ماه‌نامه علمی پژوهشی

مهندسی ساخت و تولید ایران

www.smeir.org

10.22034/IJME.2023.420505.1865

بررسی اثر اعمال پیش بارگذاری حرارتی پارچه الیاف شیشه، بر تغییرات رفتار مکانیکی صفحات کامپوزیتی ساخته‌شده از الیاف شیشه/ پلی‌استر

علیرضا معلم زاده[۱*]، سید علیرضا ثابت[۲]، حامد ثقفی[۳]

۱- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه کامپوزیت، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه تفرش، تفرش، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: armoallem@tvu.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

دریافت: ۲۸ مهر ۱۴۰۲

پذیرش: ۲۷ آبان ۱۴۰۲

کلیدواژگان:

پیش بارگذاری حرارتی

الیاف شیشه

پلی‌استر

رفتار مکانیکی کامپوزیت

چکیده

بررسی رفتار سازه‌های کامپوزیتی الیاف-پلیمر و تاثیر عوامل گوناگون بر خواص مکانیکی آن‌ها، در تعریف فرایندهای طراحی، ساخت و عارضه‌یابی سازه کامپوزیتی موضوعی حائز اهمیت می‌باشد. در این مقاله به بررسی تغییرات رفتار مکانیکی ساختار کامپوزیتی الیاف شیشه کلاس E-پلی‌استر، تحت تاثیر اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه الیاف شیشه پرداخته شده است. بدین منظور، در کنار آزمون‌های تعیین خواص مکانیکی، جهت بررسی چگونگی و ماهیت شکست الیاف شیشه و مطالعه سطح مقطع شکست الیاف از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده شده است. همچنین تغییرات در وضعیت عامل اتصال دهنده روی سطح الیاف شیشه‌ی مورد استفاده در بافت پارچه، در شرایط اولیه پارچه‌ی خریداری شده از شرکت سازنده و نیز شرایط ثانویه آن پس از اعمال پیش بارگذاری حرارتی از طریق قرار دادن آن در کوره با حرارت ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد، از روش آنالیز دستگاهی طیف‌بینی مادون قرمز بازتاب کلی تضعیف شده (ATR) استفاده گردید. نتایج، حکایت از افت قابل توجه خواص مکانیکی کامپوزیت ساخته شده، بر اثر اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه با بافت ساده از جنس الیاف شیشه کلاس E، قبل از مرحله آغشته‌سازی آن با رزین پلی استر غیر اشباع دارد.

Investigating the effect of thermal preloading of glass fiber fabric on changes in the mechanical behavior of glass fiber/polyester composite plates

Alireza Moallemzadeh[1*], Seyed Alireza Sabet[2], Hamed Saghafi[3]

1- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Composites, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran

3- Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Tafresh University, Tafresh, Iran

* Corresponding Author's Email: armoallem@tvu.ac.ir

Article Information

Original Research Paper

Received: 20 October 2023

Accepted: 18 November 2023

Keywords:

Thermal Preloading

Glass Fibers

Polyester

Mechanical Behavior of Composite

Abstract

Investigating the behavior of fiber/polymer composite structures and the effect of various factors on their mechanical properties is vital in defining the design, manufacturing and troubleshooting process. In this paper, the changes in the mechanical behavior of the E-glass fiber/polyester composite structure under the influence of thermal preloading on the glass fiber fabric have been studied. For this purpose, in addition to performing mechanical tests, scanning electron microscopy (SEM) has been used to investigate the manner and nature of glass fiber breakage as well as the cross-sectional area of fiber fracture. Also, the changes in the state of the bonding agent on the surface of the glass fibers used in the woven fabric, in the initial conditions of as received fabric and also in its secondary conditions after applying thermal preload by placing it in an oven at 350 °C temperature was studied. In this regard, the Attenuated Total Reflectance (ATR) infrared spectroscopic analysis method was used. The results indicate a significant decrease in the mechanical properties of the manufactured composite, as a result of applying thermal preloading on plain fabric made of E-class glass fibers, before the impregnation stage with unsaturated polyester resin.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

Moallemzadeh A, Sabet SA, Saghafi H. Investigating the effect of thermal preloading of glass fiber fabric on changes in the mechanical behavior of glass fiber/polyester composite plates. Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2023 March 21;10(1):11-19. doi: 10.22034/IJME.2023.420505.1865 [In Persian]

۱- مقدمه

بهره‌گیری از کامپوزیت‌ها در دنیای امروز به عنوان مواد اصلی مورد استفاده در عرصه طراحی، ساخت و تولید مصنوعات متنوع و پیشرو، به عنوان جایگزینی مناسب برای بسیاری از کاربردهای فلزات، در حوزه صنایع گوناگون، با شتابی فزاینده رو به افزایش می‌باشد. بنابراین، با توجه به کاربردهای متنوع و گسترده مواد کامپوزیتی و به ویژه کامپوزیت‌های الیافی پایه پلیمری در طراحی و ساخت اجزای مکانیکی مختلف، شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی این مواد از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. آگاهی از این خواص به منظور اطمینان یافتن از قابلیت اطمینان سازه حین تحمل شرایط کاری، امری ضروری و لازم است. روی‌آوری به مواد کامپوزیت پایه پلیمری به جهت سبکی، سهولت شکل‌دهی و استحکام بالا نسبت به وزن آن و همچنین ضرورت توجه به رفتار این نوع مواد موجب شده که تحقیقات گسترده‌ای پیرامون آن‌ها شکل گرفته و به انجام برسد.

