بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد
دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

تکنولوژی نساجی

بررسی ومطالعه پیرامون تاثیر ساختار و پیکربندی لایه‌های بی‌بافت در پانل‌های عایق حرارتی بر روی میزان انتقال حرارت آن‌ها

استادان راهنما:

دکترسید عباس میرجلیلی

دکترمحمد جواد صراف

استاد مشاور:

دکتر مریم شرزه‌ئی

پژوهش و نگارش:

صحرا چهارمحالی

اسفند ماه ۱۳۹۰

با سپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موهایشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا گرما بخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

از جناب آقای دکتر میر جلیلی، استاد راهنمای پروژه تشکر ویژه دارم. بر خود لازم می‌دانم از توجه و زحمات استاد مشاور دوم جناب آقای دکتر صراف و استاد مشاور خانم دکتر شرزه‌یی که در انجام این تحقیق مرا یاری نمودند، تقدیر و تشکر نمایم. همچنین از استادان بزرگوارم در دانشگاه یزد، که مرا در آموختن علم یاری و راهنمایی نمودند کمال تشکر را داشته باشم.

از پدر و مادر مهربانم و خواهران عزیزم و همراهی‌های ایشان در طول تحصیلم کمال تشکر را دارم.

از مدیریت محترم شرکت بافندگی حجاب و همکاری‌های پرسنل این شرکت، بسیار سپاس‌گزارم.

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

چکیده

با توجه به تولید روز افزون منسوجات بی‌بافت و پیشرفت صنعت در این بخش، امروزه کاربردهای گوناگونی برای این نوع منسوجات وجود دارد. یکی از این کاربردها استفاده از آن به عنوان عایق حرارتی می‌باشد که بررسی خواص گرمایی این منسوح را ضروری می‌سازد.

در این تحقیق ابتدا توضیح مختصری از نحوه‌ی تولید منسوجات بی‌بافت، کاربردهای آن بیان شده است. سپس تعریف عایق‌گرمایی و نقش آن، گرما و تعاریف لازم جهت تعریف خواص گرمایی و مقاومت گرمایی توضیح داده شده است. سپس روش‌های اندازه‌گیری مقاومت گرمایی بیان شده است. سری اول نمونه‌ها از لایه بی‌بافت خام سوزن زنی شده با چیدمان‌های مثلثی، مورب، صاف پنج تایی، صاف هفت تایی، سینوسی و موازی تهیه گردید. در این نمونه‌ها جرم لایه و حجم کل ثابت نگه داشته شد و فقط پارامتر چیدمان لایه متغیر بود. در سری دوم، لایه‌ها با چیدمان موازی در فواصل ثابت به صورت دو لایه، سه لایه، چهار لایه و پنج لایه مورد بررسی و مطالعه قرار داده شد.

جهت تعیین خواص گرمایی نمونه‌ها یک دستگاه اندازه‌گیری مقاومت حرارتی طراحی و ساخته شد. آزمایشات دیگر نیز جهت تعیین خواص فیزیکی چون جرم و ضخامت انجام گردید. در نهایت تأثیر پارامتر چیدمان لایه بر مقاومت گرمایی با استفاده از دستگاه ساخته شده مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

نتایج آزمایشات نشان می‌دهدکه با تغییر چیدمان لایه مقاومت گرمایی تغییر می‌کند. در نمونه با چیدمان سینوسی که مسیر عبور هوا در آن مسدود می‌باشد بیشترین مقاومت گرمایی وجود دارد و هر چه چیدمان به نحوی باشد که مسیر حرکت هوا در لایه آسان‌تر باشد، مقاومت گرمایی کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش تعداد لایه نیز مقاومت گرمایی افزایش می‌یابد و با ضخامت رابطه‌ی خطی دارد.

فهرست مطالب

فصل اول : مبانی تئوری و مروری برکارهای انجام شده قبلی..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۲

