JARC

بررسی خواص مکانیکی کامپوزیت های پلیمر چند لایه بر پایه پلی استر غیراشباع تقویت شده به وسیله ترکیب الیاف شیشه یک جهتی و سوزنی

مهران دولو*[1]، علیرضا بنائی[2]، مهدي محمودپور[2] و حسن قانع کیاکلایه[3]

1- دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

2- دانشگاه پیام نور، واحد اردبیل، اردبیل، ایران.

3- دانشگاه صنعتی شریف، مرکز آب و انرژی، تهران، ایران.

دریافت: فروردین 1389، بازنگری: شهریور 1389، پذیرش: آبان 1389

چکیده: یکی از مهمترین اهداف در صنعت کامپوزیت ها، دست یابی به یک تلفیق مناسب از مواد است که خواص مطلوب را فراهم کند. در این پژوهش اثر ضخامت کامپوزیت ها، کسر حجمی الیاف شیشه یک جهتی، الیاف شیشه سوزنی و همچنین اثر ترکیب الیاف شیشه یک جهتی (تقویت کننده در یک جهت) و الیاف شیشه سوزنی (تقویت کننده در جهات مختلف) با ساختار هندسی متفاوت جهت تعیین ویژگی های مکانیکی کامپوزیت ها مورد مطالعه قرار گرفته است. نتیجه های به دست آمده نشان داد ترکیب کردن دو نوع الیاف شیشه یک جهتی و سوزنی، موجب کاهش ویژگی های مکانیکی کامپوزیت در مقایسه با کامپوزیت های تهیه شده با الیاف شیشه یک جهتی شده، اما در مقایسه با کامپوزیت های تهیه شده با الیاف شیشه سوزنی ویژگی های مکانیکی بالاتری را نشان می دهد.

کلمات کلیدی: الیاف شیشه یک جهتی ، الیاف شیشه سوزنی ، ویژگی های مکانیکی کامپوزیت ها، لایه گذاری دستی ، رزین پلی استر غیراشباع.

مقدمه

امروزه درخواست جامعه جهانی برای استفاده از کامپوزیت ها در عرصه های متفاوت صنعتی، تجاری، ورزشی و غیره رو به افزایش است و در این مسیر تلاش های فراوانی برای تهیه و ساخت کامپوزیت هایی با خواص بهینه چه از نظر استحکام و مقاومت بالا و چه از نظر قیمت پایین و سهولت کاربرد این مواد صورت گرفته است. در سال های اخیر استفاده از کامپوزیت ها به ویژه کامپوزیت های زمینه پلیمری رشد سریعی داشته و این روند ادامه دارد. عامل اصلی توسعه کامپوزیت ها ویژگی های بهینه آنها نسبت به اجزای تشکیل دهنده می باشد. کامپوزیت های زمینه پلیمری با الیاف تقویت کننده ای مثل کربن، شیشه و آرامید به عنوان مواد مهندسی به طور کامل شناخته شده هستند که جایگزین بسیاری از مواد شده اند. بنابراین، با به دست آوردن آمیزه ای صحیح از این مواد و استفاده از فرایند مناسب برای تهیه این کامپوزیت ها

عهده دار مکاتبات: Email: m_davallo @ iau-tnb.ac.ir

می توان در به دست آوردن ویژگی های ایده آل یک کامپوزیت برای استفاده در مکان ها و موارد دلخواه که شرایط ویژه ای را طلب می کند، کمک فراوانی به صنایع متفاوت کرد. از آن جائی که نمی توان تمام ویژگی های بهینه اعم از استحکام بالا، مقاومت سایشی، مقاومت در برابر نور فرا بنفش، مقاومت گرمایی بالا، سبکی و در نهایت قیمت مناسب و پایین را در یک نوع ماده خالص مثل چوب، فلز، سرامیک، پلاستیک، شیشه و غیره مشاهده کرد، از این رو با آمیختن ویژگی های این مواد یک ماده بسیار ایده آل تر و با ویژگی های مطلوب تر از ماده سازنده اولیه خود به دست خواهد آمد که ویژگی های بسیار مطلوب تری از خود به نمایش می گذارد.

در سال های اخیر پژوهش های بسیاری در زمینه کامپوزیت های هیبریدی انجام شده است که در بیشتر آن ها به هیبرید کردن الیاف طبیعی و بیو فیبرها با الیاف مصنوعی پرداخته شده است. برای مثال S. Mishra و همکارانش روی هیبرید بیو فیبرهای آگاو و برگ آناناس با الیاف شیشه و بررسی ویژگی های مکانیکی آنها کار کرده اند، و یا کار بروی ویژگی های مکانیکی کامپوزیت های ساخته شده با الیاف کنفی با شرایط فراورش متفاوت توسط Munikenche T و همکارانش انجام شده است. در بیشتر این کارها، هدف پایین آوردن هزینه های ساخت و قیمت کامپوزیت هاست که بیشتر با الیاف گران قیمت تر کربن و آرامید تقویت می شده اند. در این میان ترکیب دو نوع الیاف شیشه با ساختار هندسی و ویژگی های متفاوت بررسی نشده است. این عمل به ظاهر ساده است اما ویژگی های خاص خود را داراست که بایستی مورد توجه و تحقیق قرار گیرد. به هر حال در این پژوهش کامپوزیت ساخته شده از نوع کامپوزیت لیفی با زمینه پلیمری است. الیاف مورد استفاده در کامپوزیت از دو نوع الیاف شیشه یک جهتی (تقویت کننده در یک جهت) و پارچه الیاف نمدی یا سوزنی (تقویت کننده در جهت های متفاوت) ساخته شده است. این الیاف از نوع E می باشند که جزء رایج ترین و پر مصرف ترین الیاف مورد استفاده در صنعت کامپوزیت است، های مناسب و قیمت ارزان این نوع الیاف موجب شده که در صدر پر مصرف ترین نوع الیاف برای تهیه کامپوزیت ها قرار گیرند.

رزین مورد استفاده در ساخت این کامپوزیت ها، رزین پلی استر غیر اشباع انتخاب شده است که آن نیز از پر مصرف ترین رزین ها در صنعت کامپوزیت است. این رزین امکان استفاده راحت تری را برای ساخت این نوع کامپوزیت ها فراهم می کند.

از بین روش های متفاوت شکل دهی کامپوزیت ها روش لایه گذاری دستی که جزء ساده ترین و اصلی ترین روش های تولید قطعات کامپوزیت است، انتخاب شده است. در این روش الیاف شیشه و رزین پلی استر به صورت لایه لایه و با آرایش طراحی شده درون قالب قرار می گیرند و امکان تهیه نمونه های کامپوزیت را فراهم می آورد. در این روش برای لایه گذاری دستی از یک کفه قالب (نر و ماده) استفاده شد و با اعمال فشار روی قالب امکان تهیه نمونه ها ی با سطح هموارتر و شکل بهتر فراهم شد.

بخش تجربی

مواد

رزین پلی استر غیر اشباع با حلال استایرن و چگالی 1/2 g/cm^3، متیل اتیل کتون پراکساید با فرمول مولکولی $C_4H_{10}O_4$ و وزن مولکولی 122/12 g/mol و چگالی 1/15 g/cm^3 به عنوان کاتالیست، کبالت آکتوآت با فرمول مولکولی $CH(CH_2)_3CH(C_2H_5)COO]_2Co$ و وزن مولکولی 345/34 g/mol و چگالی 1/05 g/cm^3 به عنوان شتاب دهنده، الیاف شیشه سوزنی (CSM) با وزن واحد سطح 3400 g/cm و الیاف شیشه یک جهتی با 2700 Tex فراورده شرکت CNBM چین مورد استفاده قرار گرفتند.

روش کار

روش ساخت چند لایه ها به روش لایه گذاری دستی انجام شد. ابتدا مقدار رزین و میزان الیاف مورد استفاده به وسیله روابط حجمی محاسبه شدند، به این صورت که ابتدا حجم قالب با دو ضخامت 3 و 5 میلیمتری (بنا براین، دارای دو حجم 30×30×0/5 و30×30×0/3 سانتیمتر مکعب) و سپس کسر حجمی الیاف بر پایه 20 % و 30 ٪ از طریق وزن یک لایه الیاف شیشه و چگالی الیاف برای هر کدام از دو نوع الیاف شیشه سوزنی و الیاف شیشه یک جهتی محاسبه شدند تا تعداد لایه ها به دست آید. برای مثال، محاسبات انجام شده برای نمونه کامپوزیتی 1 در زیر آورده شده

است:

• نمونه شماره 1 به ضخامت 3 میلیمتر وکسر حجمی الیاف 30 % از ترکیب دو نوع الیاف شیشه سوزنی و یک جهتی.

همان گونه که عنوان شد چون از دو نوع الیاف شیشه با ساختار هندسی متفاوت استفاده شده است، لذا برای هر کدام از آنها ظرفیت نصف حجم قالب محاسبه شد. بنابراین، برای ضخامت 3 میلیمتری نصف حجم قالب برابر است با 135 =30×30×0/15 سانتیمتر مکعب و 30 ٪ این حجم برابر است با 40/5=%30×135 سانتیمتر مکعب. سپس وزن الیاف مورد نیاز برای این حجم با توجه به چگالی الیاف شیشه ($2/55\ g/cm^3$) برابر است با 103/27=2/55×40/5 گرم. چون وزن هر لایه الیاف شیشه سوزنی به ابعاد 30×30 آن 28 گرم است، بنابراین، تعداد لایه ها برابر است با 3/69 = 28 ÷ 103/27 که سه لایه در نظر گرفته شد و برای الیاف شیشه یک جهتی که وزن یک لایه به ابعاد 30×30 آن 35 گرم است یعنی 2/95 = 35 ÷ 103/27 که آن هم سه لایه در نظر گرفته شد (در مجموع 6 لایه). در این پژوهش هشت نمونه کامپوزیتی تهیه شد که آرایش و ویژگی های نمونه های کامپوزیتی در جدول 1 و نتایج کسر حجمی تئوری و واقعی الیاف در نمونه های کامپوزیتی در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 1 آرایش و ویژگی های نمونه ها

نمونه کامپوزیتی	کسرحجمی الیاف (%)	ضخامت (mm)	نوع الیاف شیشه	تعداد لایه	توضیحات
1	30	3	یک جهتی و سوزنی	6	لایه ها بصورت یک در میان، ابتدا یک لایه الیاف یک جهته در راستای صفر درجه و سپس یک لایه الیاف سوزنی، و در ردیف بعدی الیاف یک جهتی در راستای 90 درجه قرار داده و بعد الیاف سوزنی ، تا لایه ها کامل گردد.
2	30	5	یک جهتی و سوزنی	12	
3	20	3	یک جهتی و سوزنی	4	
4	20	5	یک جهتی و سوزنی	8	
5	20	3	یک جهتی	4	لایه ها بصورت یک در میان، ابتدا در جهت صفر و سپس 90 درجه
6	20	3	سوزنی	4	آرایش خاصی ندارند
7	30	3	یک جهتی	6	لایه ها بصورت یک در میان، ابتدا در جهت صفر و سپس 90 درجه
8	30	3	سوزنی	6	آرایش خاصی ندارند

جدول 2 نتایج کسر حجمی نظری و عملی الیاف شیشه

نمونه کامپوزیتی	نوع الیاف	محاسبه نظری لایه ها	نتایج گرد شده	کسر حجمی الیاف مورد نظر (%)	کسر حجمی الیاف نظری در نصف حجم (%)	کسر حجمی الیاف واقعی از آزمون سوزاندن (%)	تعداد کل لایه ها
1	یک جهتی	2/95	3	30	31	28	6
	سوزنی	3/96	3	30	25		
2	یک جهتی	5/49	6	30	36	32	12
	سوزنی	6/15	6	30	29		
3	یک جهتی	1/79	2	20	20	19	4
	سوزنی	2/45	2	20	16		
4	یک جهتی	3/27	4	20	24	22	8
	سوزنی	4/10	4	20	19		
5	یک جهتی	3/94	4	20	20	20	4
6	سوزنی	4/90	4	20	16	18	4
7	یک جهتی	5/90	6	30	31	30	6
8	سوزنی	7/65	6	30	25	28	6

با توجه به میزان رزین مورد استفاده برای هر نمونه به مقدار 2 ٪ وزنی کاتالیست و 0/2 ٪ وزنی شتاب دهنده جهت پخت رزین در زمان ژل شدن مناسب مورد استفاده قرار گرفت. کامپوزیت ها حدود 48 ساعت بعد از لایه گذاری به پخت مناسب و مطلوب رسیدند و از قالب جدا شدند، و پس از برش در اندازه های استاندارد جهت آزمون ها آماده شدند.

آزمون ها

برای آزمون کششی بر طبق استاندارد ASTM D 3039، نمونه ها به شکل مکعب مستطیل با طول 250 mm و پهنای 20 mm در ضخامت های 3 mm و 5 mm برش داده شده و با استفاده از دستگاه SANTAM 150-STM، با سرعت اعمال نیروی 2 mm/min مورد آزمایش قرار گرفتند و با استفاده از روابط زیر، تنش کششی، کرنش کششی و مدول کششی آنها محاسبه شدند.

$$\sigma = P / A \quad (1)$$

$$\varepsilon = \delta / L \quad (2)$$

$$E = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon \quad (3)$$

که در آن:

σ = تنش (MPa)

ε = کرنش (mm/mm)

E = مدول کششی (Gpa)

P = نیرو (N)

A = سطح مقطع نمونه (mm^2)

δ = افزایش طول طول سنج (mm)

L = طول اولیه طول سنج = 50 (mm)

برای آزمون خمش به روش سه نقطه ای بر طبق استاندارد ASTM D 790 ، نمونه ها به ابعادی با طول 200 mm و پهنای 13 mm در ضخامت های 3 mm و 5 mm برش داده شده و با استفاده از دستگاه SANTAM, STM-150 با سرعت های اعمال نیروی 5 mm/min و 8 mm/min مورد آزمایش قرار گرفتند و با استفاده از روابط زیر، تنش خمشی، کرنش خمشی و مدول خمشی آنها محاسبه شدند.

$$\sigma = (3PL/2bd^2)[1+6\,(D/L)^2 - 4(d/L)(D/L) \quad (4)$$

$$= 6Dd/L^2 \quad (5)$$

$$E = L^3m/4bd^3 \quad (6)$$

که در آن:

σ = تنش خمشی (MPa)

ε = کرنش خمشی (mm/mm)

E = مدول خمشی (GPa)

P = نیرو (N)

L = فاصله دو تکیه گاه (mm)

b = پهناي نمونه (mm)

d = ضخامت نمونه (mm)

D = میزان خمیدگی نمونه (mm)

m = شیب نمودار نیرو به میزان خمیدگی در ناحیه الاستیک (N/mm)

نتیجه ها و بحث

آزمون کششی

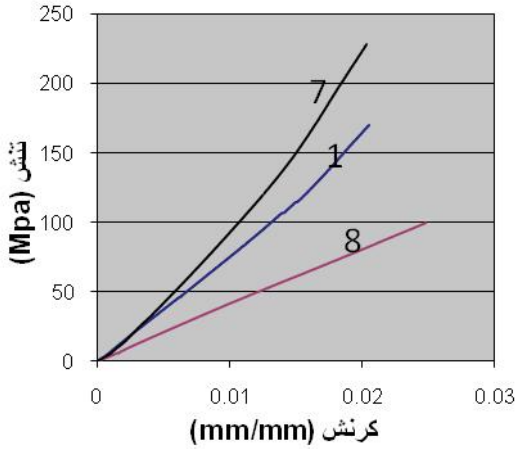
در آزمون کششی سه نوع مقایسه بر روی نمونه ها انجام شد:

1- مقایسه اثر ضخامت: براساس نتایج جدول 3، مشاهده شد نمونه های با ضخامت 5mm، (نمونه 2 با 30 ٪ کسر حجمی الیاف دارای تنش 180 MPa و نمونه 4 با 20 ٪ کسر حجمی الیاف دارای تنش 125 MPa) دارای استحکام کششی اندکی بالاتر نسبت به نمونه های با ضخامت 3mm (نمونه 1 با 30 ٪ کسر حجمی الیاف دارای تنش 176 MPa و نمونه 3 با 20 % کسر حجمی الیاف دارای تنش 117 MPa) هستند. در صورتیکه درصد کرنش آنها نیز به ترتیب 2/06 و 2/03 در نمونه هاي با 30 ٪ کسر حجمی الیاف، 2/02 و 1/90 در نمونه هاي با 20 ٪ کسر حجمی الیاف، تفاوت چشمگیری را نشان نمی دهد.

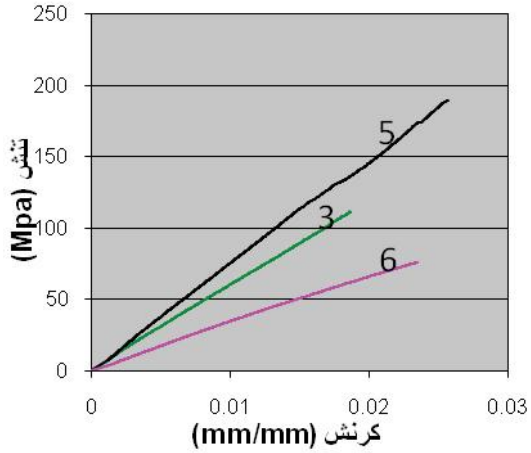
2- مقایسه اثر کسر حجمی الیاف: این مقایسه در نمونه های (3 mm) 1 و 3 با هم و (5 mm) 2 و 4 با هم انجام شده است. براساس جدول 3 مشاهده می شود که نمونه 1 دارای تنش 176 MPa با 30 ٪ کسر حجمی الیاف و نمونه 3 دارای تنش 117 MPa با 20 ٪ کسر حجمی الیاف دارای استحکام کششی بالاتری است. نمونه 2 نیز دارای تنش 180 MPa با 30 ٪ کسر حجمی الیاف در مقایسه با نمونه 4 دارای تنش 125 MPa با 20 ٪ کسر حجمی الیاف استحکام بالاتری دارد. و همچنین درصد کرنش کششی کامپوزیت های با 30 ٪ الیاف نیز کمی بیشتر از نمونه های با کسر حجمی الیاف 20 % است (جدول 3).

جدول 3 نتایج پارامترهای کششی

نمونه کامپوزیتی	تنش در نقطه شکست (MPa)	کرنش درنقطه شکست (٪)	مدول کششی (GPa)
1	176	2/03	5/7
2	180	2/06	7/0
3	117	1/90	6/0
4	125	2/02	5/3
5	177	3/36	7/7
6	76	2/04	3/5
7	228	2/02	10/2
8	99	2/45	4/2



شکل 1 نمودار تنش کششی به کرنش کششی برای نمونه های 1، 7 و 8 با 30 ٪ کسر حجمی الیاف.



شکل2 نمودار تنش کششی به کرنش کششی برای نمونه های 3، 5 و 6 با 20% کسر حجمی الیاف.