اساساً اعمال شرایط مختلف آزمایشگاهی از سوی محققان جهت بررسی رفتار مکانیکی کامپوزیت‌های پلیمری-الیافی یکی از موضوعات مورد توجه در این تحقیقات می‌باشد. بخش عمده‌ی این تحقیقات ناظر بر پاسخ ساختارهای کامپوزیتی تحت اثر اعمال بارگذای‌های مکانیکی می‌باشد [۲،۱]. موارد منتشر شده از نتایج پژوهش‌ها در رابطه با تعریف و اعمال بارگذاری‌های خاص مکانیکی صورت پذیرفته است. که به عنوان نمونه زاقلول و همکاران [۳] تاثیر بارگذاری‌های دوره‌ای بر عملکرد خستگی در کامپوزیت‌های پلی‌استر تقویت شده با الیاف شیشه را تحت تاثیر متقابل تغییر میزان تنش و کسر حجمی الیاف مطالعه نمودند. همچنین برخی از تحقیقات ناظر بر پاسخ ساختارهای کامپوزیتی به بارگذاری‌های ضربه‌ای [۴-۶] و به صورت خاص، ضربه با سرعت بالا در شرایط اعمال پیش بارگذاری‌های مکانیکی بر سازه کامپوزیتی الیاف شیشه-پلی‌استر با فرض عدم حضور فاز تقویت کننده ثانویه [۷] و یا اعمال پیش بارگذاری مکانیکی بر سازه کامپوزیتی الیاف شیشه-پلی‌استر ضمن تاثیر حضور فاز تقویت کننده ثانویه [۸] می‌باشد.

در این میان سهم بسیار کمتری از تحقیقات منتشر شده، اعمال بارگذاری‌های حرارتی روی نمونه‌های کامپوزیتی حاوی الیاف و رزین را به صورت همزمان پس از اتمام فرایند ساخت نمونه‌ها شامل می‌شود. از سوی دیگر برخی محققین نیز با توجه به نقش محوری الیاف به عنوان فاز تقویت کننده، در تعیین رفتار مکانیکی کامپوزیت‌های پلیمری، پژوهش‌هایی در خصوص اعمال شرایط مختلف خصوصاً تیمار شیمیایی بر الیاف را پیش از آغشته سازی با رزین در دستور کار داشته‌اند.

تحقیق حاضر به بررسی اثر اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه با بافت ساده از جنس الیاف شیشه کلاس E و قبل از انجام فرایند آغشته سازی با رزین، بر تغییرات رفتار مکانیکی کامپوزیت‌های ساخته شده با آن، می‌پردازد. برخی تحقیقات که ناظر بر بررسی تاثیر اعمال تنش حرارتی بر رفتار مکانیکی سازه‌های کامپوزیتی بوده است، کل آمیزه کامپوزیت را توأمان در بر می‌گیرد. به عنوان نمونه لاوبی و همکاران [۹] به مطالعه تاثیر اعمال دما بر تغییرات رفتار نمونه‌های کامپوزیتی ساخته شده از ماتریس پلی‌استر غیر اشباع با فاز تقویت کننده الیاف شیشه کلاس E، پرداخته‌اند. نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد که خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی رزین و کامپوزیت با افزایش دما تغییر می‌کند. آنالیز ترموگراویمتری (TGA) نشان داد که تخریب گرمایی کامپوزیت در دو مرحله رخ می‌دهد: مرحله اول بین ۱۳۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و مرحله دوم بین ۲۵۰ و ۴۴۰ درجه سانتی‌گراد. مطالعه رزین و کامپوزیت، پس از حرارت دهی، نشان داد که برای دماهای بالا استحکام مکانیکی رزین بسیار تحت تاثیر قرار می‌گیرد. برای این دماها، کامپوزیت برخی از شکستگی‌های فصل مشترک لیف و ماتریس را نشان می‌دهد که باعث از دست رفتن استحکام نمونه‌های کامپوزیتی می‌شود. جمشیدی و همکاران [۱۰] پیامدهای اعمال شوک‌های حرارتی بر خواص مکانیکی نمونه‌های کامپوزیتی پلیمری تقویت‌شده با الیاف پراکنده شیشه را از منظر تغییرات خواص فیزیکی-مکانیکی کامپوزیت‌های پلی‌استر تقویت شده با الیاف شیشه، مورد بررسی قرار دادند. تأثیر مدت زمان چرخه حرارتی بر خواص مکانیکی نمونه‌های کامپوزیتی همچون: حداکثر تنش، کرنش، مدول الاستیک و مقاومت در برابر ضربه، در نمونه‌های کامپوزیتی پلیمری تقویت شده با پارچه بافته شده از جنس الیاف شیشه و نانوذرات مس-سیلیکا (NPs) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که تخلخل و خواص مکانیکی نمونه‌های کامپوزیتی به وضوح در چرخه‌های طولانی مدت، یعنی ۲۰ ساعت تغییر می‌کند. بر اساس نتیجه‌گیری ارائه شده، اگرچه نانوذرات باعث کاهش تخلخل و اثر پرشدگی در ماتریس کامپوزیت می‌شوند، اما می‌توانند مکان‌های تمرکز تنش را نیز فراهم کنند. علاوه بر این، پس از شوک‌های حرارتی، الیاف درون ساختار کامپوزیت اشکال منحنی را تشکیل دادند. در نتیجه، کاهش در مدول الاستیک کامپوزیت‌های تقویت شده فیبری الیافی یا پارچه‌ای پس از چرخه‌های حرارتی رخ داد. علاوه بر اینکه تخلخل بالا عامل اصلی کاهش مدول الاستیک بود، تغییر شکل الیاف نیز به

