

رفتار سوراخ شدن دینامیکی و استاتیکی پارچه‌های مرکب با الیاف کولار با قدرت بالای بازیافتی

پوریا نوروژ کرمانشاهی^۱، مریم محمدی^۲، حدیث سعادت‌زاده دودانلو^۳

چکیده

پارچه‌های ترکیبی مناسب از لحاظ اقتصادی و انعطاف‌پذیر بوسیله استفاده از پارچه‌های کولار و پارچه‌های شیشه‌ای آماده شد که به خوبی کولار بازیافتی، نایلون و پلی‌استر بی‌بافت که با دمای ذوب پایین از طریق سوراخ‌کن و فرآیندهای گرمایی تولید شده‌اند، می‌باشند. اثرات نسبت الیاف کولار، تعداد لایه‌ها، اتصالات ورقه‌ای بر مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی بطور کامل مورد مطالعه قرار گرفته است. یافته‌ها، نشان داد که افزایش نسبت الیاف نخ کولار مقاومت سوراخ شدن استاتیکی را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد، اما برش ورقه‌ای تأثیر قابل مشهودتری بر روی مقاومت سوراخ شدن دینامیکی ایجاد می‌کند. با 20% وزنی الیاف کولار بازیافتی، مقاومت سوراخ شدن استاتیکی رابطه خطی با تعداد لایه‌ها دارد. اما مقاومت سوراخ شدن دینامیکی نشان دهنده ی یک رابطه ی پارابولیک است. فشار تماسی و قدرت سایشی الیاف ترکیبی یک مقاومت سوراخ شدن استاتیکی می‌باشد ولی مکانیزم برای مقاومت سوراخ شدن دینامیکی به امتداد طول لایه‌های داخلی پارچه و تراکم پارچه‌های ترکیبی وابسته است. نخ‌های بی‌دوام - زودشکن مکانیسم اصلی مقاومت سوراخ شدن دینامیکی برای G-CF و جدایش لیف کشیده شده برای K-CF، در کنار فشار تماسی به پارچه‌های ترکیبی بود. بهبود هر دو مورد مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی مرتبط به مقاومت برشی الیاف کولار و فشردگی تجمع الیاف است. نسبتاً، خصوصیت مقاومت برشی الیاف کولار به رفتار سوراخ شدن دینامیکی به طور مشخصی مربوط است ولی به طور واضحی فشردگی الیاف بر مقاومت سوراخ شدن استاتیکی اثر می‌گذارد.

مقدمه

در مراحل اولیه، اجسام محکمی نظیر ورقه‌های فلزی، صفحات سرامیکی، یا فویل‌های تیتانیومی به لایه‌های داخلی لباس جنگی وارد می‌کردند تا در مقابل حمله سوراخ‌کننده‌ها مقاومت کنند. اما اینها بسیار پرحجم، غیرانعطاف‌پذیر و نامناسب برای پوشیدن بودند و در محیط‌های پلیسی و نظامی قابل استفاده نبودند. با اختراع پارچه کولار دوپونت، این الیاف که بسیار متراکم و با چگالی بالا بودند در لباس جنگی نرم بعد از چندلایه‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. اما به خاطر قیمت بالا آن بسیاری از محققین خود را ملزم به بهبود مقاومت پارچه در برابر سوراخ شدن بوسیله احیا پنجره ای که شامل باروری رزین و برش‌های نازک سیال پوشاننده می‌شد. اگرچه بارورسازی رزین باعث محکم شدن لباس جنگی، نفوذناپذیری هوا و کارائی بد پوشش می‌شد و برش نازک سیال پوشاننده بطور مخفیانه با مقاومت سوراخ شدن استاتیکی مخالفت می‌کرد. بنابراین هدف مطالعه‌ی ما آماده‌سازی یک پارچه انعطاف‌پذیر و دارای قابلیت تنفس هوا و از لحاظ اقتصادی مناسب است که خواص مقاومتی سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی را داشته باشد.

لباس جنگی برای محافظت از بدن که در برابر تهدیدات گلوله و اثرات اسلحه‌های تیز و برنده، چاقوها و مواد منفجره کاربرد دارد، مورد توجه دانشمندان و محققین قرار گرفته است. بسیاری از محققین بر روی مطالعه بر مقاومت بالستیک لباس جنگی تمرکز کرده‌اند که شامل موارد آزمایشی مانند: مدل‌های تحلیلی و شبیه‌سازی FEM و ترکیبات آنها می‌باشد. تقریباً مطالعات کمتری بر روی خواص مقاومتی سوراخ شدن کامپوزیت‌ها در سال گذشته صورت گرفته است. در تمام دنیا، اکثر کشورها در حال کنترل اسلحه‌ها برای جلوگیری از ایجاد جراحت فردی هستند. در همین زمان حمله‌ی سوراخ‌کننده‌ها با کنترل سلاح‌ها افزایش می‌یابد که ریسک بسیار بزرگی است. بعلاوه، گزارش شده است سلاح‌های سوراخ‌کننده نوک‌تیزتر و سطح تماس کمتری نسبت به گلوله با کامپوزیت دارند که محافظت و مقاومت در برابر سوراخ شدن را سخت‌تر می‌کند. بنابراین توجهات بیشتری از تمام دنیا به لباس جنگی مقاوم در برابر سوراخ شدن شده است.



جدول ۱: خواص فیزیکی - مکانیکی پارچه های شیشه و کولار

پارچه	ساختار	چگالی (IN)	بیشترین نیروی کشش (N)	امتداد طول (%)	کشسانی (GPa)
شیشه	مسطح	۲۶*۳۴	606.10a, 514.45b	5.26a, 3.18b	1.46a, 2.05b
کولار	مسطح	۲۸*۲۸	2627.52	۷,۰۰	۴,۷۶

است. بعد از ارزیابی استاتیک و دینامیک سوراخ شدن، اثرات جز ایاف کولار باز یافتی در سوراخ شدن مورد بحث و بررسی قرار گرفت سپس مقدار نسبت مخلوط ایاف تعیین شد.

۲- تولید پارچه مرکب

دو لایه از بی بافت ها و یک لایه از لایه داخلی پارچه (پارچه ی شیشه ای و کولار) با ۱۰ سوراخ در سانتی متر مربع به یکدیگر دوخته می شوند و یک پارچه مرکب یک لایه ای را شکل می دهند. سپس پارچه مرکب در دمای ۱۵۰°C در بین دو غلطک با فشردگی ۱/۵ mm و پرس کننده با ولوسیتی ۰/۵ m/min اتصالات گرمایی را شکل می دهند. بی بافت هایی با لایه داخلی پارچه های شیشه ای یا پارچه های کولار را به عنوان پارچه های مرکب شیشه ای (CF-G) می شناسند و پارچه های مرکب کولار را با (K-CF) نمایش می دهند که در شکل a1، b1 وجود دارد. تعداد لایه ها، موقعیت K-CF و برش ورق های داخلی بر رفتار سوراخ شدن دینامیکی و استاتیکی G-CF و K-CF تحقیق شد. برای فهمیدن اینکه آیا برش ورقه های داخلی بر رفتار سوراخ شدن پارچه های چند لایه اثر دارد یا نه، یک لایه آن K-CF و چهار لایه آن G-CF بود که زمانی که به یکدیگر با ظرافت ۱۰mm متصل شدند از پرس کننده داغ با دمای ۱۵۰°C برای ۵ دقیقه، بعنوان گروه کنترل کننده مورد بررسی قرار گرفت. ساختار کامپوزیت IK/4G در شکل ۱ رسم شده است. تمام نمونه ها و کدهای آنها در جدول ۲ بیان شده است.

آزمایش سوراخ شدن استاتیک و دینامیکی

آزمایش سوراخ شدن استاتیک بوسیله اینترون ۵۵۶۶ یونیورسال تیتسر (اینترون، ایالات متحده آمریکا)

بر اساس استاندارد ASTM F 05-1342 انجام گرفت. نمونه آزمایش A (استوانه ای با شعاع ۰.۲۵ mm و زاویه مخروطی ۲۶°) بر روی سلول بارگیری قرار گرفت و با سرعت ۵۰۸ mm/min انتقال انجام گرفت. این وسیله سوراخ کن در شکل ۳ نمایش داده شده است. نمونه ها ۱۰۰mm × ۱۰۰mm بودند و بین دو طرف دایره ای که دارای حفره ای با قطر ۱۰mm در مرکز شان بود قرار گرفته بودند. شش نمونه در هر گروه ای اندازه گیری شدند.

آزمایش سوراخ شدن دینامیکی توسط ماشین دراپ تاور (کمپانی گانگ ننگ مشینری، تایلند) که همراه با اطلاعات PCD300 A اکتساب شده (شرکت سانلین تایوان) بر اساس استاندارد NIJ انجام گرفت. وسیله آزمایش کننده در شکل ۲b نمایش داده شده است. برای بدست آوردن سطح محافظت E ۱ - E (انرژی فرو کردن) J24، میخ بزرگ (استوانه ای با شعاع ۰.۰۷ mm و زاویه مخروطی ۲۴°) که بار گزاری شده بود بوسیله ۲.۸ کیلوگرم از ارتفاع ۲۸۴ mm بر روس سطح نمونه ها برخورد

در بررسی های قبلی ما، پارامترهای فرآیندهای کولار بازیافتی، نایلون، PET بی بافت با دمای ذوب پایین را بررسی کرده ایم و آنها اثرات تقویت کردن پارچه در خواص مقاومت در برابر سوراخ شدن را تایید می کنند. هدف این مقاله استفاده از بی بافت ها می باشد که کامپوزیت های ایاف آنها همانند قبلشان است و لایه های داخلی پارچه برای ایجاد پارچه های مرکب انعطاف پذیر از طریق سوراخ کننده و فرآیندهای دمایی است. ایاف بی بافت به داخل فضاهای داخلی پارچه نفوذ می کنند و مقدار جزء ایاف را افزایش می دهند و ایاف PET با دمای ذوب پایین موقعیت عمومی نقاط اتصال ایاف و به طور همزمان حالت اصلی خود را حفظ کند و قابلیت راحتی کامپوزیت را افزایش می دهد. تحت تاثیر تقویت ظرافت و اتصالات دمایی، پارچه مرکب حاصل شده دارای مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی بسیار خوبی است. این کار حاضر بر اثرات ایاف کولار بازیافتی، برش های داخلی بر مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی پارچه های مرکب و مکانیزم مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی پارچه های مرکب تمرکز کرده است.

آزمایشگاهی

مواد خام

ایاف کولار بازیافتی با طول ۵۰-۶۰ mm که از گردباف یک جهتی حاصل می شود (از شرکت دوپونت آمریکا تهیه شده است)، نایلون ۶ توسط کمپانی تایوان کیمیکال فیبر تولید شده است، که باریکی آن ۶ دنیر و طول آن ۶۴ mm و کشش آن ۱۰g/d است. غلاف هسته ایاف PET با دمای ذوب پایینی که توسط شرکت هویس کیمیکال فیبر کره پیشنهاد شد ماده غلاف PET با دمای ذوب پایین در حدود ۱۱۰°C و هسته آن PET با دمای ذوب پایین در حدود ۲۶۵°C بود. پارچه های شیشه ای IN2600KN مرکب از D ۱۱۰۰ نخ شیشه ای که در شرکت جینسور- تک تایوان تولید شده بود. پارچه کولار EK ۱۰ ساخته شده از نخ های D ۱۵۰۰ که در شرکت فورموساترفتا تایوان تولید شده است. خواص پارچه های شیشه ای و کولار در جدول ۱ نمایش داده شده است.

آماده سازی پارچه های مرکب

۱- تولید بی بافت ها

کولار، نایلون، پلی استر با دمای ذوب پایین بی بافت از طریق فرآیندهای گشایش، مخلوط کردن، ورق ورق کردن، پیچیدن و سوراخ کردن تولید شده اند. وزن این بی بافت ها ۲۰۰±۱۰ g/m² و تراکشان ۱۰۰ سوراخ در سانتی متر مربع است. درجه مخلوط ایاف کولار باز یافتی و ایاف نایلون در بازه ای از ۰/۷، ۱۰/۶، ۱۵/۵۵ تا ۲۰/۵٪ وزنی است. و مقدار پلی استر با دمای ذوب پایین همانطور که مرجع آن بیان می کند ۳۰٪ وزنی



دومین دلیل: الیاف کولار عمودی کشسانی، مقاومت در برابر فشردگی و خاصیت ضد برشی بهتری نسبت الیاف نایلون ۶ دارد. بنابراین در فرآیند سوراخ شدن، عیوب پارچه‌های مخلوط در طول الیاف و نخ‌ها به سرعت منتقل می‌شود، و به طور همزمان ضربه‌ی سوراخ شدن به خاطر مقاومت برشی انجام می‌شود.

همانطور که در بالا گفته شد، استاتیک مقاومت در برابر سوراخ شدن

می‌کند. نمونه‌های 100×100 mm با گیره بین دو ظرف مربعی با یک حفره مرکزی با قطر ۴۰ mm در مرکز بسته می‌شوند و شش نمونه گروه بندی می‌شوند.

نتایج و بحث‌ها

۱- تاثیرات نسبت الیاف کولار باز یافتی

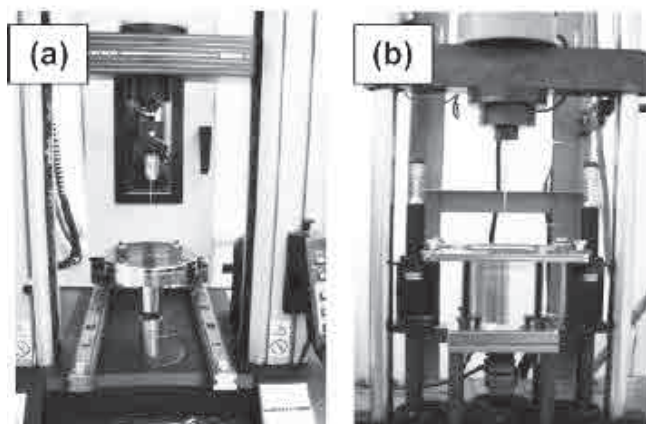
همانطور که در مرجع ۳۲ آمده است و مقاومت در برابر سوراخ شدن بوسیله نیروی مقاومت در برابر سوراخ شدن لایه‌های نازک وزنی تعریف می‌شود. که این جمله رابطه‌ی وزن و ظرفیت مواد را نشان می‌دهد. با افزایش الیاف کولار باز یافتی، تعداد نخ الیاف بی بافت تغییر می‌کند و بنابراین نازکی پارچه‌ها بسیار متنوع می‌شود. به عبارت دیگر نسبت الیاف کولار باز یافتی بر روی نازکی پارچه‌های حاصله تاثیر می‌گذارد. بنابر این در این مطالعه، مقاومت در برابر سوراخ شدن بوسیله‌ی نیروی مقاومت در برابر سوراخ شدن که از مقدار چگالی اسمی $N/(g/cm^3)$ مشتق شده است، برای نادیده گرفتن تاثیر ظرفیت بر خاصیت مقاومت در برابر سوراخ شدن آمده است.

شکل ۳ نشان دهنده‌ی مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی K-CF و G-CF به همراه افزایش الیاف کولار باز یافتی می‌باشد. در شکل ۳ نشان دهنده‌ی تقویت مقاومت در برابر سوراخ شدن با کولار باز یافتی بارگذاری شده برای هر دو G-CF و K-CF می‌باشد. اما این تقویت الیاف کولار مقاومت سوراخ شدن دینامیکی G-CF در مقایسه با مقاومت سوراخ شدن استاتیکی در شکل ۳ b خفیف تر است. بهبود مقاومت سوراخ شدن استاتیکی با الیاف کولار باز یافتی با دو دلیل قابل بیان است.

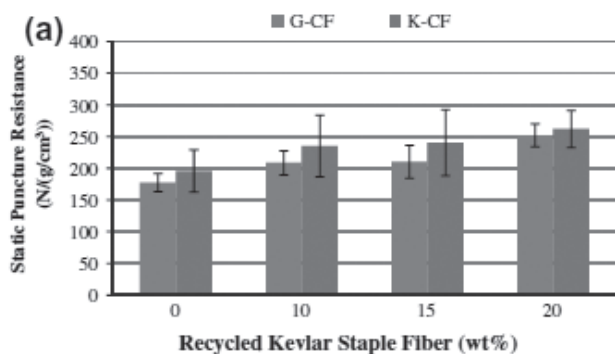
اولین دلیل: الیاف استاپل کولار D1,2 به طور حاشیه‌ای مناسب تر از الیاف نایلون ۶ است و بیشتر الیافی که در پارچه‌های مرکب بکار می‌روند در لایه وزنی یکسان با کولار باز یافتی افزایش می‌یابد. بنابراین چگالی الیاف پارچه‌های مرکب بهبود می‌یابد.

جدول ۲: کد نمونه‌ها و مشخصات آنها

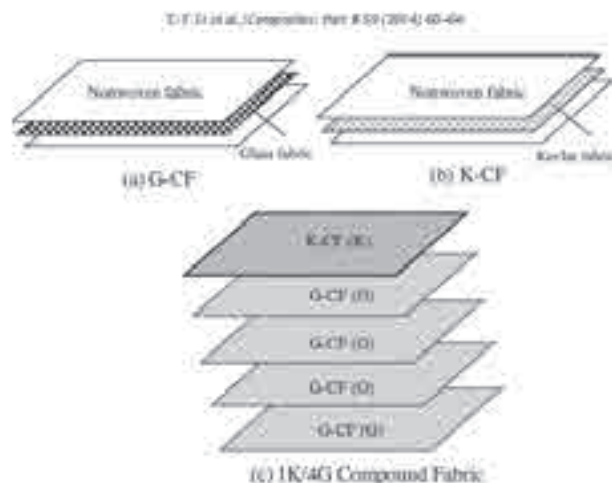
کد نمونه	تعداد کل لایه‌ها	تعداد لایه‌های CF-G	تعداد لایه‌های CF-K	موقعیت CF-K
5G	۵	۵	۰	---
5G	۵	۰	۵	1ST, 2ND, 3RD, 4TH, 5TH
1K/4G	۵	۴	۱	1ST
۱G/(1K/3G)	۵	۴	۱	2ND
2G/(1K/2G)	۵	۴	۱	3RD
4G/1K	۵	۴	۱	5TH



شکل ۲: ابزار سوراخ کن دینامیک و استاتیک



شکل ۳: استاتیک (a) و دینامیک (b) مقاومت در برابر سوراخ شدن یک لایه G-CF و نمودار ۳: الیاف استاپل کولار باز یافتی (۰، ۱۰، ۱۵، ۲۰ wt%).



شکل ۱: ساختمان (a) G-CF و (b) K-CF و 1K/4G پارچه مرکب با یک لایه K-CF و چهار لایه G-CF مخلوط شده است.



جدول ۳: خاصیت سوراخ شدن استاتیکی الیاف کولار تک لایه ای و الیاف شیشه ای

پارچه	مساحت وزن (g/m^2)	باریکی (mm)	نیروی استاتیکی سوراخ کن (N)	استاتیک مقاومت در برابر سوراخ شدن ($\text{N}/(\text{g}/\text{cm}^3)$)
کولار	۲۲۷	۰٫۳۲	0.083 ± 1.073	0.117 ± 1.512
شیشه	۳۲۸	۰٫۳۱	0.066 ± 5.177	0.627 ± 4.893

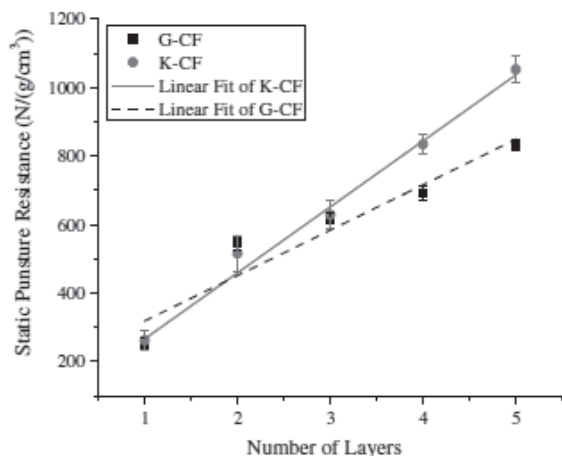
بیشتری نسبت به پارچه شیشه ای دارا می باشد. و بیشتر انرژی منتقل شده و انرژی برشی تولید شده برای مقاومت در برابر انرژی سوراخ کن بوده است آزمایشات استاندارد نشان دهنده ی مقاومت بالای K-CF نسبت به G-CF است. میتواند اینطور توضیح داده شود که پارچه کولار چگالی نخ پایین تری از پارچه شیشه ای دارد، و احتمال سوراخ شدن که تماس ضربه با لیف پارچه ی مخلوط است برای K-CF کمتر از G-CF بود.

تأثیرات تعداد لایه ها

همانطور که در بالا اشاره شد، نسبت الیاف کولار به طور چشمگیری به مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی G-CF مرتبط است. بنابراین زمانی که تعداد لایه ها افزایش می یابد، مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی G-CF با الیاف کولار بازیافتی مختلف که در بی بافتها حضور دارند در نمودار ۴ بیان شده است. از قرار معلوم، اگرچه الیاف کولار بازیافتی که در بی بافتها حضور دارند، مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی نشان دهنده ی یک افزایش با تعداد لایه ها می باشد.

زمانی که تعداد لایه ها به ۵ می رسد. G-CF با ۲۰٪ وزنی الیاف کولار بازیافتی دارای بیشترین استاتیک و دینامیک مقاومت در برابر سوراخ شدن با مقادیر $83.3 \text{ N}/(\text{g}/\text{cm}^3)$ و $158.9 \text{ N}/(\text{g}/\text{cm}^3)$ بود. وابستگی مقاومت سوراخ شدن استاتیکی با تعداد لایه ها در نمودار ۴a بیان شده است. و مقاومت سوراخ شدن دینامیکی در نمودار ۴b یک رابطه ی خطی با تعداد لایه ها زمانی که الیاف کولار بازیافتی از ۰٪ وزنی به ۱۵٪ وزنی افزایش یابد را نشان می دهد.

زمانی که الیاف کولار بازیافتی تا ۲۰٪ وزنی افزایش یابد روابط مناسب



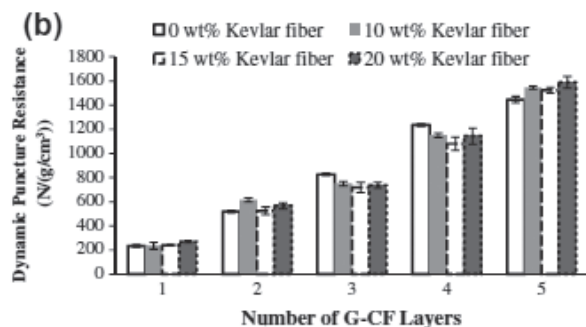
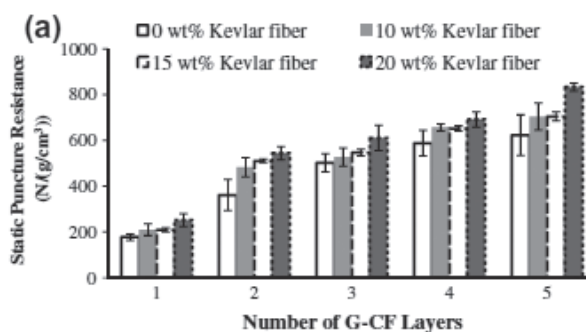
نمودار ۵: مقاومت سوراخ شدن استاتیکی G-CF و K-CF مرتبط با تعداد لایه ها. هر ترکیب با ۲۰٪ وزنی الیاف کولار مخلوط شده اند.

G-CF و K-CF با ۲۰٪ وزنی الیاف کولار تا ۴۱٫۸۷٪ و ۳۳٫۸۳٪ در مقایسه با ۰٪ وزنی الیاف بارگزاری شد.

