

تعیین منحنی تنش- کرنش لایه بی بافت با اتصال حرارتی از منحنی تنش- کرنش الیاف

سیدمحمد حسینی و رکیانی* ، محمد حقیقت کیش

دانشکده مهندسی نساجی (قطب علمی نساجی) دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

خواص مکانیکی لایه‌های بی‌بافت با اتصال حرارتی و الیاف آن در دستگاه اندازه‌گیری خواص مکانیکی مورد آزمایش قرار گرفت. تابع توزیع الیاف در لایه بی بافت با استفاده از یک برنامه کامپیوتری تدوین شده تعیین گردید. با استفاده از منحنی تنش- کرنش الیاف و تابع توزیع الیاف منحنی تنش- کرنش لایه محاسبه شد. رابطه بدست آمده از تئوری لایه الیاف توسط بکر و پترسون، برای محاسبات استفاده شد. اختلاف بین نتایج حاصل از محاسبه و اندازه‌گیری با توجه به ضریب پواسون، چسبندگی بین الیاف و منقطع بودن الیاف توجیه شده است.

واژگان کلیدی: بی بافت ، اتصال حرارتی ، خواص مکانیکی ، تابع توزیع الیاف ، ضریب پواسون

۱- مقدمه:

موضوع خواص مکانیکی لایه‌های بی‌بافت حدود ۵۰ سال است که مورد توجه محققین قرار گرفته است. خواص مکانیکی بی‌بافت‌ها همچون مواد دیگر بستگی به جزئیات ساختاری آنها دارد. تجزیه و تحلیل ساختاری منتهی به روابطی گردیده که می‌توان بوسیله آنها خصوصیات منحنی تنش- کرنش الیاف و استحکام بی‌بافت را محاسبه نمود. در این تجزیه و تحلیل‌ها ویژگی‌های ذرات سازنده مانند ضریب ارتجاعی و جهت‌گیری الیاف مهمترین عوامل شناخته شده اند.

بکر و پترسون (Backer & Petterson) [۱] از روش تجزیه تنش استفاده نمودند و در روابط ضرایب ارتجاعی و جهت‌گیری الیاف در نظر گرفته شد. نتایج برای مواد مرکب و بی‌بافت‌های اتصال یافته با چسب یا خود اتصال یافته (spunbonded) در تغییر شکل‌های کم قابل استفاده است. هرل و استیونسون (Hearle & Stevenson) [۲] توزیع پیچ‌خوردگی (curl) الیاف را که مهمترین عامل تعیین‌کننده خواص تنش- کرنش پارچه‌های بی‌بافت است را در نظر گرفته‌اند. ازدیاد طول پارچه هنگام اعمال نیرو باعث کشیده شدن الیاف شل و بدنبال آن کشیده شدن اتصالات و در نهایت پارگی اتصالات است. و ماکزیمم تنش که یک پارچه می‌تواند تحمل نماید بستگی به تعدادی از الیاف دارد که در زوایای مختلف قرار گرفته‌اند که تعداد آنها بوسیله توزیع پیچ‌خوردگی الیاف در زوایای مختلف تعیین می‌گردد. هرل و نیوتون (Hearle and Newton) [۳] از روش انرژی برای شبکه ایده‌آل استفاده نمودند. منحنی تنش- کرنش الیاف، جهت‌گیری الیاف و پیچ‌خوردگی الیاف در بی‌بافت را در نظر گرفتند. برای تغییر شکل‌های کم در بی‌بافت‌های خود اتصال یافته یا اتصال یافته با چسب این روابط به خوبی با تجربیات منطبق بود. سینگ و گوسوامی (Singh & Goswami) [۴] از روش جمع تنش‌ها در لایه‌های مختلف که در متون مربوط به مواد مرکب معمول است استفاده نمودند. تا اینکه برای پارچه‌های خود اتصال یافته بتواند نتایج تجربی را به نتایج محاسبه شده نزدیک نماید.

در تمام روابط بدست آمده فوق جهت‌گیری یا آرایش یافتگی الیاف دخالت داشت. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری یا تخمین تابع توزیع آرایش ODF (Orientation Distribution Function) الیاف پیشنهاد شده است. روش‌های تعیین آرایش بدو دسته کلی بصورت مستقیم و غیر مستقیم تقسیم‌بندی می‌شوند. هرل و استیونسون (Hearle & Stevenson) [۵] برای اندازه‌گیری آرایش الیاف

* مسئول مکاتبات ، پیام نگار : varkiyani@aut.ac.ir

از روش مستقیم بوسیله میکروسکوپ پروژکتینا استفاده نمودند که بسیار وقت گیر بود. کسو و یو (Xu & Yu) [۶] توزیع آرایش الیاف در پارچه‌های بی‌بافت را از طریق تجزیه تصویر با به کاربردن فن انتقال هوف (Hough Transform) مورد مطالعه قرار دادند. پوردیهیمی و همکاران طی چند مقاله [۷-۱۱] موضوع اندازه‌گیری و تعیین آرایش و جهت‌گیری الیاف در بی‌بافت‌ها را با استفاده از روشهای مختلف پردازش تصویر مورد توجه قرار داده‌اند.

در مقاله حاضر هدف بررسی خواص مکانیکی لایه بی‌بافت با اتصال حرارتی است. ابتدا برنامه کامپیوتری تدوین شد تا با استفاده از روش FFT توزیع الیاف در بی‌بافت تعیین و مشخص گردید. سپس با استفاده از روابط ارائه شده توسط بکر و پترسون [۱] منحنی تنش- کرنش پارچه از منحنی تنش- کرنش الیاف تعیین و با نتایج آزمایش مقایسه شد.

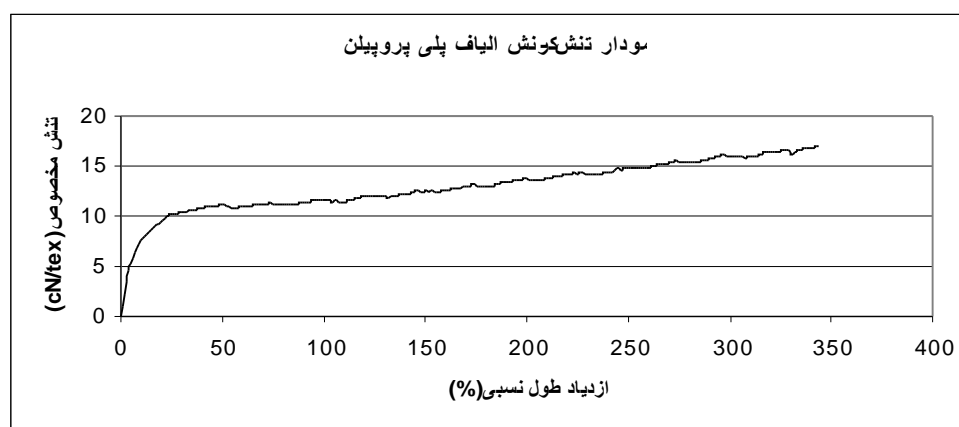
۲- تجربیات:

الیاف و لایه بی‌بافت از کارخانجات ابهر ریس تهیه گردیده و لایه بی‌بافت با اتصال حرارتی، از الیاف پلی‌پروپیلن تولید شده است. مشخصات الیاف آن توسط دستگاه ویبرمات و فاف‌گراف ساخت آلمان اندازه‌گیری شده است. که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است لازم بذکر است که کلیه نتایج آزمایشات میانگین ۱۰ آزمایش می‌باشد.

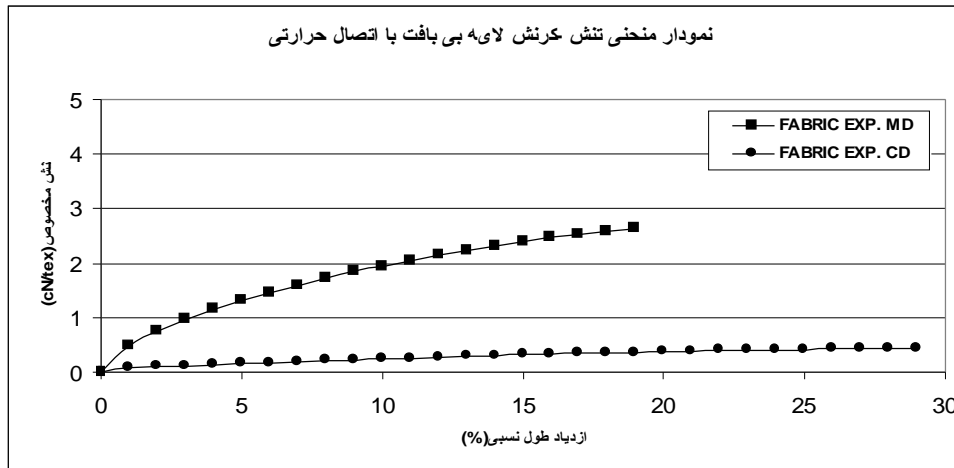
جدول ۱- مشخصات الیاف پلی‌پروپیلن

خصوصیت	ظرافت (den)	طول (cm)	استحکام (cN/tex)	ازدیاد طول (%)
میانگین	۲/۲۵	۴	۱۷	۳۴۰
انحراف معیار	۰/۱۷	۰/۲۷	۳/۱۸	۷۶/۴

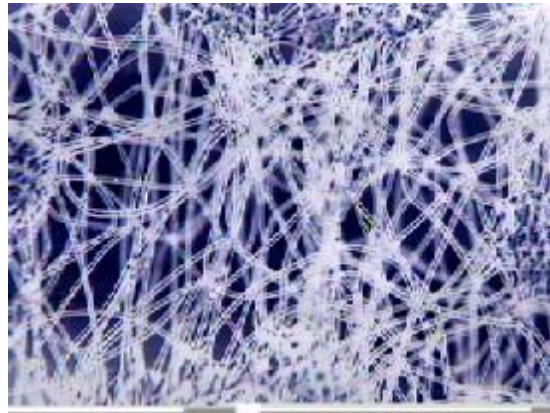
نمودار تنش- کرنش الیاف و لایه همچنین توسط دستگاه اینسترون مدل ۵۵۶۶ ساخت انگلستان با نرخ ازدیاد طول ۱۰۰/min٪ بدست آمده است که در شکل ۱ نمودار تنش- کرنش الیاف نشان داده شده است. از الیاف فوق لایه‌ای به وزن ۱۸ گرم در مترمربع از همان الیاف آزمایش شد و در شکل ۲ نمودار تنش- کرنش لایه در جهت ماشین (MD) و در جهت عمود بر ماشین (CD) نشان داده شده است. برای تعیین تابع توزیع آرایش یافتگی از لایه بی‌بافت توسط دستگاه میکروسکوپ ۱۰ عدد عکس تهیه شد که یک نمونه از آن در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار تنش- کرنش الیاف پلی‌پروپیلن

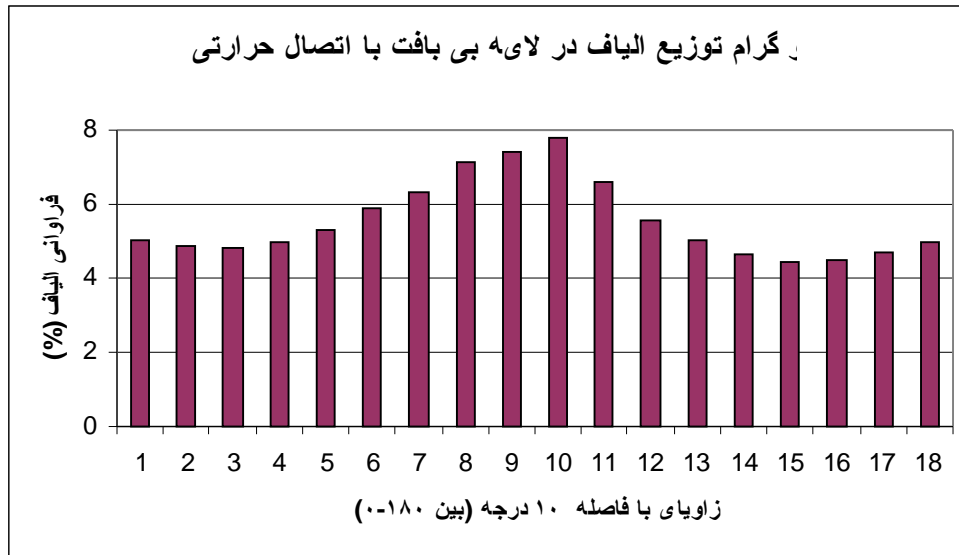


شکل ۲- نمودار تنش- کرنش لایه بی بافت با اتصال حرارتی



شکل ۳- عکس تهیه شده از لایه توسط میکروسکوپ

عکسهای فوق با استفاده از نرم افزار تهیه شده تجزیه و تحلیل و تابع توزیع آرایش یافتگی تعیین شد. شکل ۴ هیستوگرام توزیع الیاف در لایه بی بافت با اتصال حرارتی را نشان می دهد.



شکل ۴- هیستوگرام توزیع الیاف در لایه بی بافت با اتصال حرارتی

۳- بحث و نتایج:

بکر و پترسون (Backer & Petterson) [۱] رابطه بین تنش لایه بی بافت σ_L و کرنش را بصورت زیر ارائه نمودند.

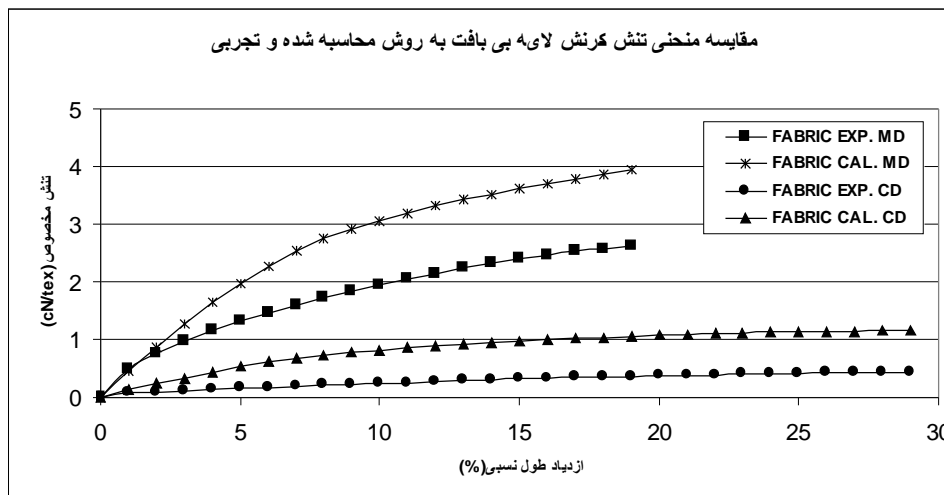
$$s_L = \int_{-p/2}^{p/2} E e_L (\cos^2 q - u \sin^2 q) \cos^2 q j_q dq \quad (1)$$

E ضریب ارتجاعی الیاف، u ضریب پواسون، j_q تابع توزیع الیاف، e_L کرنش طولی لایه بی بافت و q زاویه قرار گیری الیاف نسبت به امتداد نیرو می باشد.

رابطه فوق را می توان برای حالت های خاص ساده کرد اگر هیچگونه جمع شدگی جانبی وجود نداشته $u=0$ می شود با این فرض می توان نوشت:

$$s_L = \int_{-p/2}^{p/2} s_f \cos^4 q j_q dq \quad (2)$$

که در رابطه فوق σ_f تنش الیاف است. با توجه به نتایج بدست آمده از منحنی تنش-کرنش الیاف و توزیع آرایش یافتگی الیاف مابین زوایای صفر تا ۱۸۰ درجه و قراردادن مقادیر آن در رابطه ۲ منحنی تنش-کرنش لایه بی بافت محاسبه گردید. شکل ۵ نمودارهای تنش-کرنش لایه بی بافت در جهت ماشین (MD) و در جهت عمود بر ماشین (CD) که اندازه گیری و محاسبه شده است را نشان می دهد.



شکل ۵- مقایسه منحنی تنش - کرنش لایه بی بافت به روش محاسبه شده و تجربی

همانطوری که از شکل ۵ مشخص است با استفاده از رابطه ۲ و تعیین توزیع به طریق پردازش میتوان برای ازدیاد طول های کم پیش بینی خوبی از منحنی تنش - کرنش پارچه بدست آورد. در محاسبات فوق از کاهش عرض پارچه در حین اندازه گیری صرف نظر شد. بنظر میرسد که اختلاف موجود بین منحنی حاصل از محاسبات و منحنی بدست آمده از پارچه در اثر عوامل مختلفی باشد. تمام الیاف کاملاً به هم متصل نبوده اند و الیاف منقطع دارای انتهای آزاد بوده و نمی توانسته اند که تنشی را تحمل نمایند و نیز از ضریب پواسون صرف نظر شده است. برای تعیین ضریب پواسون که کاهش عرض را بحساب می آورد روش های متفاوتی در دست انجام می باشد. انتظار میرود اگر این ضریب منظور گردد نتایج بهتری حاصل شود.

۴- نتیجه گیری:

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که تنش لایه های بی بافت اتصال حرارتی به عوامل مختلفی نظیر تنش الیاف بکار رفته، توزیع آرایش یافتگی الیاف، چسبندگی و طول الیاف و ضریب پواسون ارتباط دارد. با فرض اینکه لایه هیچگونه جمع شدگی جانبی نداشته باشد میتوان ارتباط خوبی بین نتایج تئوری و تجربی در ازدیاد طول های کم بدست آورد. در ادامه کار این تحقیق در نظر است که بصورت دقیق جمع شدگی جانبی را بدست آورد و این پارامتر را در محاسبات دخالت داد که نتایج تئوری و تجربی را بیکدیگر نزدیکتر می نماید.

تشکر و قدردانی:

از مدیریت کارخانجات ابهر ریس و آقایان مهندس ستوده و مهندس یوسفی زاده که نمونه های الیاف و لایه را در اختیار قرار داده اند تشکر و قدردانی می گردد.

1. Backer, S., Petterson, D.R., "Some Principles of Nonwoven Fabrics" , Textile Res. J., Vol.30, pp. 704-711, 1960.
2. Hearle, J.W. S., Stevenson. P. J., "Studies in Nonwoven Fabrics Part IV: Prediction of Tensile Properties", Textile Res. J., Vol. 34, pp. 181-191, 1964.
3. Hearle, J.W.S., Newton, A., "Nonwoven Fabric Studies Part XV: The Application of the Fiber Network Theory" ,Textile Res. J., Vol. 38, pp. 343-351, 1968.
4. Singh, S.B., Goswomi, B.C., "Theoretical Determination of the Mechanical Response of Spun-bonded Nonwovens", J. Text. Inst. , Vol. 86, pp. 271-288, 1995.
5. Hearle, J. W. S.,Stevenson, P. J.,"Nonwoven Fabric Studies Part III:The Anisotropy of Nonwoven Fabrics", Textile Res. J., Vol. 33, pp. 877-888,1963.
6. Xu, B., Yu, L., "Determining Fiber Orientation Distribution in Nonwoven with Hough Transform Techniques", Textile Res. J., Vol. 67, pp. 563-571, 1997.
7. Pourdeyhimi, B., Ramanathan, R., Dent, R., "Measuring Fiber Orientation in Nonwoven Part I: Simulation", Textile Res. J., Vol. 66, pp. 713-722, 1996.
8. Pourdeyhimi, B., Ramanathan, R., Dent, R., "Measuring Fiber Orientation in Nonwoven Part II: Direct Tracking", Textile Res. J., Vol. 66, pp. 747-753, 1996.
9. Pourdeyhimi, B., Dent, R., Davis, H., "Measuring Fiber Orientation in Nonwoven Part III: Fourier Transform", Textile Res. J., Vol. 67, pp. 143-151, 1997.
10. Pourdeyhimi, B., Dent, R., "Measuring Fiber Orientation in Nonwoven Part IV: Flow Field Analysis", Textile Res. J., Vol. 67, pp. 181-187, 1997.
11. Pourdeyhimi, B., Dent, R., Jerbi, A., Tanaka, S., Deshpande, A., "Measuring Fiber Orientation in Nonwoven Part V: Real Webs", Textile Res. J., Vol. 69, pp. 185-192, 1999.