عنوان یک عامل پنهان در راستای ایجاد تغییرات در خواص مکانیکی نمونه‌های کامپوزیتی مورد مطالعه در نظر گرفته شده است که در مطالعات محققین قبلی چندان مورد بحث قرار نگرفته است. جعفرپور و همکاران [۱۱] خواص حرارتی مکانیکی و تنش‌های پسماند نانوکامپوزیت‌های پلیمری را بر مبنای اثرات فاز افزودنی نانوالیاف کربنی (CNF) با توزیع تصادفی و نیز توزیع جهت‌یافته، در کسرهای وزنی مختلف ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد به صورت عددی و تجربی بررسی نمودند. مدول یانگ و ضریب انبساط حرارتی مورد مطالعه قرار گرفت که در همین راستا نتایج ارائه شده تأثیر قابل توجه عامل جهت گیری CNF ها را بر تنش‌های پسماند در کامپوزیت‌ها نشان داد. اناند و همکاران [۱۲] اثرات توامان اعمال حرارت و بارگذاری مکانیکی را بر عملکرد خزشی کامپوزیت‌های چند لایه الیاف شیشه-اپوکسی با افزودن ۰/۱ درصد وزنی نانولوله‌های کربنی (CNT) در حالت مبنا و نیز CNT تغییر یافته به سبب اکسید نمودن قبلی سطح آن، در شرایط تغییرات دمایی ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد بررسی نمودند. نتایج حکایت از تاثیرگذاری بیشتر حضور CNT در هر دو وضعیت یاد شده، در کاهش میزان کرنش خزشی ساختار کامپوزیتی در محدوده دمایی پایین‌تر داشت. همچنین اعمال تغییرات روی CNT از طریق اکسید شدن سطح آن قبل از آمیزه‌سازی و ساخت قطعات کامپوزیتی سبب بروز مقاومت خزشی مناسب‌تری در رفتار ساختار کامپوزیتی در دماها و بارگذاری‌های مختلف گردید.

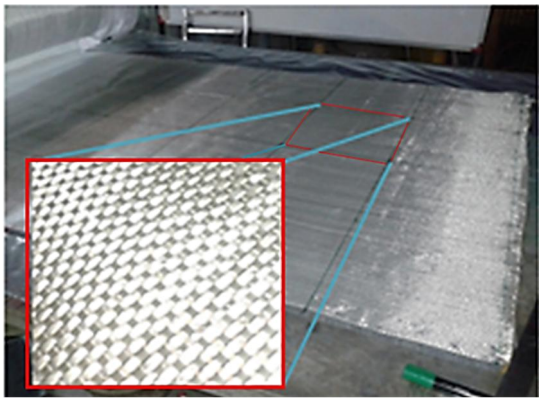
برخی محققین نیز اعمال شرایط مختلف تیمار الیاف را پیش از آمیزه‌سازی با رزین پیش از ساخت نمونه‌های کامپوزیتی مورد توجه قرار داده‌اند. به عنوان نمونه نعمت‌اله زاده و همکاران [۱۳] ساختارهای کامپوزیت الیاف کربن-ماتریس پلی‌متیل متاآکریلات را با در معرض تاباندن باریکه لیزر قرار داده و متعاقباً ضمن ایجاد تغییرات سطحی و زبری الیاف مذکور، بهبود عملکرد مکانیزم قفل‌شدگی مکانیکی و چسبندگی بهتر بین الیاف و ماتریس پلیمری را گزارش نمودند. نِیوِس و همکاران [۱۴] ضمن بکارگیری محلول‌های مختلف اسیدی، مورفولوژی و نحوه ایجاد الگوهای حک شده حین اصلاح سطح و خواص دو نمونه کامپوزیتی الیافی مختلف از جنس الیاف شیشه و الیاف کربن را بررسی کردند. نمونه‌ها از جنس الیاف شیشه و الیاف کربن بعد از اصلاح با ۵ محلول اسید توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی آنالیز شدند. این ارزیابی نشان داد که مورفولوژی سطحی در مقایسه با نمونه گروه شاهد، برای هر دو نوع کامپوزیت تقویت‌شده الیافی، بعد از اصلاح به صورت کلی، بهبود یافته است. شارما و همکاران [۱۵] بررسی گسترده‌ای روی روش‌های اصلاح سطح الیاف چند مقیاسی و انواع خشک-تر مانند اصلاح شیمیایی، پلاسما، آهارزنی، پوشش‌دهی نانو ذرات و نانوتیوب‌های کربنی برای بهبود ترشوندگی و افزایش چسبندگی فصل مشترک الیاف با ماتریس‌های پلیمری انجام دادند. این تغییرات به دلیل بهبود شرایط سطحی الیاف کربنی، ارتقاء چسبندگی و اتصال شیمیایی بین الیاف و ماتریس منجر به بهبود خواص کامپوزیت گردید. معلم‌زاده و همکاران [۱۶] برخی شرایط مختلف اصلاح سطح الیاف شیشه همچون اعمال روش کرونا را جهت بهبود چسبندگی فصل مشترک الیاف و ماتریس بررسی کردند. وُو و همکاران [۱۷] طی مقاله‌ای موضوع اصلاح سطح الیاف طبیعی خصوصاً الیاف کتان را بر روی خواص کامپوزیت پروپیلن/کتان بررسی کردند.