3- مقایسه کامپوزیت های با الیاف شیشه یک جهتی و ترکیبی: براساس نتایج جدول 3 و شکل های 1 و 2 مشاهد می شود که نمونه های با الیاف یک جهتی (نمونه های 5 و 7 دارای تنش های 177 MPa و 228 MPa) دارای استحکام کششی بالاتری نسبت به نمونه های ترکیبی (نمونه های 1 و 3 دارای تنش های 176 MPa و 117 MPa) هستند و نمونه های ترکیبی 1 و 3 نیز دارای استحکام کششی بالاتری نسبت به نمونه های با الیاف سوزنی (نمونه های 6 و 8 دارای تنش های 76 MPa و 99 MPa) هستند. این مقایسه ها برای کامپوزیت های با کسر حجمی الیاف 20 % و 30 % با ضخامت نمونه های 3 mm انجام شده است و همچنین درصد کرنش کششی در نمونه های با 20 ٪ الیاف ترکیبی، سوزنی و یک جهتی، به ترتیب مقادیر 1/90، 2/40 و 3/36 درصد را نشان می دهند. درصورتی که در نمونه های با 30 ٪ الیاف درصد کرنش کششی نزدیک به هم دارند که به ترتیب مقادیر 2/03، 2/45 و 2/02 درصد، را نشان می دهند. در ضمن نمونه 7 با 30 ٪ کسر حجمی الیاف شیشه یک جهتی دارای بالاترین مدول کششی و نمونه 6 با 20 ٪ کسرحجمی الیاف شیشه سوزنی دارای کمترین مقدار مدول کششی است.

آزمون خمشی

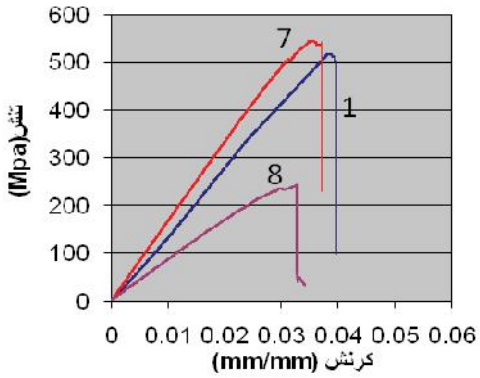
در آزمون خمشی سه مقایسه مورد بررسی قرار گرفت :

1- مقایسه اثر ضخامت: طبق نتیجه های جدول 4، مشاهده می شود که با افزایش ضخامت از 3 mm به 5 mm در نمونه هاي با 30 ٪ کسر حجمی الیاف و 20 ٪ کسر حجمی الیاف تنش در نقطه شکست کاهش محسوسی از خود نشان می دهد (یعنی از 472 MPa به 243 MPa با 30 ٪ کسر حجمی الیاف و از 420 MPa به 183 MPa با 20 ٪ کسر حجمی الیاف). کرنش در نقطه شکست نمونه ها نیز همین روند را نشان می دهد (یعنی از 4/04 به 2/59 درصد در نمونه هاي با 30 ٪ الیاف و از 4/26 به 2/45 درصد در نمونه هاي با 20 ٪ الیاف، که یک کاهش حدود 40-50 در صد را نشان می دهند).

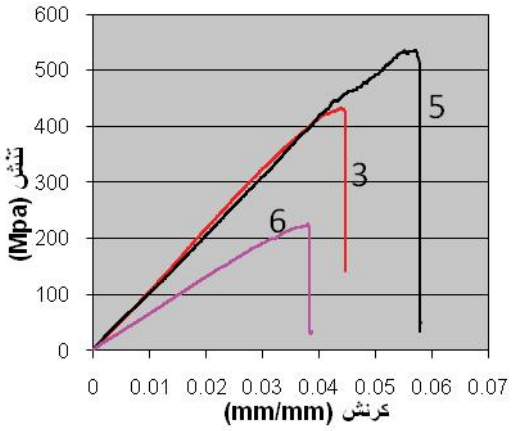
2- مقایسه اثر کسر حجمی الیاف: طبق جدول 4، مشاهده می شود که نمونه های با درصد الیاف بیشتر (30 ٪) دارای استحکام خمشی بیشتری نسبت به نمونه های با درصد الیاف کمتر (20 %) هستند. این مقایسه بین نمونه های 1 و3 و 2 و 4 با هم انجام می شود که مقادیر آنها در جدول 4 نشان داده شده است. انعطاف پذیری و خمیدگی نمونه ها مقادیر نزدیک به هم را برای هر دو کسر حجمی نشان می دهد.

جدول 4 نتیجه های پارامترهای خمشی

نمونه کامپوزیتی	تنش در نقطه شکست (MPa)	کرنش درنقطه شکست (٪)	مدول کششی (GPa)
1	472	4/04	13/47
2	243	2/59	10/37
3	420	4/26	10/80
4	183	2/45	7/58
5	523	5/57	10/43
6	207	3/73	5/96
7	552	3/70	16/55
8	249	3/29	8/49



شکل 3 نمودار تنش خمشی به کرنش خمشی برای نمونه های 1، 7 و 8 با 30 ٪ کسر حجمی الیاف.



شکل4 نمودار تنش خمشی به کرنش خمشی برای نمونه های 3، 5 و 6 با 20 ٪ کسر حجمی الیاف.

3- مقایسه کامپوزیت های با الیاف شیشه خالص و ترکیبی: براساس نتایج جدول 4 و شکل های 3 و 4 مشاهده می شود که نمونه های با الیاف خالص یک جهتی (نمونه های 5 و 7 دارای تنش خمشی 523 MPa و 552 MPa) استحکام خمشی بیشتری نسبت به نمونه های ترکیبی (نمونه های 1 و 3 دارای تنش خمشی 472 MPa و 420 MPa) هستند و نمونه های ترکیبی در عوض دارای استحکام خمشی بالاتری نسبت به نمونه های با الیاف سوزنی (نمونه های 6 و 8 دارای تنش خمشی 207 MPa و 249 MPa) هستند. در مورد انعطاف پذیری نمونه ها نیز مشاهده می شود که نمونه های با الیاف یک جهتی دارای انعطاف پذیری بالاتری نسبت به نمونه های ترکیبی و سوزنی هستند. در ضمن نمونه کامپوزیتی 7 با 30 ٪ کسر حجمی الیاف یک جهتی، همان گونه که در آزمون کششی مشاهده شد دارای بالاترین میزان مدول خمشی و نمونه 6 با 20 ٪ کسر حجمی الیاف سوزنی دارای کمترین مقدار مدول خمشی است.

نتیجه گیری

1- افزایش کسر حجمی الیاف از 20 % به 30 ٪ به طور کلی باعث بهبود ویژگی های مکانیکی (پارامترهای کششی و خمشی) کامپوزیت ها می شود.

2- افزایش ضخامت از 3 mm به 5 mm باعث کاهش ویژگی های خمشی کامپوزیت های با 20 % و 30 ٪ کسر حجمی الیاف می شود.

3- کامپوزیت ترکیبی (دارای دو نوع الیاف شیشه یک جهتی و الیاف شیشه سوزنی) ویژگی های مکانیکی بهتری را در مقایسه با کامپوزیت دارای فقط الیاف شیشه سوزنی نشان می دهد، لیکن در مقایسه با کامپوزیت دارای الیاف شیشه یک جهتی ویژگی های مکانیکی کمتری را به نمایش می گذارد.

4- مدول کششی و خمشی کامپوزیت های دارای الیاف یک جهتی (نمونه هاي 5 و 7) نسبت به نمونه های دارای الیاف سوزنی (نمونه هاي 6 و 8) و نمونه های ترکیبی (نمونه های 1، 2، 3و 4)، با ضخامت و درصد کسر حجمی الیاف مشابه مقدار بیشتری را نشان می دهند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، جهت اجازه استفاده از امکانات آزمایشگاهی دانشکده شیمی، سپاس گزاری می کنند.

منابع

[1] Dhakal, H. N., Zhang, Z. Y., Richardson, M. O. W., Effect of Water Absorption on the Mechanical Properties of Hemp Fibre Reinforced Unsaturated Polyester Composites, Composites Science Technology, 67, 1674-1683, 2007.

[2] Hull, D., An Introduction to Composite Materials, Cambridge University Press, Cambridge, 1-57, 1992.

