

بررسی خواص حرارتی مجموعه چند لایه پارچه دارای پارچه اسپیسر

ندا دهقان / پدram بیوندی^۱

چکیده

شناخت دقیق خواص حرارتی منسوجات، با توجه به کاربردهای گسترده‌ای که دارند، مانند پارچه‌های چندلایه به عنوان لباس‌های محافظ حرارتی و لباس زمستانه در شرایط آب و هوایی سرد، دارای اهمیت می‌باشد. هدف از این بررسی، تعیین مقاومت حرارتی پارچه‌های اسپیسر و بیافت به صورت جداگانه و سپس مقایسه تک لایه‌ها با مجموعه چندلایه پارچه است. نتایج حاصل از آزمون تجربی با مدل مقاومتی سری ارائه شده، مقایسه گردید. در تحلیل آماری انجام گرفته تاثیر وزن، عمق نفوذ سوزن و افزایش تعداد لایه بر مقاومت حرارتی بررسی شد. نتایج نشان داد که دو عامل وزن و افزایش لایه و اثر متقابل آنها بر مقاومت حرارتی اثر معنی‌دار دارد.

۱- مقدمه

شناخت دقیق خواص فیزیکی منسوجات مانند خواص حرارتی، با توجه به کاربردهای گسترده در صنایع گوناگون، مورد توجه محققین می‌باشد؛ از جمله این کاربردها استفاده از منسوجات مختلف به صورت چندلایه در مواردی چون عایق و محافظ حرارتی است.

تعیین پارامترهای تاثیرگذار بر مقاومت حرارتی در مجموعه چند لایه و انتخاب پارامترهای ساختاری بهینه در این مجموعه‌ها، جهت رسیدن به مقاومت حرارتی معین، در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

جنس منسوج، ضخامت، وزن، لایه هوا، فشار و ... از جمله پارامترهای موثر بر مقاومت حرارتی هستند.

استفاده از چند لایه منسوج، پیشنهاد مناسبی جهت ایجاد عایق حرارتی است. به طور معمول لباس‌های محافظتی حرارتی شامل ۳ لایه، لایه داخلی، لایه میانی و

لایه بیرونی هستند که هر یک از این لایه‌ها با ویژگی‌های خاص، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مقاومت حرارتی در لایه‌های بی‌بافت وابسته به ضخامت بوده و استفاده از آنها یکی از راهکارهای موثر برای افزایش مقاومت حرارتی است. در منسوجات چندلایه، استفاده از پارچه‌های سوزن زنی شده، به دلیل داشتن عملکرد خوب در عایق کردن مجموعه، به عنوان لایه میانی پیشنهاد می‌شود.

Morris مقاومت حرارتی چندین نوع پارچه را با استفاده از دستگاه انتقال حرارت تعیین و عنوان کرد، در صورتی که لایه‌ها دارای سطوح صاف و هموار باشند، مقاومت حرارتی مجموعه چندلایه را می‌توان با مجموع مقدار مقاومت هر یک از لایه‌ها، تخمین زد.

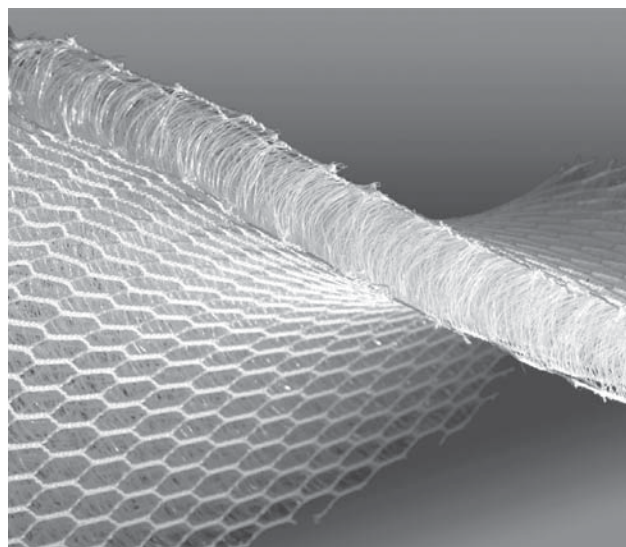
در بررسی انجام شده توسط Epps مقاومت حرارتی منسوجات چند لایه با هدف تعیین رابطه بین تعداد لایه و مقاومت حرارتی انجام گرفت. نتایج حاصل از آزمون تجربی نشان داد که انتقال حرارت وابسته به تعداد لایه پارچه و رابطه خطی بین مقاومت حرارتی و تعداد لایه به دست آمد.

Huang و همکاران نیز افزایش مقاومت حرارتی، با افزایش تعداد لایه از ۱ الی ۴ لایه را گزارش کردند؛ نتایج بررسی آنها نشان داد که مقاومت حرارتی مجموعه چند لایه، بزرگتر از مجموع مقاومت حرارتی لایه‌های تکی است و علت آن را میتوان به دام افتادن هوا در بین لایه‌ها دانست.

نتایج حاصل از آنالیز تجربی در استفاده از بی‌بافت سوزن زنی شده به عنوان لایه میانی، نشان داد که مقاومت حرارتی مجموعه چندلایه با افزایش جرم واحد سطح افزایش و با افزایش تراکم سوزن زنی کاهش می‌یابد.

پارچه‌های اسپیسر را به دلیل داشتن ساختار ویژه، می‌توان در منسوجات چندلایه مورد استفاده قرار داد.

در این مطالعه مقاومت حرارتی مجموعه پارچه اسپیسر و بی‌بافت سوزن زنی شده تعیین و تاثیر پارامترهای مختلف بررسی گردید.





۲. تجربیات

۱-۲ مواد

در این بررسی ۹ نوع بی‌بافت سوزن زنی شده صد درصد پلی‌استر با متوسط ظرافت ۶ دنیر با مشخصات ارائه شده در جدول ۱ و یک پارچه اسپیسر حلقوی تار پی‌استری مورد استفاده قرار گرفت. تراکم سوزن زنی برای تمام نمونه‌ها ثابت و برابر با ۲۰۰ نفوذ بر سانتیمتر مربع است. نفوذپذیری هوا با استفاده از دستگاه نفوذپذیری هوا SDL21 در فشار ۲ میلیمتر آب تعیین گردید.

جدول ۱- مشخصات بی‌بافت‌های سوزن زنی شده.

کد نمونه	وزن واحد سطح (g/m ²)	ضخامت (mm)	عمق نفوذ سوزن (mm)	نفوذپذیری هوا (cm ³ /cm ² /s)
A1	۱۲۰	۲/۳	۸/۵	۲۵/۷
A2	۱۲۰	۱/۸	۱۰	۲۲/۷۵
A3	۱۲۰	۱/۳	۱۱/۵	۲۷/۶
B1	۱۸۰	۲/۳	۸/۵	۱۹/۶
B2	۱۸۰	۲/۱	۱۰	۱۷/۶
B3	۱۸۰	۱/۳	۱۱/۵	۲۱/۶
C1	۲۴۰	۲/۳	۸/۵	۱۴/۷
C2	۲۴۰	۲	۱۰	۱۰/۸
C3	۲۴۰	۱/۸	۱۱/۵	۱۶/۷۶

۲- روش‌ها

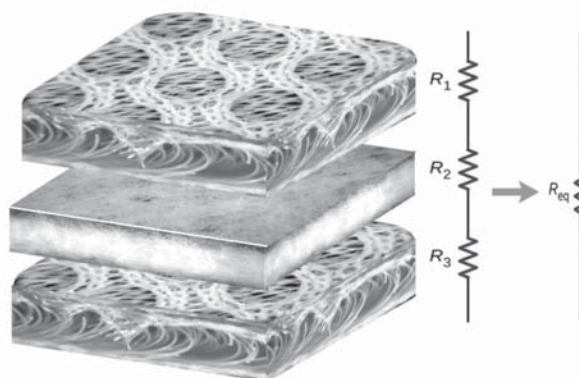
در این بررسی یک نمونه پارچه اسپیسر حلقوی تار با ضخامت ۲/۱ میلی‌متر به عنوان لایه داخلی و بیرونی و ۹ نمونه بی‌بافت سوزن زنی شده به عنوان لایه میانی مورد استفاده قرار گرفتند.

نحوه چیدمان لایه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. روش‌های مختلفی برای تعیین هدایت حرارتی در منسوجات وجود دارد، سه روش پرکاربرد عبارتند از:

۱- روش دو صفحه: که در آن پارچه بین دو صفحه فلزی که در آن گرادپان دما وجود دارد قرار داده می‌شود.