لذا با عنایت به نتایج تحقیقات موجود منتشر شده توسط سایر محققین، محدودیت و فقر تحقیقات و گزارشات در متون علمی در دسترس، راجع به تاثیرات اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه با بافت ساده از جنس الیاف شیشه کلاس E، بر تغییرات رفتار مکانیکی ساختارهای کامپوزیتی الیافی، این موضوع به عنوان یک خلاء شناسایی شد و در ترسیم و نیز تعریف ادامه مسیر انجام اقدامات و انجام تحقیق حاضر و ارائه نتایج آن مورد توجه قرار گرفت.

۲- روش تحقیق و تدارک آزمایشات

وسعت کاربردهای متنوع مواد مرکب پایه پلیمری در صنایع گوناگون دنیای امروز، لزوم بهره‌گیری از یک کامپوزیت پایه پلیمری با قیمت مناسب و همزمان دارای خواص مکانیکی مطلوب را، به دنبال داشته است. لذا در انجام این پژوهش انتخاب مواد اوّلیه برای ساخت نمونه‌های کامپوزیتی با در نظر گرفتن این موضوع صورت پذیرفت. بر این مبنا در تعریف و انجام این تحقیق اجزاء اصلی جهت تولید نمونه‌های کامپوزیتی مورد مطالعه شامل دو جزء: الف) الیاف شیشه به عنوان فاز تقویت کننده، ب) ماتریس پلیمری از جنس پلی‌استر در نظر گرفته شد. فاز تقویت کننده اصلی مورد استفاده در ساخت نمونه‌های کامپوزیتی از نوع پارچه با بافت ساده مطابق شکل ۱ از جنس الیاف شیشه کلاس E و محصول شرکت بی‌های فایبرگلاس[1] واقع در شهر جیوجیانگ[2] چین می‌باشد.

[1] Beihai Fiber Glass
[2] Jiu-jiang



شکل ۱ پارچه الیاف شیشه کلاس E با طرح بافت ساده

همچنین طبق اطلاعات شناسنامه مشخصات فنی ارائه شده به همراه محصول با رنگ سفید و کد تجاری EWR400-1000 توسط شرکت وارد کننده (شرکت پیشرو مبتکر پیوند)، پارچه مورد استفاده مذکور در دمای محیطی ۲۵ °C و رطوبت نسبی ۵۰ درصد دارای خصوصیاتی مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱ خواص پارچه مورد استفاده (بافت ساده از جنس الیاف شیشه کلاس E)

پارامتر مورد آزمون	استاندارد آزمون	مقدار استاندارد	مقدار میانگین
وزن بر مبنای سطح (g/m2)	ISO3347-2000	400±32	402
مقاومت کششی تار (N/50mm)	ISO4606-1995	≥2500	3900
مقاومت کششی پود (N/50mm)	ISO4606-1995	≥2400	3800
میزان رطوبت (%)	ISO3344-1997	≤0.2	0.08

رزین انتخاب شده در انجام این تحقیق، به عنوان یکی از پرکاربردترین رزین‌های گرما سخت مصرفی در کشور که عبارتست از رزین پلی‌استر غیر اشباع ایزوفتالیک با نام تجاری بوشپُل[1] و کد محصول ۷۵۱۱۲۹ تولید شرکت صنایع شیمیایی بوشهر می‌باشد که به عنوان ماتریس پلیمری در ساخت نمونه‌های کامپوزیتی مورد استفاده قرار گرفت. براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، خواص فیزیکی-مکانیکی مربوطه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ مشخصات خواص فیزیکی- مکانیکی رزین

نام ماده	نوع	کد/ شرکت سازنده	ویسکوزیته (cP)	مدول کششی (GPa)	استحکام کششی (MPa)	کرنش در شکست (٪)
رزین پلی‌استر	ایزوفتالیک	BUSHPOL-751129	600	3.5	47.18	1.3

به منظور آغاز و هدایت فرایند پخت اولیه رزین در ساخت نمونه‌های کامپوزیتی، از نفتنات کبالت با فرمول شیمیایی CoC22H14O4 محصول شرکت اکزونوبل[2] کشور هلند به عنوان شتاب دهندهٔ پخت و نیز متیل اتیل کتون پراکساید با فرمول شیمیایی C8H18O6 به عنوان آغازگر واکنش، محصول شرکت ایران پراکساید استفاده شد. میزان مواد مصرفی در جدول ۳ آمده است.

