

UTJECAJ PROCESNIH PARAMETARA I DULJINE UGLJIKOVIH VLAKANA NA MEHANIČKA I TOPLINSKA SVOJSTVA FENOLNIH KOMPOZITA

THE INFLUENCE OF PROCESSING PARAMETERS AND LENGTH OF CARBON FIBRES ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF PHENOLIC BASED COMPOSITES

Vineta SREBRENKOSKA , Dime DIMESKI , Gordana BOGOEVA - GACEVA¹

“ Eurokompozit - 11 Oktomvri “, 7500 Prilep, Makedonija

¹Tehnološko – metalurški fakultet, Univerzitet “ Sv. Kiril i Metodij “, p. fah 580, MK - 91 001 Skopje, Makedonija

Abstrakt

U ovom radu ispitivani su utjecaji osnovnih parametara za procesiranje kompozitnog materijala na bazi fenolne smole koja je pojačana ugljičnim vlaknima. Na osnovu rezultata određeni su optimalni uvjeti procesiranja.

Za utvrđivanje optimalnih uvjeta proizvodnje ugljično / fenolne pres mase koristen je pun faktorski eksperiment, s variranjem tri parametara : duljina vlakna, temperatura i vrijeme presovanja . Dobijene su adekvatne regresione jednadzbe koje pokazuju pojedinačni utjecaj parametara na savojnu žilavost, pritisnu čvrstoću, savojnu čvrstoću i modul savitljivosti. Eksperimentalna istraživanja dokazuju mehaničke karakteristike kompozita i opravdanje njegovog uspješnog ugrađivanje kao materijala različite primjene, u automobilskoj industriji, u vojnoj industriji, kao materijal za sportske rekvizite, za izrada djelova koji se koriste za protivgradne raketa i drugo.

Ključne riječi : kompozit, pres masa, ugljični vlakna, fenolna smola

Uvod

Ugljična vlakna sve se proširenije upotrebljavaju u proizvodnji najrazličitijih kompozita. Posebno su važni kompoziti za uporabu pri visokim temperaturama.¹

U radu je ispitivan utjecaj nekih procesnih parametara i duljina ugljikovih vlakana na osnovna mehanička i toplinska svojstva kompozita na osnovi fenolne smole i optimirani su procesni parametri .

Eksperimentalni dio

Ispitivanja su provedena na temelju planiranih eksperimenata. Primijenjen je potpun kvantitativni faktorski plan pokusa s tri faktora. Varirana su tri parametra koji utječu na proces proizvodnje kompozita: temperatura prešanja (X_1), duljina ugljikovih vlakna (X_2) i vrijeme prešanja (X_3) (tablica 1).

Za proizvodnju kompozita upotrijebljena je fenol formaldehidna smola Borofen tip DB 32, rezolnog tipa, proizvođač Fenolit, Slovenija, i ugljikovih vlakna tip T800, proizvođač Toray, Japonija. Kompoziti su izravno prešani u kalupu. Za izravno prešanje upotrijebljena je poluindustrijska preša proizvođač Centrotecnica , Italija.

Za proizvodnju potrebnih kompozita upotrijebljena je smjesa sastavljena od 62 masenih udjela sjeckanih ugljikovih vlakana.

Određena su sljedeća mehanička i toplinska svojstva kompozita: savojna čvrstoća (DIN 53457), modul savitljivosti (DIN 53452), savojna žilavost (DIN 53453), pritisna čvrstoća (DIN 53454) i toplinska postojanost po Martensu (DIN 53462). Iz izvršenih eksperimenata izračunate su regresijske jednadzbe za mehanička svojstva kompozita u funkciji proizvodnih procesnih parametara. Pri tome su regresijske jednadzbe prikazane kao funkcije odziva u kanonskom obliku. Statističko određivanje koeficijenata je izvedeno na osnovi Student–ovog kriterija, a značajnost regresijskih jednadzbi je provjerena Fisher–ovim kriterije.²

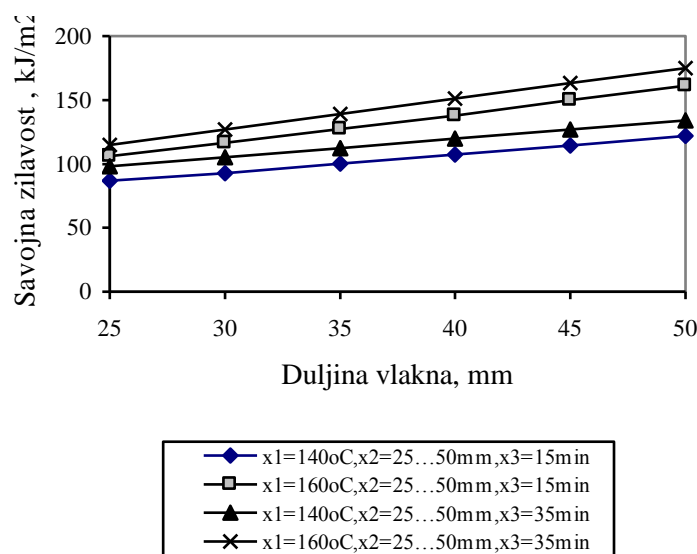
Tablica 1: Potpuni kvantitativni faktorski plan eksperimenta s tri faktora

Broj eksperimenta.	Matrica plana eksperimenta								Faktori (Uvjeti za eksperiment)		
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	Temperatura prešanja X ₁ /°C	Duljina vlakna X ₂ /mm	Vrijeme prešanja X ₃ /min
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	140	25	15
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	160	25	15
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	140	50	15
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	160	50	15
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	140	25	35
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	160	25	35
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	140	50	35
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	160	50	35

Rezultati i rasprava

Na čvrstoću kompozita utječu svojstva vlakana i očvrsnute matrice. Vlakna u kompozitu utječu na njegovu čvrstoću svojim mehaničkim svojstvima, udjelom, raspodjelom i orijentacijom u matrici. Ugljikova vlakna kao ojačavala u kompozitima odlikuju se visokim mehaničkim svojstvima i visokom toplinskom postojanošću. Izbor tvari matrice utječe na adheziju vlakana i smole.³ Očvrsnute fenolne smole su poznate po svojim izvrsnim toplinskim svojstvima i kemijskoj postojanosti te se široko primjenjuju u proizvodnji kompozita.

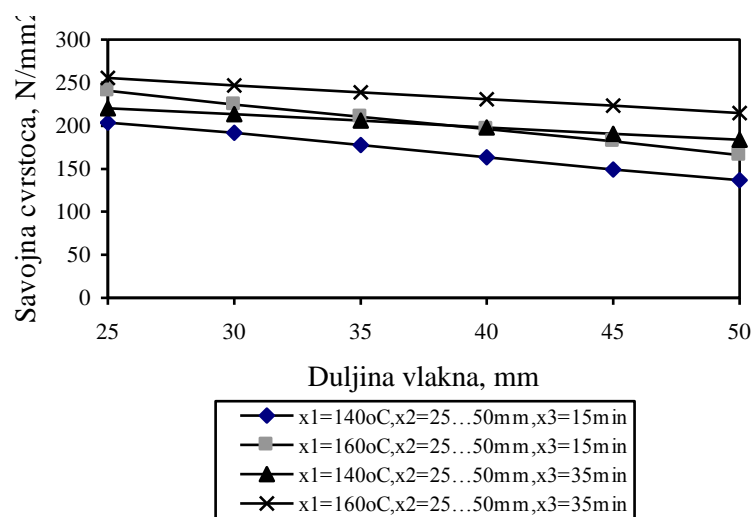
Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 1 i 2. Mehanička svojstva najviše ovise o duljini vlakana, manji je utjecaj temperature izravnog prešanja, a najmanje utječe vrijeme prešanja.