۲- روش سرد کردن: در این روش یک طرف پارچه روی یک صفحه داغ و سطح دیگر پارچه در معرض هوا قرار می‌گیرد.

۳- روش دما ثابت: که در آن پارچه اطراف منبع حرارتی پیچیده می‌شود. مقاومت حرارتی هر یک از لایه‌ها به صورت جداگانه و به صورت چند لایه با استفاده از



شکل ۱- چیدمان چند لایه اسپیسر و لایه بی‌بافت

دستگاه طراحی شده مطابق با استاندارد ASTM D1518-85 که بر اساس روش سرد کردن است؛ تعیین شد. مقاومت حرارتی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$R = \frac{(T_p - T_a)}{Q/A}$$

در این رابطه T_p دمای صفحه آزمون، T_a دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد، $(Q) W$ توان مورد نیاز برای ثابت نگه داشتن صفحه آزمون در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و A مساحت نمونه آزمون (2m) است.

تعیین میزان شار حرارتی عبوری از نمونه‌ها با عایق کردن صفحه داغ و اطمینان از جلوگیری از هدر رفتن حرارت و همچنین عبور گرمای تولید شده فقط از طریق نمونه با استفاده از توان مصرفی منبع تغذیه در ثابت نگه داشتن دمای مد نظر محاسبه شد.

مدل سری مدلی را می‌توان برای پیش بینی مقدار مقاومت حرارتی کل در مجموعه‌های چند لایه مورد استفاده قرار داد.

در شکل ۱، مدل سری مقاومت‌ها نشان داده شده است. در این بررسی لایه‌ها در تماس با یکدیگر قرار دارند و فرض شده است که این تماس کامل و لایه‌ها بین آنها وجود ندارد.

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^3 R_i$$

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون تجربی برای تعیین مقاومت حرارتی هر یک از لایه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

پارچه‌های بی‌بافت با اسم A-C کدگذاری و نمونه‌های چند لایه که شامل ۲ لایه اسپیسر و نمونه بی‌بافت است با I-III کد شده‌اند.

مقاومت حرارتی برای تک لایه پارچه اسپیسر (۰/۰۴۲۸ K/W2m) بدست آمد. جدول ۳ مقایسه نتایج حاصل از روش تجربی و مدل سری را نشان می‌دهد.

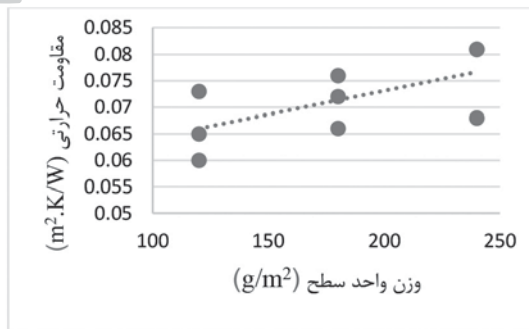
بر اساس نتایج آماری استخراج شده از جدول ۴ و سطوح معنی‌داری به دست آمده، مشخص شد که وزن، افزایش چند لایه و اثر متقابل آنها بر مقاومت حرارتی تاثیر معنی‌دار دارند، به طوری که افزایش وزن و افزایش تعداد لایه باعث افزایش مقاومت حرارتی مجموعه چند لایه پارچه می‌شود.

رابطه ضخامت و وزن واحد سطح با مقاومت حرارتی در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است.

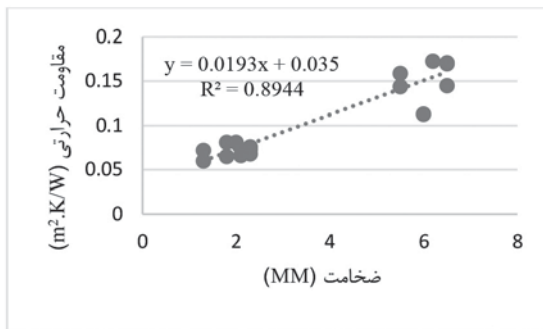
نتایج حاصل نشان می‌دهد که افزایش تعداد لایه، مقاومت حرارتی را در مجموعه چند لایه افزایش می‌دهد، رابطه به دست آمده بین ضخامت و مقاومت حرارتی تقریباً خطی است، همچنین در لایه‌های بی‌بافت سوزن زنی شده با افزایش وزن واحد سطح مقاومت حرارتی افزایش می‌یابد.