[1] BUSHPOL
[2] AkzoNobel

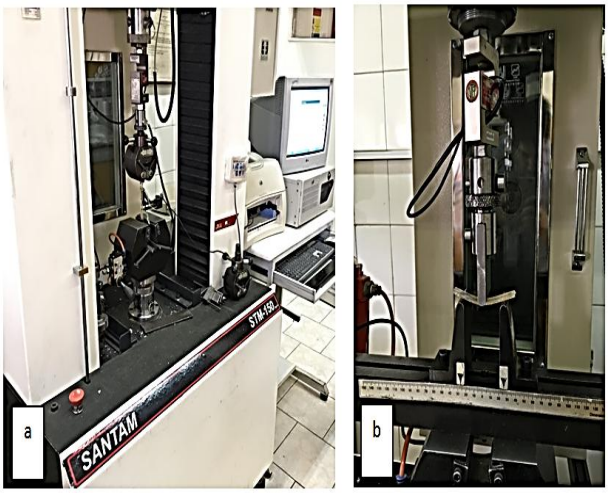
جدول ۳ مشخصات و ترکیب درصد اجزاء تشکیل دهنده ماتریس پلیمری (بدون الیاف)

نام ماده	کدمحصول/ کشور و شرکت سازنده	نقش	مقدار (برحسب درصد وزنی رزین)
رزین (پلی‌استر غیر اشباع)	751129 (Iran)-BUSHPOL	نگهدارنده الیاف	100
نفتنات کبالت	AkzoNobel (Netherlands)	شتاب دهنده	0.1
متیل اتیل کتون پراکساید	Iran Peroxide (Iran)	آغازگر / کاتالیزور	1

در ادامه به جهت اعمال پیش بارگذاری حرارتی پارچه بافت ساده الیاف شیشه کلاس E در داخل کوره با دمای ۳۵۰°C به مدت یک ساعت قرار داده شد. پس از اتمام فرایند حرارت دهی و هم دما شدن پارچه، نمونه‌های کامپوزیتی پلیمری با توالی چینش [۰/۹۰, ۴۵±۲, ۰/۹۰] و ضخامت حدود ۱ میلی متر و با ابعاد ۳۰۰×۳۰۰ میلی‌متر مربع به روش لایه‌چینی دستی تهیه شدند. تمام نمونه‌های کامپوزیتی در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت پخت و عمل‌آوری[1] اولیه شدند و سپس در دمای۸۰°C به مدت ۸ ساعت توسط آون‌پس‌عمل‌آوری[2] شدند. متعاقباً نمونه‌ها با استفاده از دستگاه برش با تیغه اره‌ای که جنس لبه برنده تیغه از نوع الماسه غیر دندانه دار می‌باشد، در ابعاد مد نظر برش داده شدند.

۳- نتایج و بحث

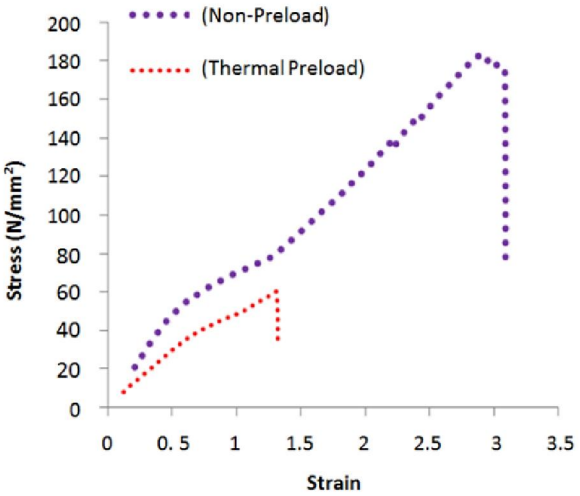
برای بررسی تاثیر اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر تغییرات خواص مکانیکی کامپوزیت مورد مطالعه، انجام آزمون‌های بررسی رفتار کششی و نیز خمش سه نقطه‌ای نمونه‌های کامپوزیتی به ترتیب مطابق با استاندارد ASTM D-3039 و D-792 ASTM با استفاده از دستگاه سنتام با ظرفیت بارگذاری ۱۵۰ کیلو نیوتن مطابق شکل ۲ به عمل آمد.



شکل ۲ نمایش نحوه آزمون: a) آزمون کشش b) آزمون خمش سه نقطه

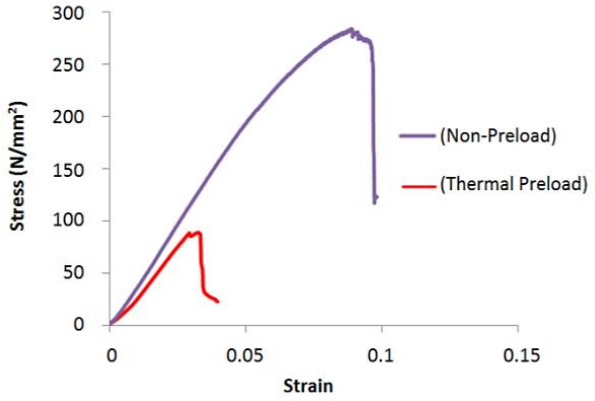
نتایج حاصل از اعمال بارگذاری کششی بر روی نمونه‌های کامپوزیتی ساخته شده از پارچه الیاف بدون اعمال پیش بارگذاری حرارتی و نیز نمونه‌های کامپوزیتی ساخته شده از پارچه الیافی قرارگرفته تحت اعمال پیش بارگذاری حرارتی، مطابق شکل ۳ رفتار متمایزی را نسبت به یکدیگر ارائه نمودند.

