



تأثیر چینش و جهت گیری لایه‌های ساندویچ پنل‌های چندلایه تقویت شده با پارچه‌های اسپیسر بر خواص خمشی آنها

پگاه طاهباز^۱/ کوروش دلاوری^۱/ هادی دبیریان^۱

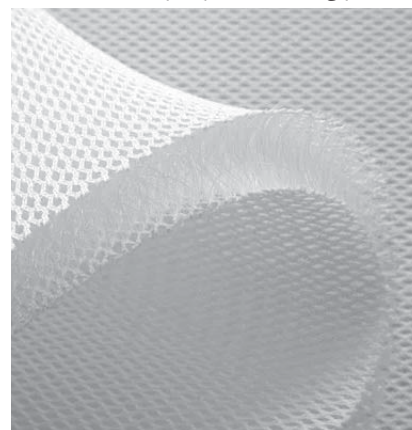
چکیده

آگاهی از تأثیر پارامترهای متغیر ساختمانی بافت تقویت کننده بر خواص خمشی محوریت تحقیق حال حاضر است. در این مطالعه به بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر روی خواص خمشی کامپوزیت‌های ساندویچ پنبلی چندلایه پرداخته شده است. برای این منظور، ابتدا با استفاده از نخ شیشه از نوع C-GLASS، پارچه‌های دو جداره حلقوی پودی در طرح‌های ریب گیتینگ 1×1 و 5×5 تولید شد. سپس، کامپوزیت‌های ساندویچی شیشه/اپوکسی با استفاده از پارچه‌های تولید شده به عنوان تقویت کننده و رزین اپوکسی به عنوان ماتریس تهیه شدند.

نمونه‌های ساندویچی متنوعی با متغیرهای ساختاری مختلف مانند تعداد لایه، نحوه لایه‌چینی و متغیرهای ساختمانی دیگری نظیر ارتفاع پایل و زاویه پایل‌های مختلف تولید و تحت خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند. با مقایسه خمش نمونه‌ها در جهات طولی (راستای ردیف) و عرضی (راستای رج) مشخص شد که بیشینه نیروی خمش و خیز تا بیشینه نیروی راستای طولی نسبت به راستای عرضی بالاتر است. کامپوزیت‌های ساندویچی تقویت شده با بافت ریب گیتینگ 5×5 نیز خیز بیشتری تا نقطه ماکزیمم نیرو نسبت به نمونه‌ها با بافت ریب گیتینگ 1×1 داشتند.

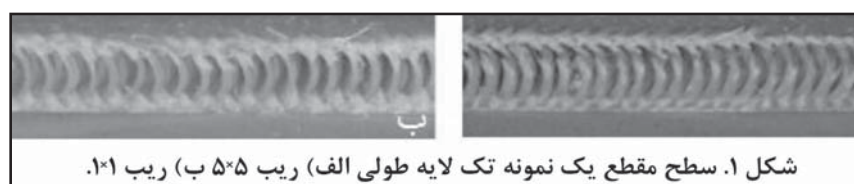
۱-مقدمه

در سال‌های اخیر، کامپوزیت‌ها اعم از کامپوزیت‌های منسوجی مورد توجه محققان و صنعتگران متعددی قرار گرفته است.

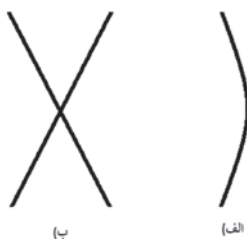


علت این توجه استحکام بالا با وجود وزن کم و خصوصیات مکانیکی این ساختارها است. این افزایش استحکام همراه کاهش وزن باعث استفاده در کاربردهای دفاعی، صنایع هوافضا، حمل و نقل و ساختمان سازی می‌شود. از این رو مطالعه رفتار خمشی ساندویچ پنل‌ها موضوع بحث بسیاری از تحقیقات شده است. لی و همکاران با انجام تست خمش بر روی ساندویچ پنل‌های لانه زنبوری و بررسی

