. Gure helburua hau frogatzea izan da.

Alde batetik gainazal-prestakuntza ezberdinak aztertu dira rugosimetro baten bidez eta ondoren loturak egin dira. Bestalde, lotura hauek zizailadura eta trakzio-tentsiopean mekanikoki entsaiatu dira, gainazal-prestakuntza ezberdinen eta azken erresistentziaren arteko erlazioa ikusteko.

Azterketarako erabili den itsasgarria bi osagaiko epoxi bat izan da eta bere ezaugarri garrantzitsuena oso zurruna izatea da (3). Substratuak beira/epoxi motako konpositeak izan dira, zuntzen norabidea  $0^\circ$  eta  $90^\circ$ -koa izanik; aztertu diren tentsioak zizailadura eta

trakziokoa izan dira; hauek baitira garrantzitsuenak. Bi kasuetan, sei gainazal-prestakuntza erabili dira, honako hauek direlarik:

- A: lixapaper egokien bitartez leundutako gainazalak.
- B: substratuaren fabrikaziotik lortutako gainazal berberak.
- D: alumina fina behe-presioz urratutako gainazalak.
- E: alumina fina goi-presioz urratutako gainazalak.
- F: alumina lodia behe-presioz urratutako gainazalak.
- G: alumina lodia goi-presioz urratutako gainazalak.

Urratu den kasu guztietan, alumina-aleak bertikalki eta uniformeki proiektatu dira substratuen gainazalean, beti denbora eta distantzia berdina erabiliz. Alumina finaren diametroa 365 mikrakoa da eta lodiarena berriz 1020koa.

**Gainazal tratatuen azterketa**

Rugosimetroaren bidez gainazalaren profila eta hiru zimurdura-parametro (Ra, Rz eta Rm) lortzen dira. Horrela tratamendu ezberdinek gainazalean eduki duten eragina ezagutu dezakegu.

Ra balioak profileko zulo guztien batezbesteko sakonera adierazten digu. Profila bost zatitan banatzen badugu eta z zati bakoitzean haran baxuenaren eta tontor altuenaren artean dagoen altuera baldin bada, Rz-k bosten batezbestekoa adierazten digu. Rm-k berriz, alboko tontor eta haran baten artean dagoen altuera-diferentzia handiena adierazten digu.

1. irudiak eskematikoki adierazten digu parametro bakoitzaren definizioa.

1. taulak prestakuntza bakoitzarentzat lortu diren balioak adierazten dizkigu. Bertan ikusten denez, presioa eta alumina-tamaina handitzean urraketa handiagotu egiten da, hau da, alumina lodiak gehiago markatzen ditu gainazalak eta goi-presioak sakontasun handiagoa sortzen du. Logikoki gainazal leunduak dituzte balio baxuenak.

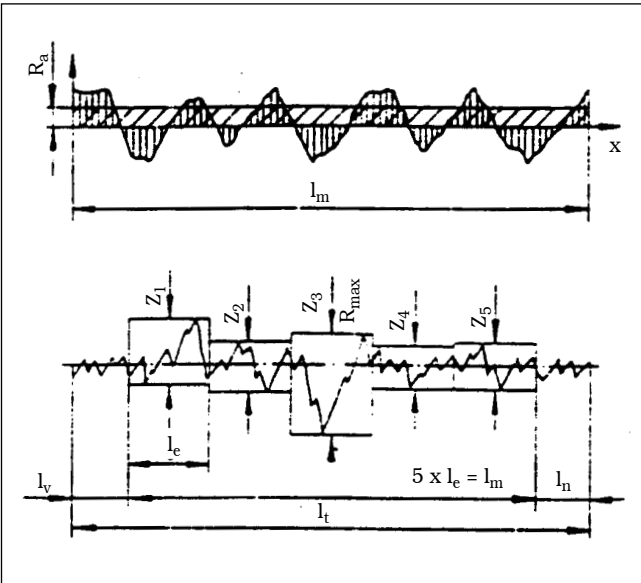
plaka	Ra (µm)	Rz (µm)	Rm (µm)
A	0.5	5.1	6.4
B	1.3	8.3	11.8
D	3.1	20.3	25.9
E	7	34	41.7
F	3.2	20	34.2
G	11	55.8	69

1. taula. Lortutako zimurdura-balioak.

**Loturen entseiu mekanikoak**

Gainazal tratatuak aztertu ondoren, substratuak itsasgarritz lotu dira. Sendoketa estufa batean egin zen, 80 °C-tan eta hutsean, bi orduz. Ondoren, probetak mekanizatu ziren. Hauen geometria, entseiuaren araberakoa da, 2. irudiak adierazten diguez.

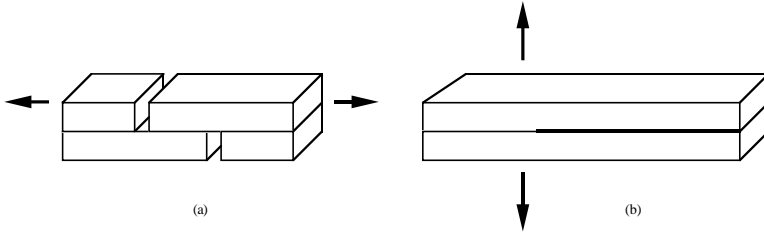
Zizailadura-entseiuia ASTM D3165 araeuan oinarrituta dago. Entseiu honetan probetel



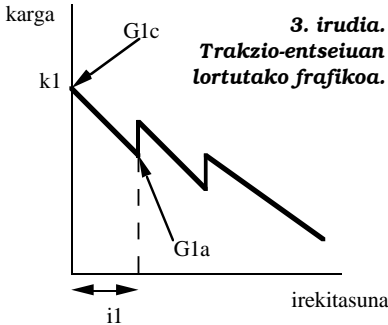
$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_{x=0}^{x=l_m} |y| dx$$

$$R_z = \frac{1}{5} (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)$$

1. irudia. Zimurdura-parametroen azalpena.



2. irudia. Probeten geometria. (a) Zizailadura-entseurako. (b) Trakzio-entseurako.



3. irudia. Trakzio-entseiuaren lortutako frafikoak.

hausturaren hasierako ( $G1c$ ) eta bukaerako ( $G1a$ ) erresistentziak, karga ( $k1$ ), irekitasuna ( $il$ ) eta haustura-mota, hauek karga vs. irekitasuna grafikotik lortzen direlarik (3. irudia).

**Emaitzak eta ondorioak**

Bi entseiuetan lortu diren batezbesteko emaitzak, 2. taulak adierazten dizkigu.

gero eta karga handiagoa (99 kg/min) ezartzen zale puskatu arte. Bakoitzarentzat erresistentzia handiena eta haustura-mota jasotzen dira. Trakzio-entseiu berriz, ASTM D3433 arauan oinarriturik dago eta hemen probeta, lotura itsaskor gabe dagoen zonalde askatutik tiratzen da 11 mm/min-ko abiaduraz. Probeta ireki eta itsatsiz elkartuta dagoen alde hausten hasten da. Hau kolpeka gertatzen da itsasgarri zurrunen kasuan. Entseiuaren emaitzak lehen kolpeari dagokizkionak dira:

(a)

Probeta	Erresistentzia $kg/mm^2$	Haustura
A	0.8	kohesiboa
B	1	kohesiboa
D	1.3	kohesiboa
E	1	kohesiboa
F	1.2	kohesiboa
G	0.8	kohesiboa

(b)

Probeta	$G1c$ $J/m^2$	$G1a$ $J/m^2$	Karga kg	Irekitasuna mm	Haustura
A	0.55	0.05	25	25	delaminazioa
B	0.75	0.1	35	22	kohesiboa
D	0.49	0.04	26	24	delaminazioa
E	0.35	0.05	29	16	delaminazioa

2. taula. Lortutako emaitzak. (a) Zizailadura-entseiuetan. (b) Trakzio-entseiuetan.

Zizailadurako kasuan emaitza onenak D probetekin lortu dira. Hauen gainazalek urraketa leun bat besterik ez zuten prestakuntza gisa. Bi baldintza gogorrenak jasan dituzten probetek (A eta G-k) erresistentzia baxuenak eman dituzte. Hala ere, goi-pre-soiak alumina lodiak baino kalte handiagoa egin die loturei.

Trakzio-kasuan berriz, prestatu diren probeta guztietan delaminazioa eta erresistentzia galera gertatu da, erantzun hoberenak tratatu gabeko probetekin lortuz. F eta G probetek tratamendu gogorrenak jasan dituztela jakinda eta aurrekoak delaminatu egin direla ikusiz, ez da kontsideratu entseia egitea beharrezkoa denik.

Bi entseien emaitzen ondorioz argi dago gainazal-prestakuntzek bi ondorio dituztela:


1.- Substratu eta itsasgarriaren arteko ukipen-azalera aldatzea. Gainazal bat urratzean, bere gainazal-tentsioa handiagotu egiten da eta ondorioz gure kasuan erabilitako epoxi itsaskorraren bustitze-ahalmena hobetu egingo da. Baina zimurdura sakonegia denean, kapilaritate-fenomenoa azaltzen da. Honi itsasgarriaren liskatasun-gehikuntza eransten badiogu, ondorio gisa itsasgarria ez da sartuko zulo guztietara, ukipen-azalera txikiagotuz, eta ez da lotura osoa izango. Gainazalak leunduta berriz, substratuaren gainazal-tentsioa

txikiagotu egingo da eta ondorioz itsasgarriak okerrago bustiko du azalera.

2.- Zuntzak ukitzea. Leunketa eta urraketen ondorioz, substratuen zuntzak ukitu egin daitezke eta tentsio zehatz baten aurrean konpositea delaminatzea gerta daiteke.

Zizailadura-tentsioaren kasuan lehenengo fenomenoak eragin duela ikusi da. Gehieneko ukipen-azalera urraketa leunez lortu da. Beste kasu guztietan, prestakuntzek azalera hau txikiagotu egin dute eta ondorioz baita loturaren erresistentzia ere. Baina ezin da esan zuntzak ukitzeak (gertatu bada) eraginik izan duenik, ez baita delaminaziorik izan. Zuntzen eta tentsioaren norabidea berdina denez, zuntzak kanporatzea oso zaila da.

Trakzio-tentsioaren kasuan berriz, alde-rantziz gertatu da. Ukipen-azalera aldatzeak ez du izan eraginik, baina bai zuntzak ukitzeak. Gainazal-prestakuntza guztiekin delaminazioa gertatu da eta ondorioz loturaren erresistentzia txikiagotu egin da. Zuntzek eta tentsioaren norabideak 90°-ko angelua osatzen dute eta horregatik tentsioak nolabait zuntzak kanporatu egiten ditu, delaminazioa sortuz.

Ondorioz gainazal-prestakuntzak tentsio ezberdinen aurrean eragin ezberdina duela esan daiteke. 

## BIBLIOGRAFIA

- (1) WIGHTMAN, J. P., MOYER, D. J. D. and CHIN, J. "The Role of Surface Pretreatment and Surface Analysis in the Bondability of Carbon Fibre/Polyimide Matrix Composites". Adhesion '90 For the Fourth International Conference at The University of Cambridge, England, 1990.eko irailaren 10-12. 1/1-1/7. orr.
- (2) BISHOPP, J. A., THOMPSON, G. E. and JOBLING, D. "The Influence of the Surface Pretreatment and the Environment on the Adhesive/Adherend Interphase in the Bonded Joint". Adhesion '90, For the Fourth International Conference at The University of Cambridge, England, 1990.eko irailaren 10-12. 19/1-19/6. orr.
- (3) GAUTHIE, M. M. R. "Sorting Out Structural Adhesives". Advanced Materials and Processes 7/90.