[1] Curing
[2] Post-Curing



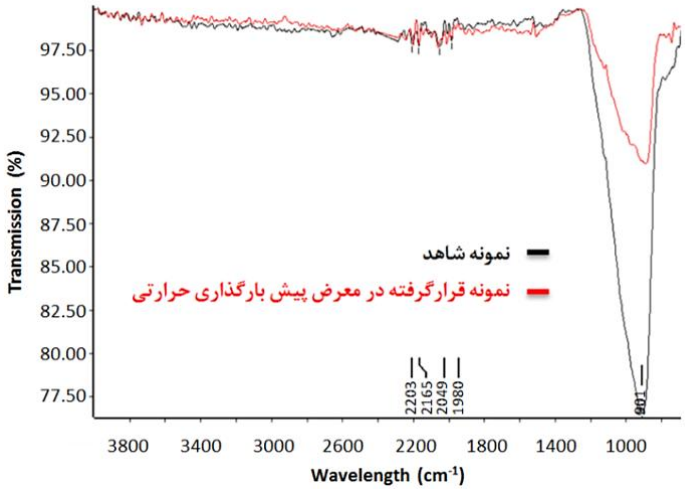
شکل ۳ تغییرات رفتار کششی نمونه کامپوزیتی تحت اثر اعمال یا عدم اعمال پیش بارگذاری حرارتی روی پارچه الیاف شیشه قبل از آمیزه سازی

همچنین بررسی تغییرات رفتار نمونه‌های کامپوزیتی مذکور در دو وضعیت متفاوت اعمال و عدم اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه الیاف شیشه پیش از آمیزه سازی، تحت اثر اعمال بارگذاری خمش سه نقطه، مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۴ به انجام رسید.



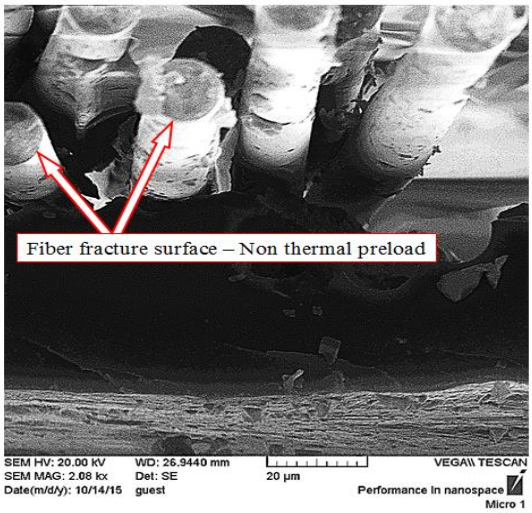
شکل ۴ تغییرات پاسخ به آزمون بارگذاری خمشی سه نقطه، در رفتار نمونه‌های کامپوزیتی تحت اثر اعمال یا عدم اعمال پیش بارگذاری حرارتی روی پارچه الیاف شیشه قبل از آمیزه سازی

این نتایج حکایت از وقوع تغییرات گسترده در رفتار و افت شدید خواص مکانیکی خمشی در نمونه‌های ساخته شده از پارچه الیاف شیشه قرار گرفته در معرض پیش بارگذاری حرارتی قبل از مرحله آغشته سازی با رزین پلی‌استر دارد. در ادامه به منظور بررسی جوانب موضوع در ارتباط با تغییرات خواص مکانیکی نمونه‌های کامپوزیتی مورد مطالعه، متاثر از اعمال و عدم اعمال پیش بارگذاری حرارتی پارچه بافت ساده الیاف شیشه کلاس E، از آزمون ATR استفاده شد. تغییرات حاصل در پیک نمایش داده شده در نمودار مربوط به آزمون ATR مطابق شکل ۵، حکایت از آن دارد که اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر روی پارچه بافت ساده الیاف شیشه سبب بروز تغییراتی در وضعیت گروه‌های عاملی مستقر روی سطح الیاف شیشه می‌شود که در فرایند تولید این الیاف، به کار می‌رود.



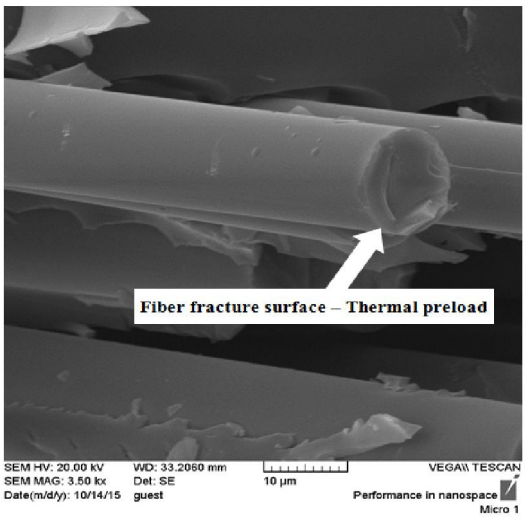
شکل ۵ اثر اعمال یا عدم اعمال پیش بارگذاری حرارتی روی پارچه الیاف شیشه بر وضعیت گروه‌های عاملی سطح الیاف شیشه