مقاومت حرارتی مدل برابر با مجموع مقاومت هر یک از لایه‌ها که شامل دو لایه اسپیسر و یک لایه بی‌بافت است.

در مقایسه مقاومت حرارتی بدست آمده با روش تجربی و مدل سری از جدول



شکل ۳- رابطه وزن واحد سطح و مقاومت حرارتی



شکل ۲- رابطه ضخامت و مقاومت حرارتی

۳، مشاهده می‌شود که مدل تا حدودی قادر به پیش‌بینی مقاومت حرارتی چند لایه پارچه می‌باشد و این در صورتی است که لایه‌ها کاملاً صاف و هموار باشند. در غیر اینصورت لایه هوا در بین لایه‌ها قرار گرفته و باعث بالاتر رفتن مقاومت حرارتی می‌شود.



جدول ۳- مقایسه مقاومت حرارتی از روش تجربی و مدل سری.

خطا (%)	مقاومت حرارتی پیش‌بینی شده (m².K/W)	مقاومت حرارتی مجانبه شده (m².K/W)	کد نمونه
۹.۶۵	-۱.۵۹	-۱.۴۵	I1
۳۲.۷	-۱.۵۱	-۱.۳۳	I2
۱.۳۸	-۱.۴۶	-۱.۴۴	I3
۴.۷	-۱.۶۳	-۱.۱۷	III1
۸.۹۸	-۱.۵۲	-۱.۶۷	II2
-۰.۶۲	-۱.۵۸	-۱.۵۹	II3
۹.۹۴	-۱.۵۴	-۱.۴۱	III1
۳.۴۶	-۱.۶۷	-۱.۷۳	III2
۱۰.۳۱	-۱.۶۷	-۱.۸۶	III3

جدول ۲- مقاومت حرارتی نمونه‌ها.

کد نمونه	ضخامت (mm)	مقاومت حرارتی (m².K/W)	کد نمونه	ضخامت (mm)	مقاومت حرارتی (m².K/W)
A1	۲.۳	-۱.۷۳	I1	۶.۵	-۱.۴۵
A2	۱/۸	-۱.۶۵	I2	۶	-۱.۳۳
A3	۱/۳	-۱.۶۰	I3	۵.۵	-۱.۴۴
B1	۲.۳	-۱.۷۶	III1	۶.۵	-۱.۱۷
B2	۲/۱	-۱.۶۶	II2	۶.۳	-۱.۶۷
B3	۱/۳	-۱.۷۲	II3	۵.۵	-۱.۵۹
C1	۲.۳	-۱.۶۸	III1	۶.۵	-۱.۴۱
C2	۲	-۱.۸۱	III2	۶.۲	-۱.۷۳
C3	۱/۸	-۱.۸۱	III3	۶	-۱.۸۶

جدول ۴- تحلیل واریانس متغیرها بر مقاومت حرارتی چندلایه

منبع تغییرات	وزن واحد سطح (A)	عمق نفوذ سوزن (B)	چیدمان چندلایه (C)	p-value
CoB	< ۰.۰۰۰۱	< ۰.۰۰۰۱	< ۰.۰۰۰۱	۰.۶۳۹۱
CeA	< ۰.۰۰۰۱	< ۰.۰۰۰۱	< ۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱
B eA	< ۰.۰۰۰۱	< ۰.۰۰۰۱	< ۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱

۴- نتیجه‌گیری

پارچه اسپیسر را به دلیل ساختار سه لایه و ضخامت‌های متغیر و بالاتر نسبت به پارچه‌های حلقوی و تارپودی، می‌توان در کاربردهای عایق حرارتی مورد استفاده قرار داد. استفاده همزمان از این نوع پارچه و لایه‌های بی‌بافت باعث بالارفتن مقاومت حرارتی نسبت به استفاده از پارچه‌های نازک‌تر چون تارپودی و حلقوی می‌شود.

نتایج این بررسی نشان داد که می‌توان با انتخاب پارچه‌های بی‌بافت با عمق نفوذ سوزن و وزن‌های مختلف و پارچه اسپیسر با ضخامت‌های متفاوت، مجموعه چند لایه پارچه با مقاومت حرارتی متغیر ایجاد کرد. همچنین با افزایش وزن لایه‌های بی‌بافت و ضخامت مجموعه چند لایه، مقاومت حرارتی منسوج چندلایه افزایش می‌یابد.

بی‌نوشت:

۱- دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه یزد