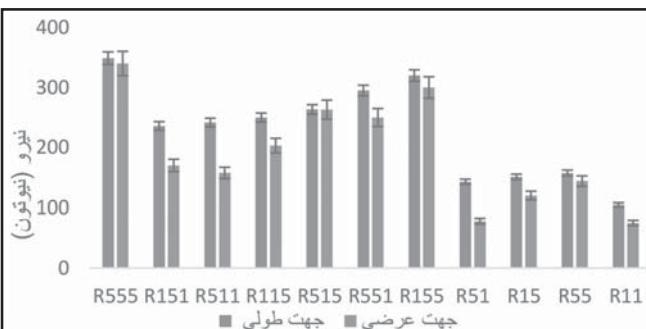
هسته آنها، به این نتیجه رسیدند که با تقویت راسهای این نوع ساندویچ پنل‌ها توسط شکل‌های دایروی، مربعی و یا شش ضلعی، میتوان خواص خمشی آنها را بهبود بخشید. فن و همکاران با قرار دادن ساندویچ پنل‌های چندلایه تحت بار فشاری و بررسی نتایج پی بردند که ساندویچ پنل‌های چندلایه نسبت به ساندویچ پنل‌های یک‌لایه با ضخامت یکسان، خواص جذب انرژی بیشتری از خود



شکل ۱. سطح مقطع یک نمونه تک لایه طولی الف) ریب 5×5 ب) ریب 1×1 .



شکل ۳. هندسه پایل در جهت الف) طولی ب) عرضی



شکل ۲. بیشینه نیروی هر نمونه

نشان می‌دهند.

دلاوری و دبیریان به بررسی عوامل مؤثر بر سختی خمشی کامپوزیت‌های ساندویچی تقویت‌شده با پارچه‌های دوجداره حلقوی پودی پرداختند. آنها اظهار کردند که انرژی خمشی و استحکام خمشی در جهت ردیف نسبت به جهت رج بیشتر است. همچنین بیان شد که با افزایش زاویه پایل، استحکام خمشی افزایش می‌یابد. چپش چندین لایه ساندویچ پیل بر روی هم، بهبود خواص خمشی و افزایش استحکام خمشی را در کامپوزیت‌ها سبب می‌شود. در این مطالعه خواص خمشی کامپوزیت‌های چندلایه شیشه/اپوکسی تحت تأثیر جهتگیری و چپش هر لایه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲- تجربیات

۲-۱- تولید پارچه

پارچه‌های دوجداره مورد نظر توسط دستگاه تخت بافت الکترونیکی دو رو سیلندر STOLL (مدل CMS330TC) با گیج ماشین ۷ و عرض صفحه سوزن ۱۲۷ سانتیمتری، تولید شد. برای تولید نمونه‌های ریب گیتینگ ۱×۱ و ریب گیتینگ ۵×۵ از نخ ۱۰۰ تکس شیشه استفاده شده است. ماکزیمم عرض قابل بافت بر روی این دستگاه ۱۲۷ سانتیمتر (توسط ۳۵۰ سوزن) است.

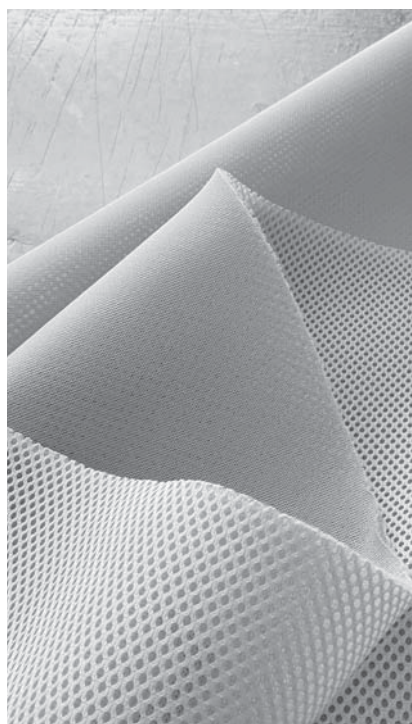
۲-۲- تولید کامپوزیت

تمامی نمونه‌ها به روش رزین‌زنی دستی با

رزین اپوکسی (EPOXY ۸۲۸) و هاردنر ۲۰ درصد تولید شدند. به منظور بررسی تأثیر چپش ساختارهای متفاوت بر روی خواص خمشی ساندویچ پیل‌ها، نمونه‌های دو و سه لایه تولید شدند. در این نمونه‌ها از دو نوع بافت ریب گیتینگ ۱×۱ و ریب گیتینگ ۵×۵ استفاده شده است. در هر نمونه ترتیب قرارگیری بافت‌ها متفاوت است.