[3] Kim, J. K., Sham, M. L., Impact and Delamination Failure of Woven Fabric Composites, Composites Science and Technology, 60, 745-761, 2000.

[4] Kacir, L.,Narkis, M., Ishai, O., Oriented Short Glass Fiber Composites: 1. Preparation and Statistical Analysis of Aligned Fiber Materials, Polymer Engineering Science, 15, 525-531, 1975.

[5] De Farias, M. A., Farina, M. Z., Pezzin, A. P. T., Silva, D. A. K., Unsaturated Polyester Composites Reinforced with Fiber and Powder of Peach Palm: Mechanical Characterization and Water Absorption Profile; Materials Science and Engineering ; 29, 510-513, 2009.

[6] Varga, Cs., Miskolczi, N., Bartha, L., Ĺipczi, G., Improving Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Polyester Composites by Modification of Fibre Surface; Materials and Design; 31, 185-193, 2010.

[7] Segovia, F., Ferrer, C., Salvador, M. D., Amigo, V., Infuence of Processing Variables on Mechanical Characteristics of Sunlight Aged Polyester Glass Fibre Composites, Polymer Degradation and Stability 71, 179-184, 2001.

[8] Sreekumar, P. A., Joseph Kuruvilla., Unnikrishnan, G., Thomas Sabu., A Comparative Study on Mechanical Properties of Sisal Leaf Fiber Reinforced Polyester Composites Prepared by Resin Transfer and Compression moulding techniques; Composites Science Technology; 67, 453-461, 2007.

[9] Mishra, S., Mohanty, A. K., Drzal, L. T., Misra, M., Parija, S., Nayak, S. K., Tripathy, S. S., Studies on Mechanical Performance of Biofibre/Glass Reinforced Polyester Hybrid Composites, Composites Science and Technology; 63, 1377-1385, 2003.

[10] Munikenche Gowda, T., Naidu, A. B. C., Chhaya Rajput., Some Mechanical Properties of Untreated Jute Fabric Reinforced Polyester Composites, Composites; part A: 277-284, 1999.

[11] Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, 2008.

[12] Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, 2007.

[13] Lammerant, L., Verpoest, I., Interaction Between Matrix Cracks and Delaminations During Quasi-Static Impact of Composites, Composites Science Technology, 51, 505-516, 1994.

[14] Reed, P. E., Warnet, L. L., , Damage Resistance of Thermoplastic Matrix composites, Proc. of 4th Int. Conference Deformation Fracture Composites, UMIST, Manchester, UK, March 131-138, 1997.

[15] Sankar, B. V., Low-Velocity Impact Response and Damage in Composite Materials, Key Engineering Materials, 121-122, 1996.

JARC

Study on mechanical properties of the laminated polymer composites based on unsaturated polyester reinforced with combination of unidirectional and chopped strand mat glass fibre

M. Davallo*[,1], A. R. Banaie[2], M. Mahmoudpour[2] and H. Ghane Kiakolaye[3]

1- Department of Chemistry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Payame Noor University, Ardebil Branch, Ardebil, Iran.
3- Institute of Water and Technology, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

Recieved: April 2010, Revised: September 2010, Accepted: November 2011

Abstract: One of the important objectives in the composite industry is to tailor a composite material to suit a particular application. In this research the effect of composite thickness, glass volume fraction of unidirectional glass fibre, chopped strand mat glass fibre and also the effect of combination of unidirectional glass and chopped strand mat glass fibre with different glass geometry on the mechanical properties of composites based on unsaturated polyester resin were studied. The results obtained showed that combinations of glass fibre composites led to the reduction of mechanical properties in comparison with unidirectional glass composites where as, compared with chopped strand mat glass composites showed higher values of mechanical properties.

Keywords: Unidirectional Glass Composites; Chopped Strand Mat Glass Composites; Mechanical Properties of Composite; Hand lay-up Technique; Unsaturated Polyester Resin.

Email: m_davallo @ iau-tnb.ac.ir