تکنولوژی نساجی

خصوصیات فشاری پارچه های سوزن زنی شده پلی استر

مترجم: مهندس الهه نیازخانی

خلاصه

در این مقاله تاثیر وزن پارچه، شکل سطح مقطع لیف (دایره ای، دایره ای توخالی و مثلثی) و حضور مواد تقویت کننده بر خصوصیات فشاری (ضخامت اولیه، درصد فشردگی، درصد کاهش ضخامت و درصد ارتجاعیت فشردگی) پارچه های بی بافت صنعتی سوزن زنی شده پلی استر بررسی شده است. نتایج حاکی از آن بود که برای پارچه هایی فاقد تقویت کننده، ضخامت اولیه، فشردگی، کاهش ضخامت، صرفنظر از سطح مقطع الیاف، بیشتر از پارچه هایی بود که در ساختار آنها از مواد تقویت کننده استفاده شده بود. داده های مربوط به ارتجاعیت فشردگی روند معکوسی را نشان داد. ضخامت اولیه برای نمونه پارچه های پلی استر سوزن زنی شده حاصل از الیاف با سطح مقطع مثلثی بیشترین مقدار و پارچه های حاصل از الیاف با سطح مقطع دایره‌ای و دایره ای توخالی به ترتیب در رده دوم و سوم قرار گرفتند. همچنین پارچه پلی استر حاصل از الیاف با سطح مقطع توخالی کمترین میزان فشردگی را در هر وزنی از پارچه از خود نشان دادند. همچنین پارچه های حاصل از الیاف با سطح مقطع مثلثی در مقایسه با سایر پارچه های تولید شده از الیاف با سطح مقطع های دایره ای و دایره ای توخالی، کاهش ضخامت بیشتری داشتند. نمونه پارچه های پلی استر از الیاف با سطح مقطع توخالی بیشترین میزان ارتجاعیت فشردگی را داشتند و پارچه های حاصل از الیاف با سطح مقطع دایره ای و دایره ای توخالی در رده دوم و سوم قرار گرفتند. با افزایش وزن پارچه و صرفنظر از شکل سطح مقطع، ضخامت اولیه افزایش و درصد فشردگی، کاهش ضخامت و ارتجاعیت فشردگی کاهش یافتند.

مقدمه

خاصیت فشردگی یکی از خصوصیات مهم پارچه های بی بافت سوزن زنی شده مورد استفاده در سطح فرش، ژئوتکستایل و سایر کاربردهای صنعتی می باشد. Kothari و همکارانش تاثیر میزان فشردگی و برگشت، تعداد چرخه های فشردگی- برگشت و اندازه نیروی فشاری بر رفتار فشردگی پارچه های بی بافت را مورد بررسی قرار دادند. چنین مشاهده شد که با افزایش نرخ تغییر شکل، قابلیت فشردگی و کم شدن انرژی پارچه‌های بی‌بافت به واسطه فشردگی مکرر و سریع، کاهش می یابد. قابلیت فشردگی، ضخامت اولیه و کم شدن انرژی، پس از اولین چرخه به سرعت کاهش می‌یابد؛ اما پس از گذشت چند چرخه، این پارامترها از حیث بارگذاری دوره ای ثابت باقی ماندند. اگر عملیات مقاوم سازی پارچه‌های سوزن زنی شده به خوبی انجام گیرد، انتظار می رود که خصوصیات فشردگی بهتری حاصل گردد.

مقاوم سازی پارچه ها با افزایش عمق نفوذ سوزن یا تراکم سوزن زنی، بهبود می یابد. خصوصیات بارگذاری دینامیک کنف و پلی پروپیلن نشان می دهد که کم شدن ضخامت با تقلیل پیدا کردن سرعت تا حد معینی، افزایش یافته و پس از آن بدون تغییر باقی می ماند. Midha و همکارانش رفتار فشردگی پارچه های پلی استر سوزن زنی شده از الیاف با سطح مقطع توخالی را با استفاده از روش تجربی Box-Behnken مورد مطالعه قرار دادند که در آن وزن پارچه، عمق نفوذ و تراکم سوزن زنی بررسی گردید.

آنها گزارش نمودند که ساختارهای ضربدری قابلیت فشردگی و برگشت‌پذیری بیشتر و بهتری در مقایسه با پارچه هایی که به طور موازی قرار گرفته اند، دارند. لایه های موازی با دنیر کم نیز، باعث تقویت بیشتر پارچه‌ها می شوند.

Debnath و همکارانش تاثیر شکل سطح مقطع پلی استر را بر ضخامت پارچه، طول خمشی، خصوصیات کششی، میزان عایق بودن حرارتی و نفوذپذیری هوای پارچه پلی استر سوزن زنی شده بی بافت، را مورد بررسی قرار دهند. از روش آزمایش تجربی Box-Behnken برای مطالعه تاثیر وزن پارچه، تراکم سوزن زنی و تناسب مخلوط بر رفتار فشردگی مانند ضخامت اولیه، فشردگی، کاهش ضخامت پارچه های سوزن زنی شده مخلوط کنف و پلی پروپیلن استفاده شد. اما تاثیر شکل سطح مقطع لیف بر خصوصیات فشردگی تا کنون به طور مشروح بررسی نشده است.

در این مقاله اثرات وزن پارچه، شـــکل سطح مقطع لیف (دایره ای، دایره‌ای توخالی و مثلثی) و حضور مواد تقویت کننده بر خصوصیات فشاری (ضخامت اولیه، درصد فشردگی، درصد کاهش ضخامت و درصد ارتجاعیت فشردگی) پارچه های بی بافت صنعتی سوزن زنی شده پلی استر ارائه شده است.

تجربیات

مواد

الیاف پلی اســـتر ۰/۳۳ تکس با سه ســـطح مقطع مختلف و پارچه پنبه ای ســـبک به عنوان ماده تقویت کننده در این مقاله مورد استفاده قرار گرفتند. خصوصیات الیاف پلی اســـتر و مواد تقویت کننده به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات الیاف پلی استر

شکل سطح مقطع	FL (mm)	LD (tex)	CF	T (cN/tex)	BE (٪)	C (٪)
دایره ای	۵۱	۰/۳۳	۱۲/۸	۳۴/۸۳	۵۱/۰۰	۱۸/۰
دایره ای توخالی	۵۱	۰/۳۳	۱۲/۰	۳۸/۴۳	۲۱/۰۵	۱۷/۰
مثلثی	۵۱	۰/۳۳	۱۳/۰	۳۷/۵۳	۵۰/۲۸	۱۸/۰

FS- شکل سطح مقطع، FL- طول استیپل لیف، LD- نمره، CF- تناوب موج، T- استحکام، BE- ازدیاد طول تا حد پارگی، C- جمع‌شدگی

جدول ۲- خصوصیات مواد تقویت کننده پنبه ای

نخ تار	۱۴/۷۷
نخ پود	۱۷/۹۶
تراکم تار	۲۳/۶۲
تراکم پود	۱۸/۹۰
واحد سطح/وزن	۷۶/۲۵ (متر مربع/گرم)
ضخامت	۰/۳۱ (میلی متر)
ازدیاد طول تا حد پارگی	۱۷/۲۵ (٪)
استحکام تا حد پارگی	۶/۲۳ (tex/cN)

روش ها

روش تجربی

جدول ۳ حاوی ۱۵ مجموعه از نمونه پارچه های سوزن زنی شده حاصل از الیاف پلی استر می باشد که هر یک سطح مقطعی متفاوت دارند (دایره‌ای، دایـــره ای توخالی و مثلثی). ۴ نمونه پارچه از هر یک از ســـطح مقطع‌های مذکـــور با وزن هـــای ۴۱۵، ۵۱۵، ۶۸۰ و ۸۱۵ (متر مربع/گرم) حاوی مواد تقویـــت کننده آماده گردید. تراکم ســـوزن زنی و عمق نفوذ ســـوزن نیز به ترتیب در ســـطح ۳۰۰ (ســـانتی متر مربع/سوزن) و ۱۱ میلی متر ثابت نگه داشته شد.

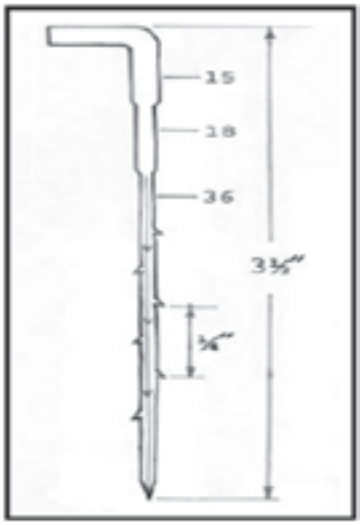
برای کلیه نمونه ها نیز ماده تقویت کننده در وســـط لایه قرار داده شـــد. به منظور بررســـی تاثیر ماده تقویت کننده، پارچه هایی سوزن زنی شده بدون ماده تقویت کننده و با وزن ۳۰۰ (ســـانتی متر مربع/ســـوزن) تولید شدند، عمق سوزن زنی نیز ۱۱ میلی متر تعیین گردید.

جدول ۳- مشخصات ساختاری نمونه پارچه های تجربی

کد پارچه	FS	FW (m^2/g)	ND (سانتی متر مربع/سوزن)	RM
R۱	دایره ای	۴۱۵	۳۰۰	بله
R۲	دایره ای	۵۱۵	۳۰۰	بله
R۳	دایره ای	۶۸۰	۳۰۰	بله
R۴	دایره ای	۸۱۵	۳۰۰	بله
H۱	دایره ای توخالی	۴۱۵	۳۰۰	بله
H۲	دایره ای توخالی	۵۱۵	۳۰۰	بله
H۳	دایره ای توخالی	۶۸۰	۳۰۰	بله
H۴	دایره ای توخالی	۸۱۵	۳۰۰	بله
T۱	مثلثی	۴۱۵	۳۰۰	بله
T۲	مثلثی	۵۱۵	۳۰۰	بله
T۳	مثلثی	۶۸۰	۳۰۰	بله
T۴	مثلثی	۸۱۵	۳۰۰	بله
R۵	دایره ای	۴۱۵	۳۰۰	بله
H۵	دایره ای توخالی	۴۱۵	۳۰۰	بله
T۵	مثلثی	۴۱۵	۳۰۰	بله

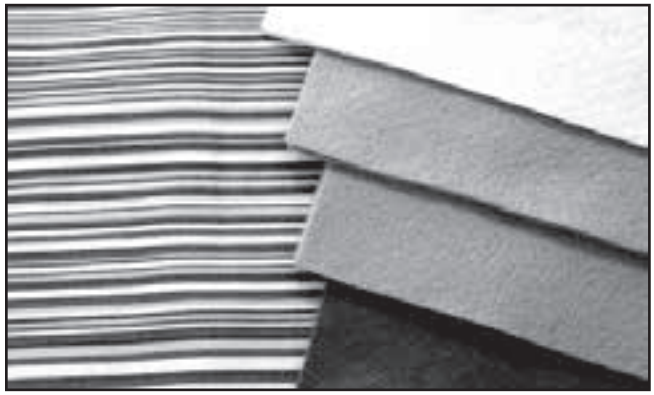
تولید پارچه بی بافت

عملیات ســـوزن زنی به طور متناوب بر هر دو سمت پارچه صورت گرفت. جهت انجام این عملیات برای کلیه پارچه ها، از ســـوزنی که در شـــکل ۱ نشان داده شـــده و محصول شرکت Torrington Felting Needle USA است، اســـتفاده گردید. تعداد خارهای موجود بر روی هر سوزن ۹ عدد می باشد.



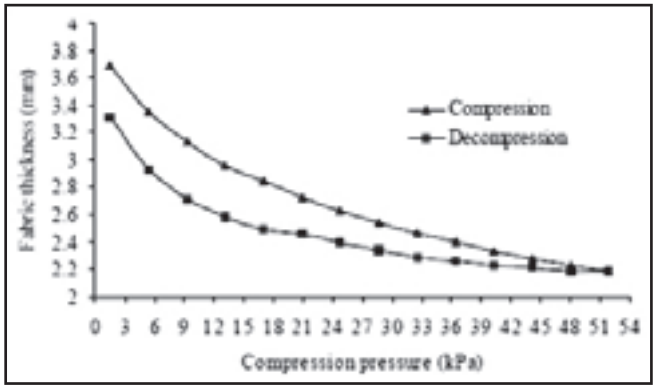
شکل ۱- شکل هندسی سوزن نمدساز

ســـطح مقطع تیغه سوزن مثلث متســـاوی الاضلاع می باشد. گیج تیغه نیز برای ســـوزن زنی بهتر و اجتناب از آسیب دیدن الیاف، بین ۳۶swg انتخاب گردید. جدول ۳ حاوی مشـــخصات ســـاختاری نمونه پارچه ها می باشـــد. در این راستا، عمق نفوذ ســـوزن نیز ثابت در نظر گرفته شد (۱۱میلی متر).



اندازه گیری ضخامت اولیه، درصد فشـــردگی، درصد کاهش ضخامت و درصد ارتجاعیت فشردگی

ضخامـــت اولیه، درصد فشـــردگی، درصد کاهش ضخامـــت و درصد ارتجاعیت فشـــردگی از منحنی های فشردگی و برگشت از فشار حاصل شدند. خصوصیات فشردگی تحت فشار بین ۱/۵۵ و ۵۱/۸۹ کیلو پاسکال مورد مطالعه قرار گرفت. همانطور که در شـــکل ۲ نشان داده شده است، منحنی‌های فشردگی و برگشت از فشار، تحت یک فشار معین رسم شده اند.



شکل ۲- منحنی های نوعی فشردگی و برگشت از فشار پارچه های پلی استر سوزن زنی شده

درصد فشـــردگی، درصد کاهش ضخامت و درصد ارتجاعیت فشـــردگی با استفاده از روابط ۳-۱ محاسبه شدند.

$$[(T_1-T_0)/T_0]\times 100=\text{فشردگی (٪)} \quad (1)$$

$$[(T_2-T_0)/T_0]\times 100=\text{کاهش ضخامت (٪)} \quad (2)$$

$$[W'c/Wc)/T_0]\times 100=\text{فشردگی (٪)} \quad (3)$$

که T_0 ضخامت اولیه، T_1 ضخامت در بیشـــترین فشار، T_2 ضخامت برگشتی، Wc کار انجام شده حین فشردگی و $W'c$ کار انجام شده طی فرآیند برگشت می باشد.

نتایج و بحث

تاثیر مواد تقویت کننده بر خصوصیات فشردگی

همانطور که در جدول ۴ مشـــاهده می شـــود، ضخامت اولیه، درصد فشردگی و درصـــد کاهش ضخامـــت در خصوص پارچه هایی که در بافـــت آنها از مواد تقویت‌کننده اســـتفاده نشده در مقایســـه با پارچه هایی که در تولید آنها مواد تقویت‌کننده به کار رفته است، صرفنظر از شکل سطح مقطع، بیشتر می‌باشد.

جدول ۴- تاثیر مواد تقویت کننده بر خصوصیات فشردگی

کد پارچه	CR (٪)	TL (٪)	C (٪)	IT (mm)	وجود مواد تقویت کننده
R۱	۵۴/۳۳	۹/۸۹	۴۲/۹۳	۳/۵۴	بله
R۵	۴۹/۷۶	۱۸/۹۸	۵۰/۹۱	۴/۶۷	خیر
H۱	۶۰/۴۶	۸/۳۳	۳۱/۶۶	۳/۱۷	بله
H۵	۴۶/۷۶	۱۹/۵۵	۵۶/۶۵	۴/۹۸	خیر
T۱	۵۳/۲۷	۱۱/۴۴	۴۲/۲۷	۳/۵۷	بله
T۵	۴۶/۲۸	۲۴/۸۲	۶۰/۵۰	۵/۸۲	خیر

IT- ضخامت اولیه، C- فشردگی، TL- کاهش ضخامت، CR- ارتجاعیت فشردگی

این بدان معناست که پارچه های بافته شده بدون مواد تقویت کننده طبیعتاً پفکی‌تر بوده و می توانند به ســـادگی تحت همان طیف فشار تا مقدار بسیار بیشتر، فشرده شوند. هنگامی که پارچه های سوزن زنی شده با مواد تقویت‌کننده تولید می شوند، در هم رفتگی بهتری میان الیاف و مواد تقویت‌کننده ایجاد می شـــود. بدین ترتیب لغزش الیاف بر روی یکدیگر طی فرآیند فشردگی به کمترین میزان خود رسیده و الیاف تغییر شکل یافته به راحتی به موقعیت اولیه خود باز می گردند. نتایج مشابهی نیز توســـط Sengupta و همکارانش برای پارچه های بی بافت ســـوزن زنی شده کنف حاصل گردید.

همچنین از جدول ۴ چنین بر می آید که صرفنظر از شکل سطح مقطع لیف، پارچه حاوی مواد تقویت کننده ارتجاعیت فشردگی بهتری در مقایسه با پارچه های فاقد مواد تقویت کننده دارد. از آنجا که لغزش الیاف بر روی یکدیگر طی فشـــردگی در پارچه ی فاقد مواد تقویت کننده بیشتر می باشد، این شرایط منجر به کاهش بیشتر انرژی گشته که این امر از درصد ارتجاعیت فشردگی می کاهد.

تاثیر شکل سطح مقطع و وزن پارچه بر خصوصیات فشردگی

تاثیر شکل ســـطح مقطع لیف بر ضخامت اولیه، درصد کاهش ضخامت، فشردگی و ارتجاعیت فشـــردگی در جدول ۵ ارائه شده است. بیشترین ضخامت و بیشترین میزان درصد فشردگی در پارچه ها، در نتیجه استفاده از الیاف با سطح مقطع مثلثی حاصل گردید. الیاف پلی استر با سطح مقطع های دایره ای و دایره ای توخالی نیز در رده‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول ۵- تاثیر شکل سطح مقطع و وزن پارچه بر خصوصیات فشردگی

کد پارچه	CR (٪)	TL (٪)	C (٪)	IT (mm)	وزن پارچه (m^2/g)
R۱	۵۴/۳۳	۹/۸۹	۴۲/۹۳	۳/۵۴	۴۱۵
R۲	۵۶/۶۹	۸/۳۶	۳۷/۰۰	۴/۱۴	۵۱۵
R۳	۵۴/۲۱	۶/۱۹	۲۸/۳۵	۵/۱۳	۶۸۰
R۴	۵۳/۸۵	۶/۶۵	۲۳/۷۸	۵/۶۲	۸۱۵
H۱	۶۰/۴۶	۸/۳۳	۳۱/۶۶	۳/۱۷	۴۱۵
H۲	۶۰/۵۵	۶/۵۱	۲۴/۳۶	۳/۶۰	۵۱۵
H۳	۵۹/۲۸	۵/۵۳	۱۸/۰۹	۴/۶۹	۶۸۰
H۴	۵۸/۲۷	۴/۵۶	۱۶/۱۳	۵/۵۳	۸۱۵
T۱	۵۳/۲۷	۱۱/۴۴	۴۲/۲۷	۳/۵۷	۴۱۵
T۲	۵۴/۱۱	۱۰/۱۷	۳۷/۹۳	۴/۳۷	۵۱۵
T۳	۵۳/۸۳	۶/۹۷	۲۵/۴۳	۵/۵۸	۶۸۰
T۴	۵۱/۸۰	۷/۴۱	۲۳/۱۹	۶/۵۸	۸۱۵

IT- ضخامت اولیه، C- فشردگی، TL- کاهش ضخامت، CR- ارتجاعیت فشردگی

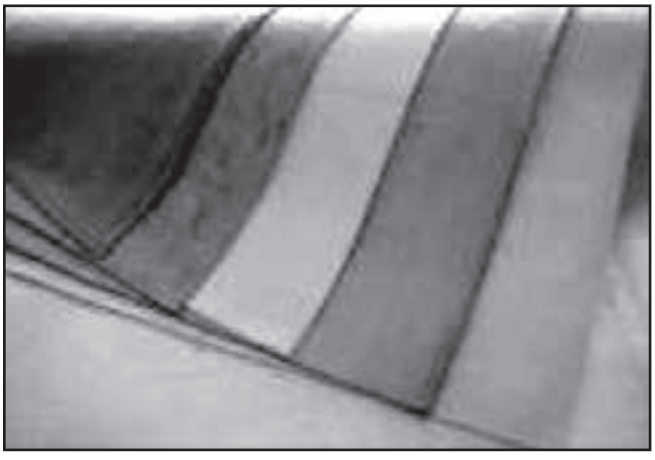
لیف پلی اســـتر با سطح مقطع مثلثی مســـاحت جانبی بیشتری نسبت به سایر انواع الیاف پلی استر با سطح مقطع های استفاده شده در این پژوهش دارد که این امر، منجر به ضخیم تر شدن پارچه می گردد. پارچه‌های بافته شده از الیاف توخالی ساختار به هم پیوسته بهتری در مقایسه با پارچه‌های حاصل از الیاف پلی اســـتر با سطح مقطع دایره ای دارند، چرا که مساحت جانبی الیاف پلی اســـتر با سطح مقطع توخالی، بیشتر از الیاف پلی استر با سطح مقطع دایره ای می باشد.

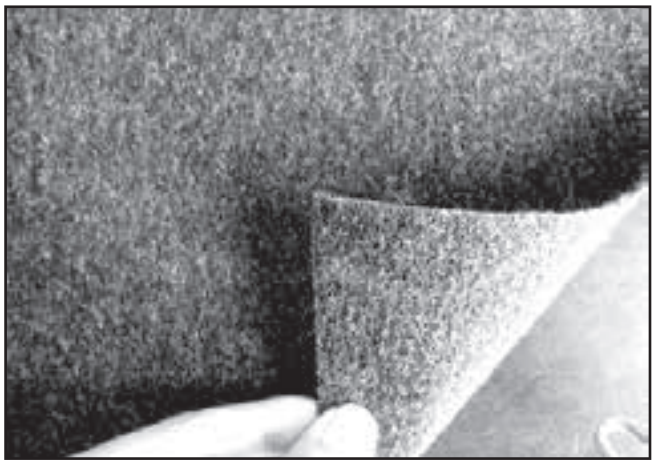
این امر احتمالاً به واســـطه توخالی بودن ســـاختار لیف و نیز دنیر کم لیف توخالی استفاده شده در این پژوهش می‌باشد. این پارچه همچنین ساختار یکپارچه بهتری داشـــته و درصد فشـــردگی و ارتجاعیت نیز برای الیاف با سطح مقطع توخالی در مقایسه با ســـایر انواع سطح مقطع استفاده شده، کمتر می باشد. علت این امر سفتی بیشتر الیاف توخالی است. Midha و همکارانش نیز گزارش نمودند که الیاف پلی اســـتر توخالی سبک در تولید پارچه هایی با استحکام بیشتر، کمک می نمایند.

در میان الیاف بررســـی شـــده، استفاده از لیف پلی اســـتر با سطح مقطع مثلثی منجر به تولید پارچه هایی با کاهش ضخامت و ارتجاعیت فشردگی بیشـــتری می شود. هر ســـه گوشه ی الیاف با ســـطح مقطع مثلثی حین فرآیند فشـــردگی تحت فشـــار قرار گرفته و این گوشـــه ها بر روی سطح بیرونی لیف در هم فرو رفته و لذا انســـجام خود را هنگام حذف بار، حفظ می نمایند. این امر را می توان علت بیشتر بودن درصد کاهش ضخامت در خصوص نمونه های با سطح مقطع مثلثی دانست.

پارچه های حاصل از الیاف با سطح مقطع توخالی دارای انسجامی منطقی می باشند که می تواند توسط این حقیقت توجیه گردد که ضخامت اولیه این گروه در میان سه گروه نمونه بررسی شده در این پژوهش، کمترین میزان می باشد. پارچه‌های حاصل از الیاف با سطح مقطع توخالی تحت فشـــار وارده متراکم تر می شـــوند. این امر موجب برگشت بهتر پس از حذف فشـــار وارده شده و برای ارتجاعیت فشردگی نیز صادق می باشد. دستیابی به ساختارهای منســـجم تر با استفاده بیشتر از الیاف با سطح مقطع دایره‌ای با ظرافت یکسان به جای استفاده از الیاف با سطح مقطع توخالی میسر می گردد.

در چنین شـــرایطی پارچه حاوی الیاف ســـفت با ســـطح مقطع دایره ای، ســـنگین تر خواهند بود. در آثار محققین پیشـــین چنین آمده اســـت که پارچه های تولید شده از الیاف ضخیمتر قابلیت فشردگی بیشتر و برگشت





کمتری در مقایســـه با پارچه های حاصل از الیاف ظریف تر از خود نشان می دهند.

این امر به این حقیقت نســـبت داده می شود که الیاف ظریفتر می توانند به آســـانی خم شـــده و منجر به ایجاد ساختاری فشـــرده شوند. همچنین مســـاحت جانبی بیشتر موجب انسجام بهتر ســـاختار می گردد. در مورد الیاف توخالی نیز، نتایج یکســـانی مشاهده می شـــود. استفاده از الیاف با مساحت جانبی بیشـــتر و نیز خمش بیشتر، منجر به انسجام بهتر ساختار می گردد. این شـــرایط درصد فشـــردگی را کاهش داده و ارتجاعیت را نیز بهبود می بخشد.

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می شود، درصد فشردگی با افزایش وزن پارچه برای کلیه نمونه های پلی استر با سطح مقطع های مختلف، کاهش می یابد. با افزایش وزن، میزان الیاف به ازای واحد سطح نیز افزایش یافته و نیروی فشارنده بر روی تعداد الیاف بیشتری تسهیم خواهد شد. از این‌رو، کاهش درصد فشـــردگی با افزایش وزن پارچه قابل مشاهده می باشد. در ابتدا از میزان کاهش ضخامت در اثر افزایش وزن پارچه، به سرعت کاسته می‌شـــود. به علاوه، با افزایش وزن پارچه، مقـــدار کاهش ضخامت صرف نظر از شـــکل ســـطح مقطع، بدون تغییر باقی می مانـــد. به احتمال زیاد، در هـــم‌روی بهتر الیاف منجر به کاهش لغزش لیـــف با لیف حین فرآیند فشردگی می شود. این عوامل سبب برگشت از فشار بهتر خواهد شد.

نتیجه گیری

اگر تولید پارچه های بی بافت ســـوزن زنی شـــده برای مصارف نهایی که در آنهـــا خصوصیات فشـــاری اهمیت ویژه ای دارند، مد نظر باشـــد، بهتر اســـت فرآیند تولید با مواد تقویت کننده همراه گردد. در چنین شرایطی، شکل سطح مقطع لیف استفاده شده تاثیری بر خصوصیات فشاری نخواهد داشـــت. اگر پارچه ها بدون مـــواد تقویت کننده تولید شـــده و خاصیت ارتجاعی مناسب مورد نیاز می‌باشد، پیشنهاد می شود که از الیاف توخالی استفاده گردد.

منبع:

Journal of Engineered Fibers and Fabrics
Volume 4, Issue 4 – 2009
Fiber and Textile Research in India