پس از به وجود آمدن ساختارهای متفاوت متشکل از ریب گیتینگ‌های ۱×۱ و ۵×۵، نمونه‌ها تحت خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند.

برای مثال نمونه‌ای که با نام اختصاری R551



نامگذاری شده است، از بالا به پایین دولا یه ریب ۵×۵ و یک لایه ریب ۱×۱ دارد. شکل ۱ نشان‌دهنده سطح مقطع یک نمونه طولی ریب ۱×۱ و ریب ۵×۵ است.

۳-۲- آزمون خمش

در این مطالعه از دستگاه SANTAM STM ۱۵۰ برای انجام آزمون خمش سه نقطه‌ای استفاده شده است.

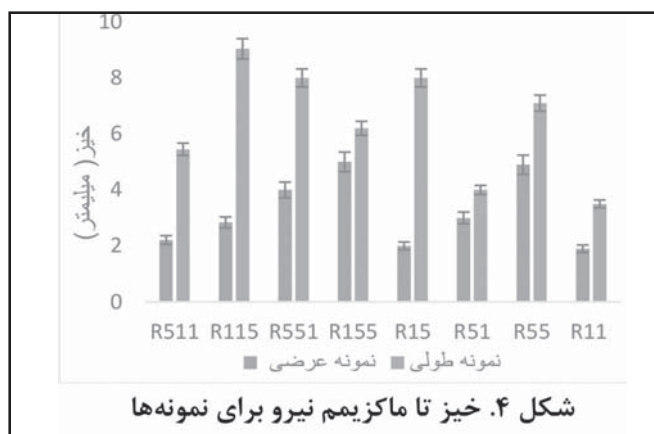
بر اساس استاندارد ASTM C۳۹۳، سرعت پایین آمدن فک بالا در این آزمایش ۳/۵ میلیمتر بر ثانیه در نظر گرفته شد. طبق این استاندارد فاصله دو تکیه‌گاه از لبه‌های کناری نمونه ۲۵ میلی‌متر و طول کلی نمونه از دو برابر عرض نمونه کمتر است.

عرض نمونه‌ها برابر ۳۵ میلی‌متر و فاصله دو فک برابر ۸۰ میلیمتر برآورد شده است. تعداد تکرار آزمایش برای هر نمونه پنج بار در نظر گرفته شده است.

۳- نتایج و بحثها

به طور کلی ساختارهای تقویت شده با ریب گیتینگ ۵×۵ بیشینه نیروی خمشی بیشتری نسبت به ساختارهای تقویت شده با ریب گیتینگ ۱×۱ تحمل می‌کنند.

علت این امر را می‌توان به ارتفاع بیشتر پایل در ساختمان آنها نسبت داد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در نمونه‌های دولا یه، بیشینه نیرو مربوط به نمونه طولی مدل R ۵۵ است.



انتقال نیرو و جلوگیری از تغییر شکل هستن همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود خیز تا بیشینه نیرو برای نمونه‌های عرضی کمتر از نمونه‌های طولی است.

با بررسی خیز در دو جهت طولی و عرضی در بقیه نمونه‌های قرینه نیز درمی‌یابیم که در ساختارهایی که ریب ۵×۵ در قسمت زیرین نمونه قرار دارد نسبت به ساختارهای قرینه خود (مانند دو نمونه R۱۵۵ و R۵۵۱) اختلاف خیز کمتری بین دو جهت طولی و عرضی مشاهده می‌شود.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پروژه بررسی تأثیر ساختارهای مختلف پارچه‌های دوجداره حلقوی پودی بر روی خمشی کامپوزیت‌های ساندویچی چندلایه تقویت شده بوده و نتایج به دست آمده به قرار زیر است:

* نحوه لایه‌چینی به صورت تغییر ترتیب نمونه‌ها از حیث طولی یا عرضی قرار گرفتن آنها بر رفتار خمشی ساندویچ پل‌های کامپوزیتی تأثیرگذار است.

* نمونه‌ها در راستای طولی نسبت به راستای عرضی در خیز بیشتری به بیشینه نیرو می‌رسند.