این نکته به عنوان یک عامل مهم در تغییرات کیفیت اتصال بین الیاف و ماتریس در ساختار کامپوزیت قابل توجه است. این مسئله خود بخشی از وقوع تغییرات در خواص مکانیکی دو گونه‌ی متفاوت از صفحات کامپوزیتی مورد مطالعه را رقم می‌زند. این موضوع در شکل‌های شماره ۳ و ۴ در قالب افت ظرفیت ساختار کامپوزیتی تحت اثر بارگذاری‌های مکانیکی از منظر حد نهایی تحمل نیرو و نیز کرنش پذیری ساختار، پس از اعمال پیش بارگذاری حرارتی مشهود می‌باشد. از سوی دیگر مطابق شکل‌های ۶ و ۷ اعمال پیش بارگذاری حرارتی را می‌توان زمینه ساز ایجاد آسیب‌های ساختاری در الیاف شیشه مورد استفاده در ساخت کامپوزیت برشمرد.



شکل ۶ مقطع شکست کامپوزیت ساخته شده از پارچه الیاف شیشه بدون اعمال پیش بارگذاری حرارتی

در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در شرایطی که پارچه الیاف شیشه در معرض پیش بارگذاری حرارتی قرار نگرفته است، سطح شکست الیاف شرایط متفاوتی را به لحاظ افزایش زبری سطح، نسبت به وضعیت شکسته شدن در الیاف پارچه قرارگرفته در معرض پیش بارگذاری حرارتی (شکل ۷) نمایش می‌دهد.



شکل ۷ مقطع شکست کامپوزیت ساخته شده از پارچه الیاف شیشه تحت اثر اعمال پیش بارگذاری حرارتی

همانگونه که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود سطح شکست الیاف وضعیت متفاوتی را نسبت به حالت قبل به نمایش می‌گذارد. توجیه این تفاوت آن است که پارچه الیاف شیشه ابتدا در معرض پیش بارگذاری حرارتی گرفته و متاثر از این تجربه، در مرحله بعد با انجام فرایند آغشته‌سازی با رزین پلی‌استر، کامپوزیت حاصله در معرض پخت و عمل آوری و متعاقباً بارگذاری حرارتی مجدد جهت پس‌عمل آوری، قرار گرفته است. از این روی به نظر می‌رسد تحت اثر پیش بارگذاری حرارتی پارچه الیاف شیشه و بارگذاری‌های حرارتی بعدی کامپوزیت ساخته شده از آن جهت تکمیل فرایند کراس لینک شدن ساختار ماتریس و پخت و نیز پس‌عمل آوری نهایی کامپوزیت، از یک سو فرایند وقوع تضعیف پیشرونده در ساختار الیاف شیشه واقع شده و از سوی دیگر نیز به سبب تضعیف نقش گروه‌های عاملی، کاهش میل به اتصال پیرامونی الیاف با ماتریس در ساختار کامپوزیت رخ می‌دهد. در نتیجه این موارد را می‌توان به عنوان عوامل غالب بر تغییرات رفتار مکانیکی مشاهده شده در قیاس دو گونه مختلف کامپوزیت‌های مورد مطالعه، برشمرد.

لذا بر مبنای این پژوهش، وقوع پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه بافت ساده الیاف شیشه کلاس E، رفتار مکانیکی کامپوزیت‌های ساخته شده از آن‌را در جهت کاهش ظرفیت تحمل بار به صورت قابل توجهی تحت تاثیر قرار خواهد داد.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله تاثیر اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه بافت ساده الیاف شیشه کلاس E قبل از مرحله آغشته سازی آن با رزین پلی‌استر غیر اشباع، جهت بررسی تغییرات رفتار ساختار کامپوزیتی الیاف شیشه-پلی‌استر مورد مطالعه قرار گرفت.

بدین منظور جهت بررسی تغییرات رفتار کششی دو گونه مختلف نمونه‌های کامپوزیتی ساخته شده، از آزمون استاندارد کشش استفاده شد و نتایج زیر حاصل گردید:

۱- به سبب اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه بافت ساده از جنس الیاف شیشه کلاس E، تغییرات کاهشی قابل ملاحظه بر رفتار مکانیکی کششی کامپوزیت‌های مورد مطالعه ساخته شده از آن، پدید آمده است.

۲- در این بررسی مشخص شد ۶۷/۵۳ درصد افت مقاومت کششی به سبب پیش بارگذاری حرارتی رخ داده است.

۳- افت کرنش پذیری در رفتار نمونه‌ها به سبب اعمال پیش بارگذاری حرارتی، معادل ۵۵/۵۲ درصد به وقوع پیوسته است.

۴- با عنایت به انجام آزمون خمش سه نقطه استاندارد در خصوص بررسی تغییرات خواص مکانیکی خمشی دو گونه از نمونه‌های مختلف کامپوزیتی ساخته شده از منظر اعمال و یا عدم اعمال پیش بارگذاری حرارتی بر پارچه بافت ساده از جنس الیاف شیشه کلاس E مورد استفاده در ساخت نمونه‌های مذکور، افت مقاومت خمشی معادل ۶۸/۵۷ درصد در نمونه‌های شامل پارچه الیاف شیشه پیش بارگذاری حرارتی شده، مشاهده گردید.