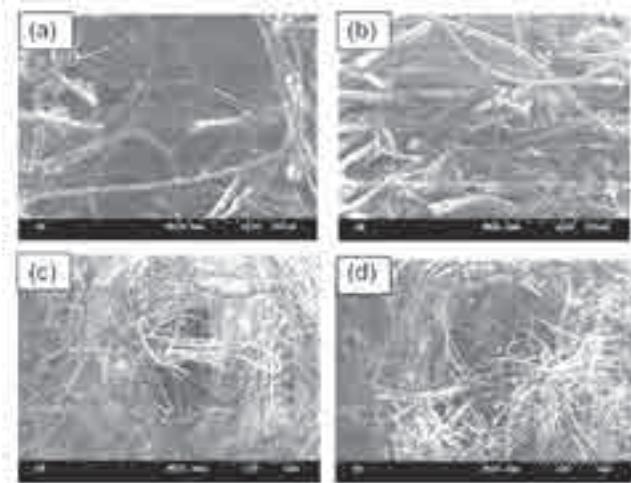
بهبود یافته است. همچنین این مورد کشف شده است که در یک رده ی وزنی یکسان، G-CF و K-CF با ۲۰٪ وزنی الیاف کولار دارای درجه بهبودی ۶۲ بار و ۳۲ بار برای مقاومت سوراخ شدن استاتیکی در پارچه های کولار و شیشه ای را دارا می باشند و در جدول ۳ بیان شده است. این نشان دهنده ی ساختار تقویت طرافت پارچه های مرکب است که تأثیر مثبتی بر خلاف رفتار سوراخ شدن شبه استاتیکی دارد.

برای K-CF، افزایش مقدار چگالی مقاومت در برابر بریده شدن و موج سرعت بالای سوراخ شدن الیاف عمودی کولار تأثیر ناچیزی بر مقاومت سوراخ شدن دینامیکی بعد از اعمال سوراخ شدن 24J دارد. بنابر این مقاومت سوراخ شدن دینامیکی بیانگر عدم تغییر با افزایش کولار بازیافتی همراه است و همانطور که در شکل 3b نشان داده شده است الیاف کولار بازیافتی تأثیرات ناچیزی بر مقاومت سوراخ شدن دینامیکی K-CF دارد.

نسبتاً، K-CF دارای مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی بالاتری نسبت به G-CF در نسبت یکسان از الیاف کولار بازیافتی دارد. این بخاطر این است که پارچه کولار مقاومت برشی بالاتر و سرعت موج



نمودار ۴: استاتیک (a) و دینامیک (b) مقاومت در برابر سوراخ شدن چند لایه ای (از ۱ تا ۵ لایه) G-CF با نسبت های متفاوت الیاف کولار بازیافتی



شکل ۹: مشاهدات سوراخ شدن استاتیکی در جهت نازکی (a) G-CF و (b) K-CF و مشاهدات سوراخ شدن دینامیکی در (c) G-CF و (d) K-CF.

دارای یک رابطه پارابولیک است. که بیانگر تاثیر مهم بر دینامیک مقاومت در برابر سوراخ شدن G-CF زمانی که دارای ۵ لایه و ۲۰٪ وزنی الیاف کولار بازیافتی می باشد. نازکی با تعداد لایه ها افزایش می یابد که این افزایش طول باعث نفوذ از طریق پارچه های مرکب و ایجاد شانس بیشتر در ایجاد تماس با پارچه مرکب می شود.

در فرآیند سوراخ شدن دینامیکی، ورقه ورقه شدن لایه های داخلی اتفاق می افتد و بدین ترتیب میخ سوراخ کن مسافت بیشتری نسبت بررسی استاتیکی در همان نازکی را می پیماید. تحت این شرایط، مقاومت سوراخ شدن دینامیکی یک رابطه پارابولیک با تعداد لایه ها از خود نشان می دهد.

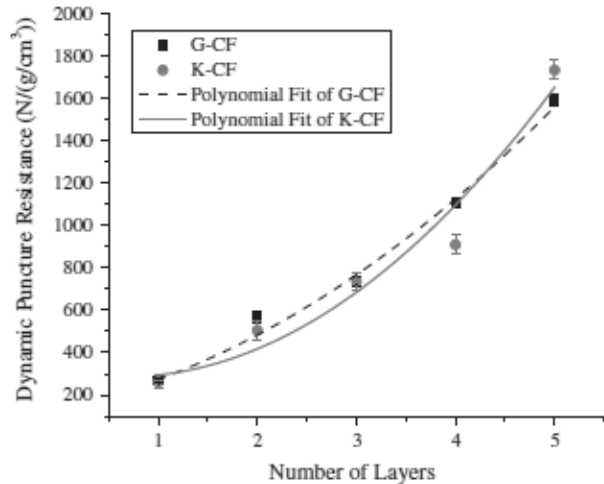
اگر ورقه های داخلی به طور مشهود بین پارچه های مرکب نباشند، یک رابطه ی خطی بین مقاومت سوراخ شدن دینامیکی و تعداد لایه ها وجود خواهد داشت. که شبیه به رابطه ی عمق سوراخ کن و تعداد لایه ها است که در مرجع ۳۵ گفته شده است.

در کنار استاتیک (Y_1) و دینامیک (Y_2)، ارتباط مقاومت در برابر سوراخ شدن K-CF با تعداد لایه ها در نمودار ۵ و ۶ بیان شده است و رابطه ی زیر بیان شده است.

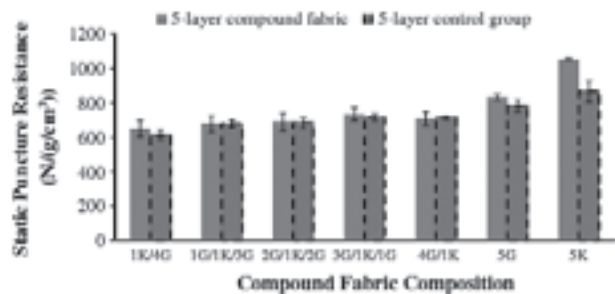
$$Y_1 = 73.90 + 192.59X$$

$$Y_2 = 315.24 - 92.95X + 72.04X^2$$

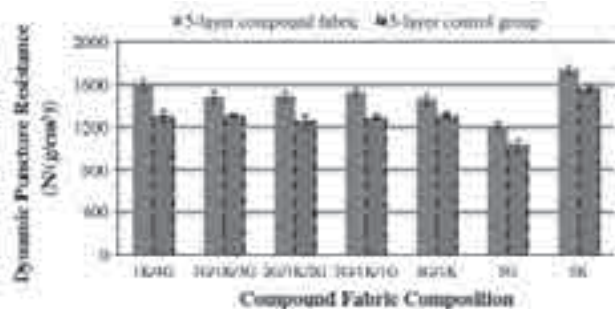
مقایسه بین دو معادله ۱ و ۳ نشان دهنده ی این است که K-CF دارای یک اسلوپ خطی بزرگتر نسبت به G-CF است و بیان می کند که تعداد لایه ها تاثیرات مهمی بر مقاومت سوراخ شدن استاتیکی دارد. اما از مقایسه معادله ۲ و ۴، بیانگر این نکته است که مقاومت سوراخ شدن دینامیکی K-CF دارای تغییرات سریع تری نسبت به G-CF با تعداد لایه ها ی برابر می باشد. و در ادامه G-CF زمانی که تعداد لایه ها از ۴ افزایش می یابد نمایانگر مقاومت سوراخ شدن دینامیکی بیشتری بود و K-CF بعد از اینکه تعداد لایه ها به ۵ رسید بزرگتر شد. همچنین



نمودار ۶: مقاومت سوراخ شدن دینامیکی G-CF و K-CF مرتبط با تعداد لایه ها. هر ترکیب با ۲۰٪ وزنی الیاف کولار مخلوط شده اند.



نمودار ۷: مقاومت سوراخ شدن استاتیکی پارچه مرکب ۵ لایه ای و گروه کنترلی با موقعیت های متفاوت K-CF. هر ترکیب با ۲۰٪ وزنی الیاف کولار مخلوط شده اند.



نمودار ۸: مقاومت سوراخ شدن دینامیکی پارچه مرکب ۵ لایه ای و گروه کنترلی با موقعیت های متفاوت K-CF. هر ترکیب با ۲۰٪ وزنی الیاف کولار مخلوط شده اند.

مقاومت سوراخ شدن استاتیکی (Y_1) و دینامیکی G-CF (Y_2) و تعداد لایه ها (X) در نمودار ۵ و ۶ بیان گردیده است.

$$Y_1 = 186.25 + 132.50X$$

$$Y_2 = 137.93 + 97.90X + 37.23X^2$$

همانطور که می بینید، مقاومت سوراخ شدن استاتیکی به صورت خطی با تعداد لایه ها افزایش می یابد اما مقاومت سوراخ شدن دینامیکی



سایش توده ی لیف مکانیسم اصلی برای مقاومت سوراخ شدن استاتیکی شده است. برای مقاومت سوراخ شدن دینامیکی شکستگی لیف شیشه ای در مرکز شکل ۹C پیداست. هرچند، این یک فرایند گشایشی است ولی شکستگی لیف در شکل ۹d نیست. که مربوط به این واقعیت است که لیاف کولار در پارچه دارای کشش بالا و امتداد طول بالاتری نسبت به لیاف شیشه ای هستند.

پارچه های شیشه ای در عوض دارای چگالی بالاتر و قدرت کمتری می باشند. این قابل مشاهده است که قدرت لیاف لایه های داخلی پارچه و فشردگی ترکیبات پارچه ها مکانیزم مقاومت سوراخ شدن دینامیکی اندازه گیری شده اند.

نتیجه گیری

این آزمایش با موفقیت توانست یک پارچه مرکب که از نظر اقتصادی به صرفه و انعطاف پذیر باشد را آماده کند که در مقابل حملات سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی مقاومت کند. اثرات لیاف کولار باز یافتی مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی را تحت تاثیر قرار می دهد. اثرات گرایش مرتبط با نوع پارچه می باشد. با لیاف کولار پایدار، تعداد لایه ها رابطه خطی با مقاومت سوراخ شدن استاتیکی اما همبستگی زیادی با مقاومت سوراخ شدن دینامیکی دارد. نتیجه نهایی این شد که برش های لایه های داخلی بر رابطه بین مقاومت در برابر سوراخ شدن و تعداد لایه ها اثر می گذارد. و تاثیر بسزایی بر مقاومت استاتیکی نسبت به دینامیکی دارند.