Slika 1: Ovisnost savojne žilavosti o procesnim parametrima i duljini vlakana

Na slici 1 prikazana je ovisnost savojne žilavosti o procesnim parametrima promjenljivoj duljini vlakana, te konstantnoj temperaturi i vremenu prešanja. Savojna žilavost određena pri ispitivanju epruveta izmjera 10 mm · 10 mm i 15 mm · 15 mm je viša za kompozite sa duljim vlaknima. Regresijska jednadžba za savojnu žilavost određenu na temelju ispitivanja epruvete 15 mm · 15 mm glasi:

$$y(X) = -32,80 + 0,46X_1 - 1,40X_2 - 0,66X_3 + 0,02X_2X_3 \quad (1)$$



Slika2: Ovisnost savojne čvrstoće kompozita o procesnim parametrima

Na slici 2 prikazana je ovisnost savojne čvrstoće kompozita o procesnim parametrima.. Kod savojne čvrstoće zamjetljiv je obrnuto proporcionalan utjecaj duljine vlakana. Regresijska jednadžba za savojnu čvrstoću ima oblik:

$$y(X) = 58,76 + 1,65X_1 - 3,80X_2 - 0,83X_3 + 0,06X_2X_3 \quad (2)$$

Kod duljih vlakana u kompozitu dolazi do njihovog djelomičnog prepletanja i koncentracije u dijelu kalupa, pri čemu se smanjuje ravnomjeran raspored. Da bi se osiguralo lako tečenje u kalupu sa većim udjelom vlakana ona moraju biti kraća, pri čemu se poboljšava i adhezija između vlakana i smole. Međutim, uporabom veoma kratkih, dispergiranih vlakana smanjuje se njihova efikasnost. Potrebno je da se duljina vlakana izabere prema potrebnoj čvrstoći i krutosti kompozita.⁴

Pritisna čvrstoća svih ispitivanih kompozita su obrnuto proporcionalne od duljine vlakana i kreću se od 147 do 245 N/mm².

U pogledu toplinske postojanosti svi su kompoziti izdržljivi pri temperaturama višim od 210 °C i zadovoljavaju potrebne kriterije za visoko temperaturne primjene.

Zaključak

Iz rezultata ispitivanja, određeni su optimalni procesni parametri za proizvodnju kompozita: temperatura prešanja 160 °C, duljina ugljikovih vlakna 25 mm i vrijeme prešanja 25 min.

Kompozit na osnovi fenolne smole ojačane ugljikovim vlaknima, proizveden s navedenim procesnim parametrima i odabranom duljinom vlakana ima sljedeća mehanička svojstva: savojna čvrstoća od 247 N/mm², modul savojnosti od 27,6 GPa, pritisna čvrstoća 234 N/mm². Vrijednosti savojne žilavosti na epruveti 10 mm · 10 mm jednaka je 110kJ/m² a na epruveti 15 mm · 15 mm 91 kJ/m².

Kompozitni dijelovi proizvedeni pri navedenim procesnim parametrima i uz odabranu duljinu ugljikovih vlakana svojim svojstvima u potpunosti zadovoljavaju očekivanja pri njihovoj ugradnji u automobilske i vojne industrije, za sportske rekvizite, te dijelova koji se upotrebljavaju za protugradne rakete.

Literatura

1. W. Fritz: *Carbon fibers and their composites*, First seminar on carbon materials, 1985, Vinca, str.1-23
2. S.N. Sautin: *Planiranje eksperimenata u hemiji i himičeskoj tehnologiji*, Himia, Leningrad, 1973
3. P. Jovceski, M. Markusoski: *Utjecaj matrice na prekidnu čvrstoću ugljenicnih vlakana*, Vlaknima ojačani kompoziti, 1987, Novi Sad, str. 10/1-10/4
4. SK DE and JR White: *Short Fibre – polymer composites*, Woodhead publishing limited, Cambridge, 1996