۵- همچنین با عنایت به مورد اخیر ۶۳/۱۰ درصد کاهش در کرنش پذیری نمونه‌های کامپوزیتی ساخته شده از پارچه بافت ساده از جنس الیاف شیشه کلاس E تحت اثر اعمال پیش بارگذاری حرارتی قبلی روی پارچه مذکور، به وقوع پیوسته است.

References

[1] Somaiah A, Prasad BA, Nath NK. A comprehensive review: Characterization of glass fiber reinforced polymer composites with fillers from a Thermo-mechanical perspective. Materials Today: Proceedings: 2022 Jan 1; 62:3226-32. doi: 10.1016/j.matpr.2022.04.219

[2] Phani KV, Nanda BK, Mishra SB, Nayak SK. Structural analysis of experimentally fabricated glass fiber reinforced (GFRP) composites. Materials Today: Proceedings: 2023 Jan 1;74:889-94. doi: 10.1016/j.matpr.2022.11.275

[3] Zaghloul MY, Zaghloul MM, Zaghloul MM. Influence of stress level and fibre volume fraction on fatigue performance of glass fibre-reinforced polyester composites. Polymers: 2022 Jun 29;14(13):2662. doi: 10.3390/polym14132662

[4] Shah SZ, Karuppanan S, Megat-Yusoff PS, Sajid Z. Impact resistance and damage tolerance of fiber reinforced composites: A review. Composite Structures: 2019 Jun 1; 217:100-21. doi: 10.1016/j.compstruct.2019.03.021

[5] Gholizadeh S. A review of impact behaviour in composite materials. International Journal of Mechanical and Production Engineering. 2019 Mar;7(3):2320-092.

[6] Kaware K, Kotambkar M. Low velocity impact response and influence of parameters to improve the damage resistance of composite structures/materials: a critical review. International journal of crashworthiness: 2022 Jul 15;27(4):1232-56. doi: 10.1080/13588265.2021.1914985

[7] Moallemzadeh AR, Sabet SA, Abedini H. Preloaded composite panels under high velocity impact. International Journal of Impact Engineering: 2018 Apr 1; 114:153-9. doi: 10.1016/j.ijimpeng.2017.12.019

[8] Moallemzadeh AR, Sabet SA, Abedini H, Saghafi H. Investigation into high velocity impact response of pre-loaded hybrid nanocomposite structure. Thin-Walled Structures: 2019 Sep 1; 142:405-13. doi: 10.1016/j.tws.2019.05.006

[9] Laoubi K, Hamadi Z, Benyahia AA, Serier A, Azari Z. Thermal behavior of E-glass fiber-reinforced unsaturated polyester composites. Composites Part B: Engineering: 2014 Jan 1; 56:520-6. doi: 10.1016/j.compositesb.2013.08.085

[10] Jamshidi Z, Hejazi SM, Sheikhzadeh M, Alirezazadeh A. Analysis of impacts of thermal shocks on mechanical properties of E-glass fiber reinforced polyester composites. Journal of Composite Materials: 2021 Oct;55(25):3687-98. doi: 10.1177/00219983211017648

[11] Jafarpour A, Farahani MS, Haghighi-Yazdi M. Numerical investigation of oriented CNFs effects on thermo-mechanical properties and curing residual stresses field of polymeric nanocomposites. Mechanics of Materials: 2019 Nov 1; 138:103176. doi: 10.1016/j.mechmat.2019.103176

[12] Anand A, Banerjee P, Sahoo D, Rathore DK, Prusty RK, Ray BC. Effects of temperature and load on the creep performance of CNT reinforced laminated glass fiber/epoxy composites. International Journal of Mechanical Sciences: 2019 Jan 1; 150:539-47. doi: 10.1016/j.ijmecsci.2018.09.048

[13] Nematollahzadeh A, Mousavi SS, Tilaki RM, Frounchi M. Increasing the interfacial adhesion in poly (methyl methacrylate)/carbon fibre composites by laser surface treatment. Polymers and Polymer Composites: 2006 Sep;14(6):585-9. doi: 10.1177/096739110601400604

[14] Naves LZ, Santana FR, Castro CG, Valdivia AD, Da Mota AS, Estrela C, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Surface treatment of glass fiber and carbon fiber posts: SEM characterization. Microscopy research and technique: 2011 Dec;74(12):1088-92. doi: 10.1002/jemt.20999

[15] Sharma M, Gao S, Mäder E, Sharma H, Wei LY, Bijwe J. Carbon fiber surfaces and composite interphases. Composites Science and Technology: 2014 Oct 6; 102:35-50. doi: 10.1016/j.compscitech.2014.07.005

[16] Moallemzadeh AR, Sabet AR, Abedini H. Mechanical and morphological study of polymer composite plates having different fiber surface treatments with particular response to high velocity projectile impact. Iranian Polymer Journal. 2017 Mar;26(3):229-38. doi: 10.1007/s13726-017-0515-3

[17] Wu CM, Lai WY, Wang CY. Effects of surface modification on the mechanical properties of flax/β-polypropylene composites. Materials: 2016 Apr 27;9(5):314. doi: 10.3390/ma9050314