* ساختارهای متشکل از ریب گیتینگ ۵×۵ خیز بیشتری نسبت به ریب گیتینگ ۱×۱ دارند.

* در میان ساختارهای دولایه متشکل از این دو بافت، زمانی که ریب گیتینگ ۵×۵ در لایه زیرین قرار می‌گیرد، خیز بیشتری را نسبت به زمانی ارائه می‌دهد که در لایه بالایی ساختار است.

* اختلاف بیشینه نیرو در حالت عرضی و طولی، در ریب گیتینگ ۵×۵ بیشتر است.

اما در نمونه‌های طولی به دلیل ساختار کماتی شکل پایل‌ها، با اعمال نیرو خود پایل خم شده و می‌شکند.

شکل ۳ نشان دهنده جهت‌گیری پایل‌ها در راستای طول و عرض است. نمونه عرضی نسبت به نمونه طولی دارای خیز کمتری تا پیک نیرو است.

علت این پدیده می‌تواند همان هندسه پایل در جهت طولی باشد که کمان بودنش خود باعث ایجاد خیز بیشتر می‌شود.

در حالی که ساختارهای عرضی به علت X شکل بودن پایل‌ها مانند دو ستون برای

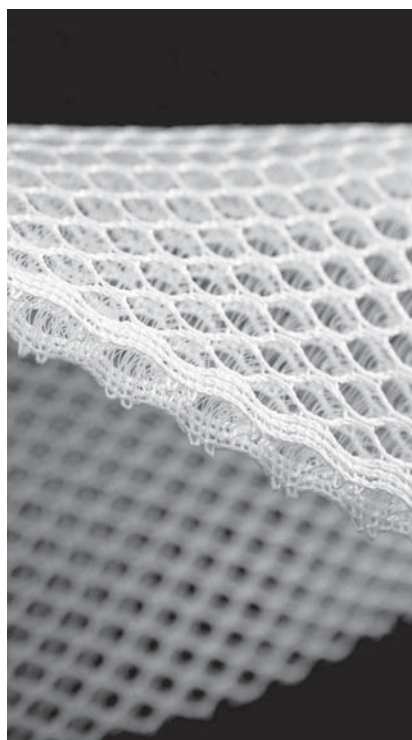
نمونه‌های R۵۱ و R۱۵ تنها در ترتیب قرارگیری ریب گیتینگ ۱×۱ و ریب گیتینگ ۵×۵ متفاوت هستند، اما مشاهده می‌شود که نمونه R۵۱ نسبت به نمونه R۱۵ نیروی کمتری را تحمل می‌کند.

رویه گفته شده در مورد نمونه‌های سه‌لایه نیز صادق است. با مقایسه دو ساختار R۱۵۵ و R۵۵۱ می‌توان تأثیرگذاری ریب گیتینگ ۵×۵ در لایه زیرین را به وضوح در ساختار دید. با قرارگیری ریب گیتینگ ۱×۱ در لایه زیرین، این اختلاف در بین دو نمونه طولی و عرضی بیشتر می‌شود.

آنچه حائز اهمیت است، آن است که لایه زیرین در ساندویچ پل‌ها تأثیر بسیار زیادی بر روی رفتار خمشی کامپوزیت دارد.

با مقایسه نمودار مربوط به ماکزیمم نیرو نیز می‌توان پی برد که در کامپوزیت‌هایی که ساختار ریب گیتینگ ۵×۵ بیشتر از ریب گیتینگ ۱×۱ وجود دارد، از لحاظ تحمل نیرو بهینه‌تر عمل می‌کنند و همچنین نمونه‌هایی که در آنها ریب گیتینگ ۵×۵ بیشتر از ریب گیتینگ ۱×۱ است، از لحاظ تحمل بیشینه نیرو رفتاری مشابه در جهت طول و عرض دارند. در نمونه‌های عرضی پایل‌ها ساختار X شکل داشته و همین ساختار باعث انتقال نیرو به صفحات می‌شود.

با این انتقال نیرو به صفحات هر لایه، تخریب ساختار به صورت جدا شدن صفحات بین دولایه و لایه‌لایه شدن آنها اتفاق می‌افتد.



پی‌نوشت:

۱- گروه تکنولوژی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر