



رفتار به هم فشردگی پارچه های تار جذاکننده بافته شده برای کاربرد لایه گذاری

مترجم: طلا تقوی

چکیده

مواد لایه‌ای در کل انرژی مکانیکی جنبشی را زیر عمل فشرده کردن در یک تنش نسبتاً ثابت بیش از دامنه زیادی از جابه جایی جذب می‌کنند. اگرچه، مواد لایه‌ای که امروزه به صورت گسترده استفاده می‌شود فوم‌های پلی‌یورتان با انتقال رطوبت پایین هستند. به عنوان دسته‌ای جدید از ساختارهای سه بعدی، پارچه‌های فضا دار تار نه تنها خاصیت انتقال حرارت بهتری از PU دارند، بلکه کارایی لایه‌ای مشابهی دارند اگر پارامترهای ساختاری مناسب به کار گرفته شود. این مقاله یک تحقیق آزمایشی روی رفتار به هم فشردگی پارچه‌های تار جذاکننده بافته شده که برای کاربرد لایه‌گذاری ساخته شده است، می‌باشد. این پارچه‌ها روی ماشین تار باف با میله‌های ۲ سوزنه در اندازه ۱۸ با پارامترهای مختلف ساختاری شامل زاویه خمیدگی نخ و ظرافت، ضخامت پارچه و ساختار لایه بیرونی، تولید شده‌اند. هر دو رفتار به هم فشردگی تنش-کرنش آنها و دیاگرام بازده انرژی از نتایج آزمایش کردن، برای تجزیه تحلیل رفتار فشردگی این پارچه‌ها و اثر هر پارامتر ساختاری، استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که پارچه‌های تار با فضا گروه خوبی از جاذب‌های انرژی برای کاربرد لایه‌ای هستند و ظرفیت جذب انرژی آنها به آسانی می‌تواند متناسب با نیاز استفاده نهایی با تغییر پارامترهای مختلف ساختاری با کمک منحنی‌های بازده، طراحی شود.

مقدمه

مواد لایه‌ای کردن برای پراکنده کردن انرژی جنبشی ضربه توده هنگامی که بیشترین بار (یا شتاب) را کمتر از حدودی نگه می‌دارد. آنها در کل انرژی جنبشی مکانیکی زیر عمل فشار در تنش نسبتاً ثابت را در دامنه جابه‌جایی بالا جذب می‌کنند. کار فشردن این نوع مواد مساوی انرژی جنبشی توده است که ممکن است روی آنها اصابت کند. اگر با جابه‌جایی وسیع و سطح مناسب تنش ثابت، به درستی طراحی شوند، مواد لایه‌ای می‌توانند عمده انرژی ضربه توده را جذب کند. بنابراین، به وسیله جذب انرژی ضربه جابه‌جایی افزایش یافته و تنش ثابت، شیء مورد محافظت، مجبور به تحمل یک ضربه با انرژی زیاد یا بار زیاد نیست که اگر توده مستقیماً روی آن باشد اتفاق می‌افتد.

تعدادی از مواد و ساختارها با مشخصات ذکر شده در بالا برای کاربرد لایه‌ای وجود دارد. کیسه‌های هوا، فیلم‌های حبابی، لایه‌هایی که الیاف آن لاستیکی شده و فوم‌های بر پایه پلیمری تنها تعداد کمی از مثال‌ها هستند. اگرچه، علی‌رغم خواص نویدبخش لایه‌ای و هزینه پایین، خاصیت راحتی فرعی، این مواد و ساختارها را نامناسب برای محافظت از بدن انسان کرده است.

پارچه‌های تار با فضا، ساختارهای منسوج ۳ بعدی هستند که شامل ۲ لایه جداگانه بیرونی که به هم متصل شدند با نخ‌های جداکننده، که تک فیلامنتی هستند. آنها روی ماشین Rasher ۲ سوزنه سرعت بالا تولید می‌شوند و ۳ اصل آنها، یعنی لایه بیرونی پارچه و نخ جداکننده، با هم در یک فرآیند با دامنه تفاوت وسیع در ساختار بافته می‌شوند. عبارت دیگر، مواد معمولاً برای پارچه‌های فضا دار استفاده می‌شود، پلی‌استر تک فیلامنت و چند فیلامنت است، که محصول تجاری شده با قیمت پایین است. هزینه پایین، تولید بالا، دامنه تفاوت وسیع در ساختار پارچه‌های تار جذاکننده، آنها را برای کاربردهای مختلف جذاب کرده است. به خصوص، ترکیبی از تراکم عرضی و نفوذپذیری بالا

این نوع پارچه را برای لباس‌های چندمنظوره و کاربردهای تکنیکی، مناسب کرده است. برخی تلاش‌ها برای تشخیص خواص تراکم پارچه‌های تار جذاکننده انجام شده و بیشتر این خواص گزارش داده‌اند که رابطه کلی تراکم جابه‌جایی بار در این پارچه‌ها می‌تواند به ۳ مرحله تقسیم می‌شود، که الاستیسیته خطی، ثبات پلاستیکی و فشرده شدن. این رفتار عمومی است که با مواد لایه‌ای در تراکم مورد نیاز است. در نتایج منتشر شده، بار نسبتاً ثابت در مرحله پلاستیک ثابت، بررسی شده است. این نتایج ثابت می‌کند که پارچه‌های تار جذاکننده گروه جدید از مواد انتخابی جایگزین برای کاربرد لایه‌ای هستند. اگرچه، مرحله ثابت قابلیت توجه نیست و ناحیه ثابت (فلاتی) گزارش شده، بسیار کوتاه است. به عبارت دیگر، انرژی کل جذب شده در ناحیه فلات با این پارچه‌ها گزارش شده، برای معرفی آنها به عنوان مواد لایه‌ای خوب، نیست. این مقاله تحقیق روی رفتار فشردگی پارچه تار جذاکننده را بررسی می‌کند که برای کاربرد لایه‌ای توسعه یافته است. با تلاش برای گسترش ناحیه فلات و کنترل سطح بار در ناحیه فلات، یک سری پارچه‌های تار جذاکننده روی ماشین بافندگی ۲ سوزنه تار با درجه ۱۸ با پارامترهای مختلف ساختاری شامل زاویه خمیدگی نخ و ظرافت، ضخامت و ساختار خارجی نخ، تولید شده است. انتظار می‌رود که یک تصویر واضح برای طراحی پارچه تار فضا دار با خواصیت نویدبخش می‌تواند از این مقاله تولید شود.

آزمایشات

۱۲ نمونه پارچه تار جذاکننده برای تحقیق استفاده شد. آنها روی ماشین پر سرعت ۲ سوزنه GE296 Raschel با نخ راهنمای ۶تایی، تولید شده‌اند (Wuyang Warp Knitting Machine Ltd Changzhou, Jiangsu, China.) (gauge=18, زیرا مولتی فیلامنت 300D/96F برای ایجاد اتصال در ساختار در



می‌دهد. برای آسان کردن تجزیه تحلیل رفتار به هم فشردگی پارچه، فرآیند فشردگی به ۴ مرحله متفاوت تقسیم شده است: مرحله آغازی (stage I)، مرحله الاستیک (stage II)، مرحله فلات (stage III) و مرحله تراکم شدن (stage IV)، با توجه به تغییرات در شیب منحنی، در مرحله آغازی، به علت به هم فشردگی سست لایه‌های خارجی و محدودیت کم تاثیر برای مونوفیلامنت، شیب کمتری مشاهده می‌شود. زیرا هرمولتی فیلامنت سست که در این مرحله به مونو فیلامنت بخیه زده می‌شود، نمی‌تواند محکم مونوفیلامنت را محدود کند، سرخوردن آرام مونوفیلامنت در لایه‌های خارجی اتفاق می‌افتد. اگرچه، وقتی پارچه در مرحله ۲ بیشتر فشرده می‌شود، تمام مولتی فیلامنت‌های به هم بخیه خورده به یک میکروساختار بسته تبدیل می‌شوند. در این مرحله، مونوفیلامنت‌ها در مقیاس بالاتری به هم قلاب می‌شوند و بهتر با مولتی فیلامنت‌های به هم بخیه خورده بسته می‌شوند. در نتیجه یک افزایش سریع از تنش فشردگی که آن یک رفتار سفت‌تر در پارچه است، مشاهده می‌شود. یک تنش تقریباً ثابت در مرحله ۳ بدست آمده است. مکانیسم تغییر شکل پارچه در این مرحله بسیار پیچیده است، که می‌تواند تحت تاثیر به هم قلاب شدن، چرخیدن، پارگی و تماس بینی مونوفیلامنت‌ها و همینطور تماس مونوفیلامنت‌ها با لایه خارجی باشد. مهمترین فاکتور مؤثر برای تنش نسبتاً ثابت می‌تواند تماس بینابینی مونوفیلامنت‌ها باشد، که موقعیت مرزی در انتهای تماس آنها با لایه‌های خارجی، ثابت نیست. فشردگی در مرحله ۴، یک افزایش سریع را در تنش به علت تراکم سریع کل پارچه نشان می‌دهد. در این مرحله، مونوفیلامنت‌ها در ظرف فرورویختگی پارچه و تماس با هم و بنابراین سفتی بسیار بالا، بدست می‌آیند.

تجزیه تحلیل بالا نشان می‌دهد که پارچه جداکننده اثر لایه خوبی دارد، زیرا یک تنش فشردگی ثابت در مرحله ۳ بدست می‌آید تا زمانی که یک جابه‌جایی ۳/۶ میلی‌متری اتفاق می‌افتد، که فراتر از نیمی از ضخامت اولیه (۷/۵۲ mm) پارچه است و به کرنش تقریباً ۵۰ درصد مربوط می‌شود. این رفتار تنها نیاز برای یک جاذب انرژی ایده‌آل می‌باشد. از مرحله آغازی ۱ تا انتهای مرحله ۳، ناحیه زیرمنحنی انرژی جذب شده توسط پارچه در تنش تقریباً ثابت را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که آزمایش فشردگی در نرخ کرنش خیلی پایین (۱۲mm/min) انجام می‌شود. با اینکه پارچه رفتار مشابهی در نرخ کرنش‌های بالاتر زیر ضربه نخواهد داشت، انرژی جذب شده در کرنش پایین هنوز می‌تواند به عنوان مرجع خوب برای بهینه ساختن رفتار پارچه‌های

فرآیند بافندگی GB1، GB2 برای لایه خارجی بالایی و GB5، GB6 برای لایه خارجی انتهایی، مونوفیلامنت پلی استر از ۰.۲ میلی متر در قطر در نخ جدا کننده و فضا دار استفاده شده تا دو لایه خارجی را در GB3 و GB4 به هم متصل کند. چهار ساختار مختلف locknit، chain+inlay، لوزی و شش ضلعی برای بافتن لایه خارجی با زاویه خمیدگی متفاوت استفاده شده است، نکات زنجیره‌ای برای هر کدام از این ساختارها برای هر حرکت در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به ساختارهای مختلف لایه بیرونی، حرکت پیش مختلف میله راهنمای نخ جداکننده و ضخامت پارچه‌های متفاوت، ۱۱ نمونه پارچه جداکننده تولید شد. با یک نمونه اضافی با نخ ظریف‌تر جداکننده (۰.۱۶ میلی‌متر در قطر)، کل ۱۲ نمونه پارچه جداکننده، در این تحقیق استفاده شده است. جزئیات پارچه‌های نمونه در جدول ۳ لیست شده است. تراکم کوک در طول بافندگی بدون تغییر باقی ماند و 10course/cm تنظیم شد.

آزمایش به هم فشردگی

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، نمونه‌های پارچه‌های جداکننده روی یک وسیله INSTRON555 تنظیم شده با ۲ دوره صفحه فشار در ۱۵۰ میلی‌متر در قطر با توجه به تست استاندارد برای خواص لاستیکی در فشار ASTM D 575، مورد آزمایش قرار گرفت. اندازه تمام نمونه‌ها ۱۰۰mm×۱۰۰mm بود. آزمایش به هم فشردگی در سرعت ۱۲mm/min تا تغییر شکل ۸۰ درصد از ضخامت اولیه هر پارچه در محیطی با ۶۵ درصد رطوبت نسبی و ۲۰ درجه سانتیگراد انجام شد. هر نمونه تحت ۲ موقعیت آزمایشی مورد آزمایش قرار گرفت: یا نمونه به سادگی روی صفحه ثابت قرار گرفته یا دو سطح از نمونه با استفاده از چسب دو طرفه برای جلوگیری از حرکت لایه خارجی به صفحه چسبیده بود. ۵ آزمایش برای هر نمونه تحت هر کدام از شرایط انجام شد. هر منحنی تنش - کرنش فشردگی میانگینی از نتایج ۵ آزمایش می‌باشد. در یافتیم که هیچ اختلاف واضحی بین نتایج در ۲ شرایط آزمایش وجود ندارد، جز برای نمونه S2. بنابراین، برای نمونه‌های دیگر، تنها نتایج در این تحقیق بدون چسباندن نمونه‌ها به صفحات نشان داده شد.

نتایج و بحث

رابطه رفتار تنش کرنش فشردگی و لایه‌ای

شکل ۲ منحنی معمول تنش کرنش از یک پارچه جداکننده نمونه (S1) را نشان

Structure	GB1/GB6	GB2/GB5	Threading
Locknit (L)	1-0 0-0/3-2 3-3//	2-1 1-1/ 1-0 0-0//	Full
Chain+ inlay (CI)	0-0 0-0/ 5-5 5-5//	1-0 0-0/ 1-0 0-0//	Full
Rhombic mesh (RM)	1-0 0-0/1-2 2-2/2-3 3-3/2-1 1-1//	2-3 3-3/2-1 1-1/1-0 0-0/ 1-2 2-2//	1 full 1 empty
Hexagonal mesh (HM)	(1-1 1-0/ 3-3 3-2)×3/(4-4 5-4 /3-3 3-2)×3//	(4-4 5-4/3-3 3-2)×3/(1-1 1-0/3-3 3-2)×3//	2 full 2 empty

Lapping	GB3	GB4	Threading
I	1-0 2-1/2-1 1-0//	2-1 1-0/1-0 2-1//	1 full 1 empty
II	1-0 3-2/3-2 1-0//	3-2 1-0/1-0 3-2//	1 full 1 empty
III	1-0 4-3/4-3 1-0//	4-3 1-0/1-0 4-3//	1 full 1 empty



رفتار جذب انرژی پارچه جداکننده را نشان دهد، استفاده از نمودار جذب انرژی برای درک بهتر رفتار لایه‌های پارچه جداکننده مفیدتر است. نمودار جذب انرژی با رسم کردن انرژی جذب شده در واحد W به عنوان تابع تنش بدست آمده است. انرژی جذب شده در واحد حجم ناحیه زیر نمودار تنش کرنش است که طبق معادله ۱ زیر محاسبه می‌شود.

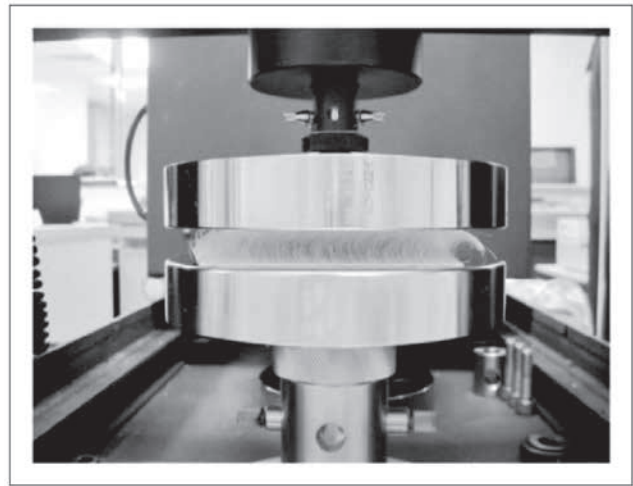
$$W = \int_0^{\epsilon} \sigma(\epsilon) d\epsilon \quad (1)$$

چون تابع موردنیاز برای مواد لایه‌ای، باید بیشترین انرژی تولید شده در حین ضربه را جذب کند و نیرویی کمتر از حجم مجاز را انتقال دهد، مواد ایده‌آل می‌تواند به عنوان آنچه که نیروی مجاز ثابت را به شیء مورد محافظت بیشتر از نرخ کرنش فشار انتقال می‌دهد، تعریف شود. اگرچه، تولید چنین مواد لایه‌ای غیر ممکن است و مواد واقعی در کل نمودار تنش کرنش مانند شکل ۲ را دارند. به منظور درک بهتر ظرفیت جذب انرژی مواد لایه‌ای، بازده جذب انرژی E برای فرایند جذب انرژی می‌تواند استفاده شود. بازده جذب انرژی E به عنوان سرعت انرژی جذب شده به کرنش داده شده و انرژی جذب شده با مواد لایه‌ای ایده‌آل که همان مقدار تنش ثابت از همان مقدار کرنش را انتقال می‌دهد تعریف می‌شود. رسم بازده به عنوان تابع تنش برای بدست آوردن شاخص کارایی بهینه، مفید است. بازده E با معادله ۲ نشان داده شده است.

$$E = \frac{Ah \int_0^{\epsilon} \sigma(\epsilon) d\epsilon}{Ah\sigma} = \frac{\int_0^{\epsilon} \sigma(\epsilon) d\epsilon}{\sigma} \quad (2)$$

که A و h نواحی و ضخامت مواد لایه‌ای هستند، σ تنش در کرنش ϵ ، هر دو منحنی انرژی تنشی جذب شده و تنش بازده نمونه SI در شکل ۳ نشان داده شدند. انرژی جذب شده به صورت متعادل با تنش از ابتدای فشردگی افزایش می‌یابد. اگرچه، زمانی که تنش به ناحیه فلات می‌رسد، یک افزایش زیاد از انرژی جذب شده مشاهده می‌شود، اگرچه تنش تقریباً در این مرحله ثابت می‌ماند. بعد از آن، انرژی جذب شده با بالا رفتن سریع تنش، به آرامی افزایش می‌یابد. از منحنی انرژی جذب شده-تنش در پارچه برای، آسان است که تنش مرتبط در پارچه را برای مقداری از انرژی که باید جذب شود را تعیین کرد و بنابراین به آسانی می‌شود پارچه مناسب را انتخاب کرد یا کارایی پارچه را برای کاربرد خاص بهینه کرد که مقدار انرژی که باید جذب شود و سطح تنش مجاز از قبل تعریف شده باشد.

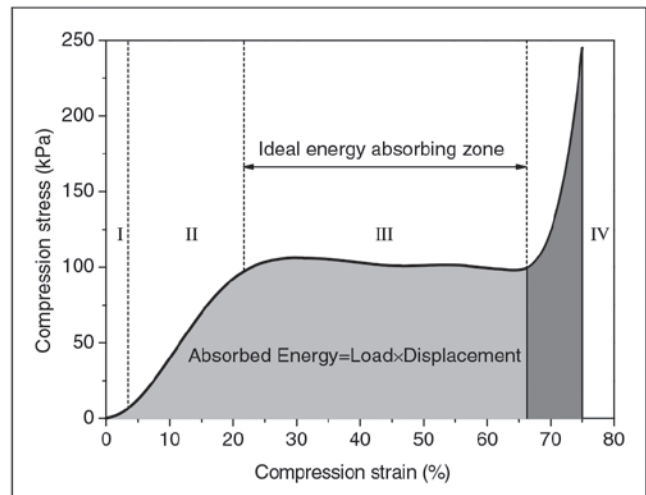
برای منحنی بازده-تنش، همین تمایل مشاهده می‌شود تا هنگامی که مرحله تراکم شده آغاز می‌شود. حداکثر بازده انرژی جذب شده در انتهای مرحله فلات بدست می‌آید. بعد از این نقطه، بازده انرژی شروع به کاهش می‌کند زیرا چگالی پارچه به دلیل تراکم ساختار، به سرعت افزایش می‌یابد. نقطه در حداکثر بازده جذب انرژی، می‌تواند به عنوان نقطه بحرانی بین ناحیه فلات و ناحیه تراکم مورد توجه قرار گیرد. در این تحقیق، این نقطه برای تعریف تنش فلات استفاده شده، که با تقسیم بار فلات به ناحیه نمونه‌ها محاسبه می‌شود. برای درک بهتر ارتباط بین بازده جذب انرژی و تنش، حداصل جذب انرژی در واحد حجم، با ضرب E و تنش محاسبه می‌شود: E_p ، که در شکل ۳



جداکننده تار باشد، زیرا نسبتاً با انرژی جنبشی جذب شده توده که روی پارچه ضربه می‌زد، مساوی است. لازم به ذکر است که مواد جاذب انرژی باید انرژی ضربه را پراکنده کنند، اما بار را زیر حد مجاز نگه دارند. بنابراین، ۲ معیار باید مورد توجه قرار گیرد. یکی مقدار انرژی لازم برای جذب توسط شیء ضربه‌خورده و دیگری تنش با ناحیه ضربه خاص که مجاز است. همانطور که در شکل ۲ می‌بینیم، انرژی جذب شده توسط پارچه در مرحله تراکم‌سازی کم است، اما تنش به شدت افزایش می‌یابد. در این موقعیت، برای کاربرد خاص، ترجیح داده می‌شود که پارچه تمام انرژی را قبل از رسیدن به مرحله تراکم‌سازی پراکنده کند تا از تنش‌های افزایش یافته‌ی غیرقابل پیش‌بینی در این مرحله جلوگیری کند. به علاوه، لازم است تا مطمئن شویم تنش در ناحیه فلات در پارچه کمتر از تنش حداکثر مجاز برای محافظت از شیء می‌باشد. بنابراین، مقدار انرژی جذب شده قبل از مرحله تراکم‌سازی و میزان تنش در مرحله فلات، باید ۲ پارامتری باشند تا برای پارچه تار جداکننده بهینه باشد و نیازهای خاص استفاده نهایی را رفع کنند.

نمودار جذب انرژی

آنالیزهای بالا نشان می‌دهد که تعیین انرژی که توسط پارچه جداکننده زیر فشار جذب می‌شود مهم است. اگرچه منحنی تنش کرنش مستقیماً می‌تواند



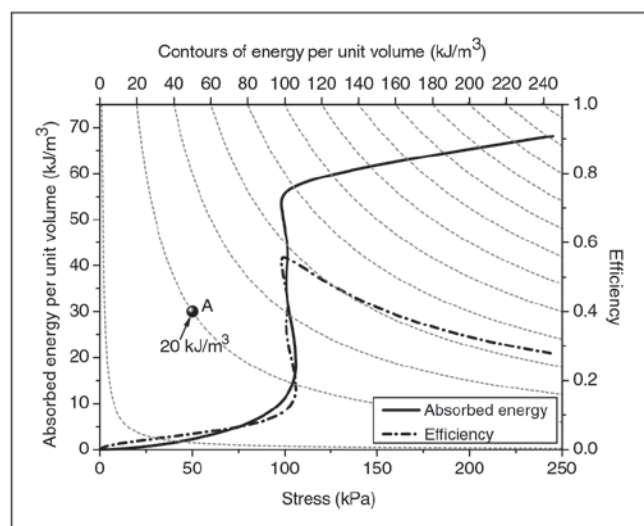


Fabrics	Top outer layer	Spacer layer	Bottom outer layer	Thickness (mm)	Areal density (g/m ²)	Bulk density (kg/m ³)	Stitches/cm ²
S1	L	II	L	7.52 ± 0.06	1008.29 ± 10.68	134.08 ± 1.42	41.15
S2	CI	I	CI	7.57 ± 0.08	900.11 ± 9.01	118.87 ± 1.19	37.95
S3	CI	II	CI	7.59 ± 0.10	901.75 ± 14.58	118.84 ± 1.92	37.26
S4	CI	III	CI	7.40 ± 0.06	923.20 ± 8.44	124.76 ± 1.14	37.95
S5	CI	II	CI	5.64 ± 0.03	790.63 ± 14.51	140.08 ± 2.57	34.98
S6	CI	II	CI	8.45 ± 0.09	1022.08 ± 13.38	120.96 ± 1.58	43.50
S7	CI	II	CI	10.62 ± 0.10	1010.42 ± 8.83	95.14 ± 0.83	37.95
S8	RM	II	CI	7.20 ± 0.05	830.05 ± 11.53	115.22 ± 1.60	39.33
S9	RM	II	RM	7.76 ± 0.06	907.24 ± 17.07	116.91 ± 2.20	51.10
S10	HM	II	CI	7.56 ± 0.08	812.70 ± 6.61	107.50 ± 0.87	37.95
S11	HM	II	HM	7.62 ± 0.06	724.82 ± 8.34	95.17 ± 1.10	38.86
S12	CI	III	CI	7.06 ± 0.09	746.53 ± 6.81	105.68 ± 0.96	39.44

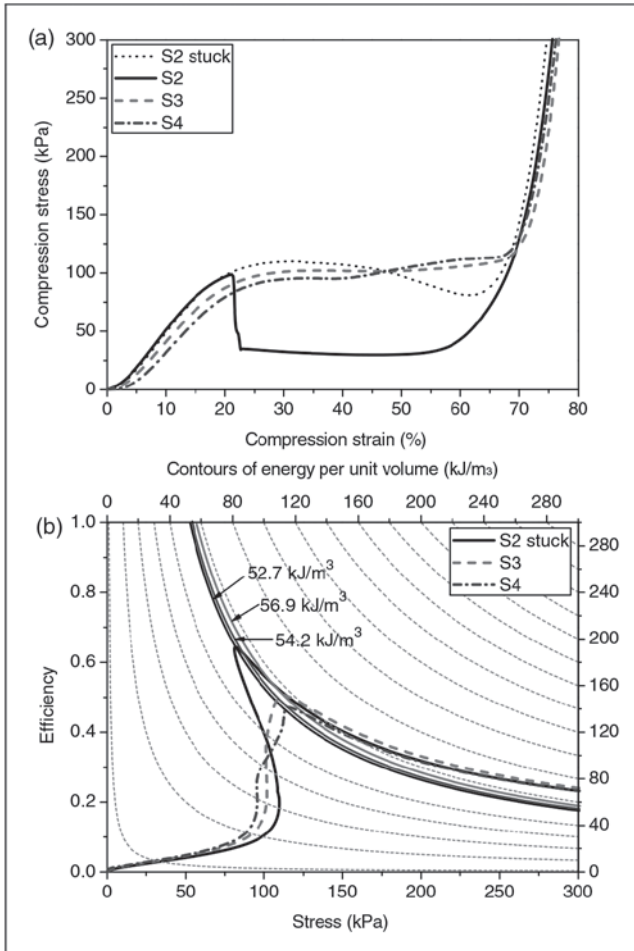
مطالعه مقایسه استفاده شده است. این پارچه‌ها ساختار لایه خارجی یکسانی دارند (نوع CI). در همین زمان، پارامترهای دیگر آنها یکسان است (جدول ۳). عکس‌های میکروسکوپی مقطع عرضی این سه پارچه از سمت walewise در شکل ۴ نشان داده شده است. به دلیل اینکه زاویه شکل گرفته بین لایه خارجی و نخ مورب جداکننده ۸۴/۱۴ و ۶۷/۸۵ و ۵۲/۵۸ درجه می‌باشد، به ترتیب، برای S2, S3, S4 زاویه بین لایه خارجی و نخ جداکننده مورب ۷۶/۳۴ و ۶۶/۸۷ و ۵۶/۴۵ می‌باشد، به ترتیب برای همان پارچه. این تفاوت‌ها از اشکال در تولید پارچه با نخ جداکننده دقیقاً متقارن در فرایند تولید و تکمیل پیچیده سرچشمه می‌گیرد. زاویه خمیدگی نخ با افزایش تعداد سوزن‌ها کاهش می‌یابد. بیشترین تفاوت در زاویه خمیدگی نخ بین نخ جداکننده مورب چپ و راست در نمونه S2 مشاهده شد که ۷/۸ درجه بود. این اختلاف زیاد در زاویه نخ جداکننده نخ S2 را در ساختار پارچه نامتقارن و نامتعادل می‌کند، که باعث بریده شدن دو لایه خارجی در طول جهت COURSEWISE زیر فشار می‌شود. در نتیجه منحنی تنش-کرنش فشار در S2 یک افت شدید در ناحیه فلات دارد، که در شکل ۵ نشان داده شد. برای جلوگیری از اثر بریدگی، سطح لایه خارجی قبل از آزمایش به صفحه فشاردهنده چسبانده شد. نتایج در این شرایط نیز در شکل 5a نشان داده شد. همانطور که انتظار می‌رود، افت شدید ناپدید می‌شود. منحنی برای نمونه‌های S3 و S4 در شکل ۵ بری مقایسه نشان داده شده است. مقاومت در برابر فشار در پارچه جداکننده در مرحله آغازی و الاستیک، با کاهش زاویه خمیدگی نخ جداکننده کاهش می‌یابد. اگرچه، بعد از آنکه کرنش به حدود ۴۷/۵ درصد می‌رسد، موقعیت برعکس می‌شود. از این نقطه تا انتهای نقطه ناحیه فلات، تنش نمونه S2 کاهش واضحی دارد، اما نمونه S4 کاهش کمی دارد. تنش نمونه S3 تقریباً ثابت می‌ماند. نمودار بازده که منحنی بازده-تنش است و خطوط انرژی جذب شده در واحد حجم در شکل 5b نشان داده شده است. بیشترین بازده از کل این سه پارچه کمتر از ۰/۷ می‌باشد، که با کاهش زاویه خمیدگی نخ کاهش می‌یابد. در سطح انرژی کمتر از حدود ۳۵ کیلوژول بر مترمکعب، نمونه S4 بیشترین بازده را دارد و بنابراین کمترین تنش برای انرژی داده شده را دارد. اگرچه بعد از این سطح تنش، بازده معکوس می‌شود. رفتار نمونه S2 برعکس نمونه S4 است. نمونه S3

نشان داده شده است. برای مثال، نقطه A روی خط از ۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب، از ضرب تنش ۵۰ کیلوپاسکال و بازده ۰/۴ می‌باشد. از این ناحیه، می‌توان مشاهده کرد که برای تنش داده شده، منحنی بالاتر بازده تنش جذب انرژی بالاتری دارد. درحالی‌که منحنی جذب انرژی می‌تواند به طور مستقیم نقطه حداکثر بازده را نشان دهد، خط انرژی جذب شده در واحد حجم به صورت واضح مقدار انرژی در این نقطه را نشان می‌دهد. بعلاوه، هر دو نمودار بازده-تنش و خطوط جذب انرژی می‌تواند برای تشخیص محدوده کار ترجیح داده شده پارچه مفید باشد. بنابراین، برای تجویز مقدار انرژی که باید جذب شود، کارایی لایه‌ای برای پارچه جداکننده باید به عنوان سطح تنش پایین‌تر اما بازده بالاتر باشد. زیرا نمودار انرژی شامل منحنی انرژی بازده می‌باشد و خطوط انرژی جذب شده به راحتی قابل استفاده است و مفهوم پایه دارد. در این تحقیق استفاده شده تا اثرات پارامترهای مختلف ساختاری شامل زاویه خمیدگی نخ جداکننده و ظرافت، ضخامت پارچه و ساختار لایه خارجی را روی رفتار فشردگی پارچه جداکننده تازی برای کاربرد لایه‌ای را مشخص کند.

اثر زاویه خمیدگی نخ جداکننده



شکل ۳. منحنی‌های معمول تنش کرنش و تنش بازده در پارچه جداکننده

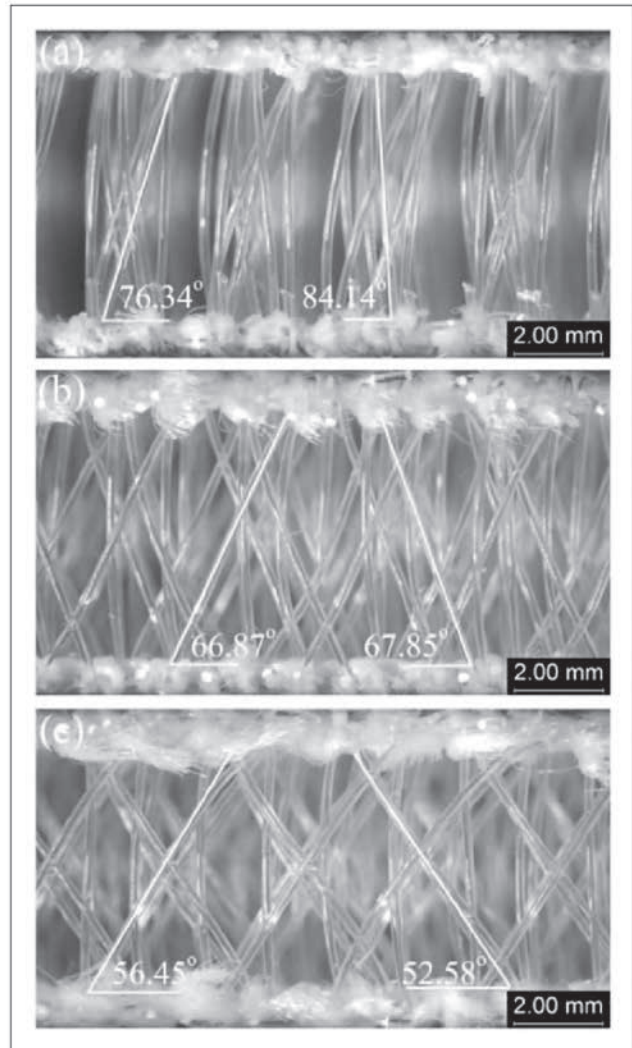


شکل ۵. اثر زاویه خمیدگی نخ جداکننده روی رفتار فشردگی: **a** منحنی تنش کرنش **b** نمودار بازده

فلات طولانی‌تر و پایین‌تری مشاهده می‌شود. نمودار بازده در شکل ۶b نشان داده شده است. می‌توان دید که پارچه ضخیم‌تر قادر است معینی از انرژی را در تغییر شکل بیشتر جذب کند اما در سطح تنش کمتر، به علت فلات با مقدار کمتر. در مقایسه، پارچه نازک‌تر همان مقدار انرژی را در تغییر شکل کمتر اما سطح تنش بیشتر جذب می‌کند. بعلاوه، پارچه ضخیم‌تر به نقطه بازده حداکثر خود در سطح تنش و انرژی پایین‌تر می‌رسد، درحالی‌که پارچه نازک‌تر به بازده حداکثر خود در سطح تنش و انرژی پایین‌تر می‌رسد. در این موقعیت‌ها، پارچه‌ها با ضخامت مختلف دامنه کاربردهای متفاوتی دارند و مناسب برای مقایسه مستقیم نیستند. ضخامت پارچه باید با توجه به مقدار انرژی که باید جذب شود و سطح تنش مجاز، انتخاب شود. بنابراین، با به کارگیری نمودار بازده، بازده پارچه برای کاربرد خاص می‌تواند بهینه شود.

اثر ظرافت نخ جداکننده

دو نمونه S4, S12 با تعداد سوزن برابر برای نخ جداکننده نوع سه و ساختار لایه خارجی مشابه نمونه CI اما قطر متفاوت نخ جداکننده ۰/۲ و ۰/۱۶ میلی‌متر، برای بررسی اثر ظرافت نخ جداکننده روی رفتار به هم فشردگی انتخاب شدند. این دو پارچه تقریباً ضخامت یکسانی دارند و چگالی بخیه‌خوردگی لایه خارجی

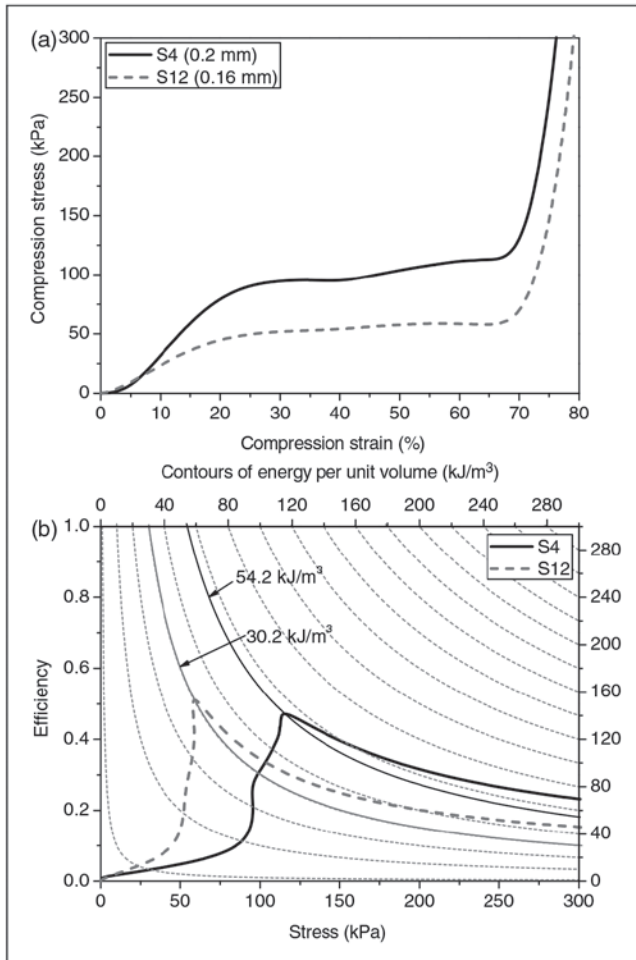


شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی مقطع عرضی این سه پارچه از سمت walewise: **a** نمونه s2، **b** نمونه s3، **c** نمونه s4

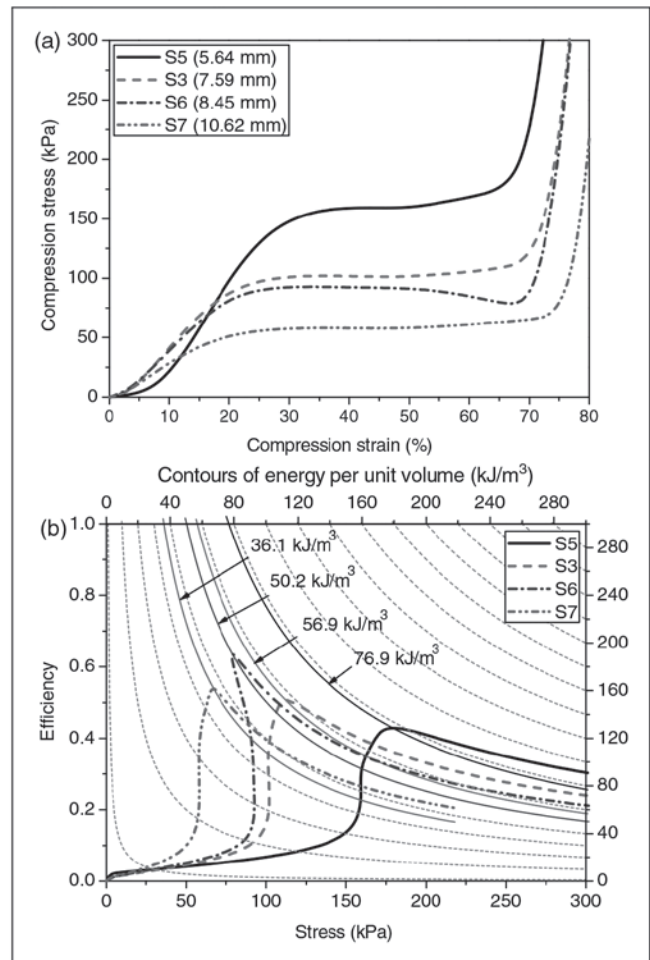
کارایی متوسطی را در تمام موقعیت‌ها نشان می‌دهد. در شکل 5b، خط انرژی عبوری توسط نقطه بازده حداکثر برای هر پارچه شرح داده شده است. می‌توان مشاهده کرد نمونه S3 انرژی بیشتری از بقیه در کل سطح وسیع از انرژی جذب می‌کند، بنابراین کارایی لایه‌های بالاتری دارد. به طور خلاصه، پارچه با زاویه کمتر نخ جداکننده کارایی لایه‌های بهتری در سطح انرژی پایین دارد و پارچه با زاویه خمیدگی بیشتر نخ جداکننده مشخصه لایه‌های بهتری در سطح انرژی بالا دارد.

اثر ضخامت پارچه

چهار نمونه از پارچه (S5, S3, S6, S7) تولید شده با همان تعداد سوزن برای نخ جداکننده نوع ۲ و همان ساختار لایه خارجی نوع CI اما ضخامت متفاوت ۵/۶۴ و ۷/۵۹ و ۱۰/۶۲ میلی‌متر، در این قسمت استفاده شده تا اثر ضخامت پارچه روی رفتار به هم فشردگی در پارچه تار جداکننده را بررسی کند. منحنی‌های تنش-کرنش نمونه‌ها در شکل ۶a نشان داده شد. مقاومت در برابر فشردگی با افزایش ضخامت پارچه افزایش می‌یابد. در پارچه ضخیم‌تر، ناحیه



شکل ۷. اثر ظرافت نخ جداکننده روی رفتار فشردگی نخ جداکننده: **a** منحنی تنش کرنش **b** نمودار بازده



شکل ۸. اثر ضخامت روی رفتار فشردگی نخ جداکننده: **a** منحنی تنش کرنش **b** نمودار بازده

اثر ساختار لایه خارجی

زیرا مونوفیلامنت‌ها در لایه جداکننده توسط مولتی فیلامنت در لایه خارجی بخیه خورده‌اند، توزیع، موقعیت پیوندها و زاویه خمیدگی نخ جداکننده می‌تواند با ساختار لایه خارجی تاثیر پذیرد. در این رابطه، شش پارچه S1, S3, S8, S9, S10, S11 با تعداد سوزن برابر برای نخ جداکننده و ضخامت یکسان اما ساختار لایه‌ای متفاوت، برای بررسی اثر ساختار لایه خارجی روی رفتار فشردگی پارچه جداکننده، انتخاب شده‌اند. ساختار لایه خارجی به سه گروه تقسیم می‌شود: هر دو لایه خارجی با ساختار نزدیک S1, S3 لایه بالایی با ساختار باز و لایه پایینی با ساختار بسته S8, S10 هر دو لایه خارجی با ساختار S9, S10. همانطور که در جدول ۳ لیست شده، ساختارهای نزدیک شامل locknitها و زنجیره inlay+ و ساختارهای باز شامل شبکه لوزی و شش ضلعی. لایه‌های خارجی با این ساختارها در شکل ۸ نشان داده شده، از هر توزیع، شکل و اندازه‌ی بخیه‌ها در لایه خارجی به وضوح مشاهده می‌شود. ساختارهای لایه خارجی می‌توانند اندکی روی چگالی بخیه از لایه خارجی و زاویه خمیدگی نخ جداکننده تاثیر بگذارند، اگرچه این پارامترها در طول بافندگی حفظ می‌شوند.

آنها به هم نزدیک است (جدول ۳).

منحنی‌های فشردگی تنش کرنش در این دو نمونه در شکل 7a نشان داده شد. می‌توان دید که پارچه با نخ زمخت‌تر مقاومت فشردگی بیشتری دارد و مقدار فلات بالاتری دارند. از نمودار بازده نشان داده شده در شکل 7b، فهمیده می‌شود که حداکثر بازده می‌تواند در تنش و انرژی کمتر برای پارچه‌هایی با نخ جداکننده ظریف‌تر بدست آید، زیرا سطح فلات پایین‌تری دارد. اگرچه، انرژی در بازده حداکثر برای پارچه‌های ساخته شده با نخ جداکننده زمخت‌تر، بسیار بزرگتر از است از پارچه‌هایی که با نخ ظریف‌تر ساخته شدند، که نشان می‌دهد که پارچه با نخ زمخت‌تر انرژی بیشتری جذب می‌کند اما در سطح تنش بالاتر. باید تاکید شود که پارچه با ظرافت نخ ۰/۱۶ میلی‌متر در قطر، بازده بالاتری در محدوده تنش‌های کمتر از ۱۰۰ کیلوپاسکال دارد. بنابراین، برای انرژی داده شده برای جذب، تنش مرتبط پارچه جداکننده به راحتی با تنظیم قطر نخ جداکننده تفاوت می‌کند، با توجه به تنش حداکثر مجاز برای برای شیء مورد محافظت برای رسیدن به بازده جذب انرژی بالاتر. پارچه ساخته شده با نخ ظریف‌تر برای جذب انرژی پایین‌تر و سطح انرژی پایین‌تر مناسب است و پارچه ساخته شده با نخ زمخت‌تر برای جذب انرژی بالاتر در تنش بالاتر مناسب است.

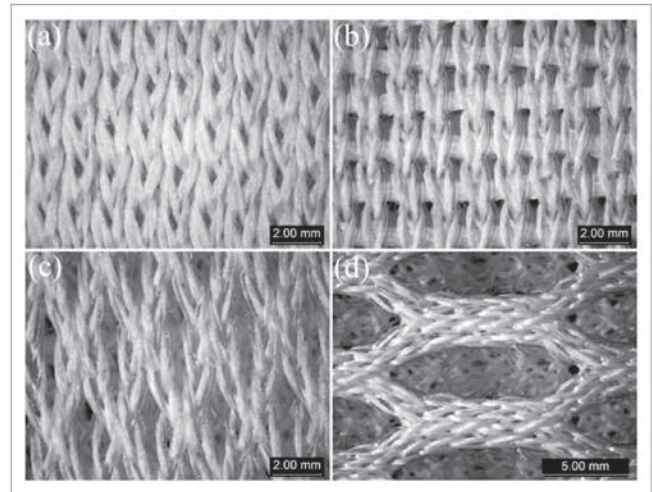


لایه خارجی مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به نتایج آزمایش و تجزیه تحلیل‌ها، نتایج زیر قابل دریافت است.

۱. پارچه‌های تار جاکنده دسته ایده‌آل از جاذب‌های انرژی برای استفاده لایه‌ای هستند. ظرفیت جذب انرژی آنها به آسانی می‌تواند برای نیازهای نهایی و خاص توسط تفاوت دادن در پارامترهای ساختاری، طراحی شود.

۲. نمودار بازده آنها وسیله خوبی برای تحلیل کارایی لایه‌ای این پارچه‌ها است. برای انرژی که باید جذب شود، راحت‌تر است که از نمودار بازده برای انتخاب پارچه مناسب در سطح تنش مجاز، استفاده شود.

۳. تمامی پارامترهای ساختاری اثر واضحی روی رفتار فشردگی و کارایی لایه‌ای پارچه جاکنده دارند. پارچه با زاویه نخ جاکنده کمتر، ضخامت پارچه بالاتر، نخ جاکنده ظریف‌تر و شبکه بزرگتر لایه خارجی می‌تواند برای جذب انرژی پایین‌تر با بازده بالاتر استفاده شود. برعکس، پارچه با زاویه بیشتر نخ جاکنده، ضخامت کمتر، نخ جاکنده مورب و شبکه کوچکتر زاویه خارجی می‌تواند برای جذب انرژی بالاتر با کارایی بالاتر استفاده شود. بنابراین، برای طراحی نخ پارچه جاکنده با رفتار مورد نیاز فشردگی، انتخاب پارامترهای ساختاری مناسب بسیار مهم می‌باشد.

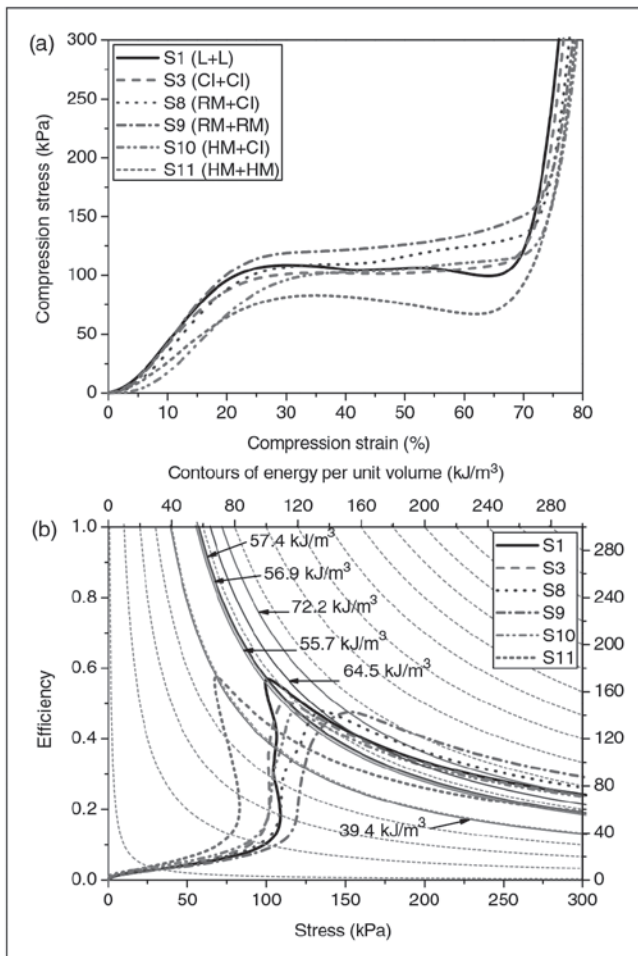


شکل ۸. تصاویر ساختارهای لایه خارجی: (a) locknit; (b) chain+inlay; (c) rhombic mesh; (d) hexagonal mesh.

نمودارهای تنش کرنش فشار در شکل ۹a نشان داده شده است. در مرحله آغازی و الاستیک، هر دو نمونه‌های S10(HM+CL), S11(HM+HM) پایین‌ترین مقاومت فشردگی را در مقایسه با پارچه‌های دیگر نشان می‌دهند. در مرحله فلات، نمونه S11 کمترین مقدار را دارد، اما نمونه S10 نزدیکترین مقدار به نمونه S1 و S3 را با ساختار خارجی نزدیک دارد. تفاوتها در رفتار فشردگی از توزیع ناهموار بخیه‌ها، تغییرات در تراکم بخیه‌های لایه‌های خارجی و زاویه خمیدگی نخ جاکنده به علت تغییر ساختار لایه خارجی، به وجود می‌آید. لازم به ذکر است که نمونه‌های S8(RM+CL) و S9(RM+RM) مقدار فلات بیشتری نسبت به بقیه دارند. این یعنی ساختار شبکه لوزی پایداری بهتری دارد و برای جذب انرژی بیشتر مناسب است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که پارچه‌ها با ساختار نزدیک لایه خارجی S1, S3 مقاومت فشردگی متوسط و فلات دارند. نمودار بازده در شکل ۹b نشان داده شده است. دیده می‌شود که با اینکه پارچه‌ها با ساختار باز در هر دو لایه خارجی (S11, S9) کمترین و بیشترین انرژی جذب شده در نقطه حداکثر بازده را به ترتیب دارند، پارچه‌ها با ساختار نزدیک در یک یا دو لایه خارجی (S1, S3, S8, S10) مقدار متوسط بین کمترین و بیشترین را دارد. این نتایج نشان می‌دهد که دامنه بزرگ از تفاوتها در انرژی جذب شده برای کاربردهای مختلف می‌تواند با ساختار باز بدست آید. زیرا پارچه با ساختار شبکه شش ضلعی در هر دو لایه خارجی می‌تواند برای جذب انرژی در سطح تنش پایین استفاده شود، پارچه با ساختار شبکه لوزی می‌تواند برای جذب انرژی در سطح تنش بالاتر استفاده شود. بنابراین، تفاوت در ساختار لایه خارجی راه دیگری برای انتخاب پارچه است، که می‌تواند همان مقدار انرژی را جذب کند، اما با سطح تنش متفاوت برای کاربردهای مختلف.

نتیجه‌گیری

هر دو منحنی تنش کرنش فشردگی و نمودار بازده برای بررسی رفتار فشردگی در پارچه تار جاکنده برای استفاده لایه‌ای، استفاده شدند. اثر پارامترهای مختلف ساختار شامل زاویه خمیدگی نخ جاکنده و ظرافت، ضخامت پارچه و ساختار



شکل ۹. اثر ساختار لایه خارجی روی رفتار فشردگی نخ جاکنده: a منحنی تنش کرنش B نمودار بازده