مقاومت برشی لیاف کولار و فشردگی توده لیاف هر دو مقاومت استاتیکی و دینامیکی بهبود یافته است. خاصیت مقاومت برشی لیاف با رفتار سوراخ شدن دینامیکی رابطه بسزایی دارد، اما فشردگی لیاف بر مقاومت سوراخ شدن استاتیکی به طور واضحی تاثیر میگذارد. فشار تماسی و قدرت سایش پارچه های مخلوط به بررسی پایداری در مقابل مقاومت سوراخ شدن استاتیکی بوده است.

اما مکانیزم برای مقاومت سوراخ شدن دینامیکی به امتداد لایه های داخلی و فشردگی ترکیبات وابسته است. به عنوان نتیجه دینامیک مکانیزم های متفاوت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی نشان داده شده است: بی دوامی نخ (پارچه های مرکب شیشه ای) یا جدا شدن لیاف (پارچه های مرکب کولار) در کنار فشار تماسی بین پارچه های مرکب و میله جراحی سوراخ کن.

این مطالعه تنها نتایج تحقیقات و آزمایشات مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی را نشان می دهد. در ادامه ما بطور مفصل بر روی قواعد مقاومت برشی و مقدار چگالی بر روی مقاومت در برابر سوراخ شدن پارچه های مرکب بحث خواهیم کرد.

منبع

Ting-Ting Li a, Rui Wanga, Ching-Wen Lou b, Jia-Hong Lin, Static and dynamic puncture behaviors of compound fabrics with recycled high-performance Kevlar fibers, Composites: Part B 59 (2014) 60–66

از نمودار ۵ و ۶ کشف شد که K-CF با ۵ لایه و ۲۰٪ وزنی لیاف کولار بازیافتی دارای استاتیک و دینامیک مقاومت در برابر سوراخ شدن بیشتری نسبت به G-CF است. اگرچه به آسانی این نسبت زمانی که پارچه های مرکب در بازه های ۱ تا ۴ لایه وجود دارند. به خاطر مقاومت برشی لیاف کولار به طور وسیعی باعث بهبود مقاومت سوراخ شدن استاتیکی که باعث بزرگتری نوک سوراخ کن و بنابر این مقاومت سوراخ شدن استاتیکی بالاتری برای K-CF می شود. اما مقاومت برشی لیاف کولار و چگالی پارچه های مرکب که به یکدیگر متصل هستند، در مقایسه با هم نتیجه ای جز آکی والان نزدیک به مقاومت سوراخ شدن دینامیکی برای G-CF و K-CF با یک تا چهار لایه ندارد. تفاوت بین مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی به مکانیزم سوراخ کن بستگی دارد. نیرو فشاری و قدرت اصطکاک پارچه های مرکب یک مخالفت در برابر خاصیت سوراخ شدن استاتیکی است. اما پارگی و لغزش لیاف وابسته به رفتار سوراخ شدن دینامیکی و فاکتور نفوذ به فشردگی لیاف مربوط است.

تاثیرات اتصالات ورقه های داخلی

برای فهمیدن تاثیرات لغزش ورقه های داخلی، مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی پارچه های ۵ لایه ای مخلوط شده از یک لایه G-CF و چهار لایه از K-CF در نمودار های ۷ و ۸ بیان گردیده است. پارچه های مرکب جدا شده مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی نسبت به گروه کنترلی شامل اثرات اتصالات داخلی بر روی مقاومت در برابر سوراخ شدن مثبت است. تفاوت در مقاومت سوراخ شدن استاتیکی و دینامیکی بین گروه کنترلی و پارچه مرکب بزرگتر از مقاومت سوراخ شدن استاتیکی نشان داده می شود. که این نشان دهنده ی برش ورقه های داخلی به طور واضحی بر روی خواص مقاومت سوراخ شدن دینامیکی اثر می گذارد. که به تمایل لیف مربوط است در شکل ۶ رسم شده است. زمانی که سوراخ شدن دینامیکی باعث فشرده شدن تاثیرات برش ورقه های داخلی می شود و لایه های داخلی فاصله بیشتری پیدا می کنند که این واقعیت را بیان می کند که ناحیه دینامیکی متضرر و غیر عادی به خوبی حالت عادی و منطقه ی آسیب استاتیکی مشاهده شدند. در شکل ۹ کشیده شده اند.

مقایسه بین دو موقعیت متفاوت K-CF، 1G/1K/3G پارچه مرکب دارایی بالاترین مقاومت سوراخ شدن استاتیکی. و واضح است که زمانی که K-CF در موقعیت پایین تری قرار گرفته است استاتیک بهتری دارد اما موقعیت بالاتر نشان دهنده ی مقاومت سوراخ شدن دینامیکی است. و نشان دهنده ی این نکته است که مقاومت برشی لیاف کولار بر مقاومت سوراخ شدن دینامیکی نسبت به استاتیک آن تاثیر می گذارد.

خسارات سوراخ شده مشاهده شده

شکل ۹a و ۹b مشاهدات توسط SEM جهت نازکی می باشند G-CF و K-CF بعد از آسیب سوراخ شدن استاتیکی است. کشش لیف جدا از هردو مشاهده G-CF و K-CF در SEM و مثل فشار تماسی و قدرت