۱-۲- منسوجات بی‌بافت..... ۴

۱-۲-۱-کاربردهای عمده منسوجات بی‌بافت..... ۴

۱-۲-۲- منسوجات بی‌بافت، مواد اولیه و روش‌های تولید..... ۵

۱-۲-۳- الیاف و نقش آن در تولید منسوجات بی‌بافت..... ۵

۱-۲-۴- فرآیند تولید لایه‌ی الیاف..... ۶

۱-۲-۵- روش‌های ایجاد پیوند در لایه الیاف..... ۷

۱-۳- تعریف عایق و انواع آن..... ۱۰

۱-۳-۱- نقش عایق‌های حرارت..... ۱۱

۱-۳-۲- خصوصیات عایق‌های حرارتی..... ۱۲

۱-۳-۳- انواع روش‌های انتقال حرارت..... ۱۳

۱-۳-۳-۱- رسانش..... ۱۳

۱-۳-۳-۲- جابه‌جایی..... ۱۶

۱-۳-۳-۳- تشعشع..... ۱۸

۱-۳-۴-شاخصه‌های انتقال گرما..... ۲۲

۱-۳-۴-۱- هدایت گرمایی..... ۲۲

۱-۳-۴-۲- فاکتور هدایت..... ۲۳

۱-۳-۴-۳- ضریب انتقال گرما..... ۲۳

۱-۳-۴-۴-مقاومت حرارتی مخصوص ۲۳
۱-۳-۴-۵- مقاومت حرارتی ۲۳
۱-۳-۴-۶- جریان گرمایی ۲۴
۱-۴- انتقال گرما در منسوجات بی‌بافت ۲۴
۱-۴-۱- انتقال گرما در منسوجات بی‌بافت به روش رسانش ۲۵
۱-۴-۲- انتقال گرما در منسوجات بی‌بافت به روش همرفت ۲۹
۱-۴-۳- انتقال گرما در منسوجات بی‌بافت به روش تشعشع ۲۹
۱-۵-کاربرد منسوجات در حفظ گرمای محیط ۳۳
۱-۵-۱- انرژی گرمایی در منسوج ۳۴
۱-۵-۲- واحد اندازه‌گیری مقاومت حرارتی منسوجات ۳۶
۱-۵-۲-۱- Clo ۳۶
۱-۵-۲-۲- Tog ۳۶
۱-۶-مروری بر کارهای انجام شده قبلی ۳۷
۱-۶-۱- اصول کار دستگاه Togmeter ۳۷
۱-۶-۲- تشریح دستگاه ۳۸
۱-۶-۳- تأثیر دانسیته‌ی سوزن زنی و جرم پارچه در مقاومت گرمایی مخصوص ۴۰
۱-۶-۴- عوامل موثر بر خواص گرمایی منسوجات بی‌بافت ۴۳
فصل دوم: طراحی و ساخت دستگاه سنجش مقاومت حرارتی ۴۹
۲-۱- اصول اندازه‌گیری مقاومت گرمایی ۵۰
۲-۱-۱- ASTM D1518 ..... ۵۰

۲-۱-۲- BS 4745-1984 ..... ۵۱
۲-۱-۳- ISO 5085-2 , ISO 5085-1 1989 ..... ۵۱
۲-۱-۴- اصول اندازه‌گیری مقاومت گرمایی استاندارد BS5335 ..... ۵۲
۲-۲- ساخت دستگاه اندازه‌گیری مقاومت حرارتی ۵۴
۲-۳- طراحی و ساخت دستگاه سنجش مقاومت حرارتی ۵۷
فصل سوم: مواد و تجهیزات مورد استفاده ۶۷
۳-۱- مواد اولیه ۶۸
۳-۱-۱- وسایل مورد استفاده ۷۰
۳-۱-۲- ضخامت ۷۰
۳-۱-۳- جرم واحد حجم ۷۰
۳-۱-۴- حجم هوای محبوس در نمونه ۷۰
۳-۲- اندازه گیری مقاومت حرارتی ۷۱
۳-۲-۱- روش دو صفحه‌ای ۷۳
۳-۲-۲- روش یک صفحه‌ای ۷۴
۳-۳- کالیبراسیون دستگاه ساخته شده ۷۶
۳-۳-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام آزمایش ۷۷
۳-۳-۲- محاسبه ضریب هدایت گرمایی ۷۸
فصل چهارم: بحث و تجزیه تحلیل نتایج ۸۱
۴-۱- نتایج کلی ۸۲
۴-۲- تحلیل نتایج ۸۳

۴-۲-۱- تأثیر چیدمان بر مقاومت حرارتی ۸۳
۴-۲-۲- بررسی متغیرهای دیگر در مقاومت گرمایی ۸۴
۴-۲-۳- مقایسه روند افزایش درصد هوا و مقاومت حرارتی در چیدمان های مختلف ۸۵
۴-۲-۴- مشارکت مکانیزم های انتقال گرما در تعیین هدایت گرمایی ۸۶
۴-۳- تأثیر تعداد لایه در مقاومت حرارتی مخصوص ۸۸
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۱
۵-۱- نتیجه‌گیری ۹۲
۵-۲ پیشنهادات ۹۳
منابع ۹۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ۱ نمای شماتیک ماشین سوزن زنی ۹

شکل ۱- ۲ نمای شماتیک عملکرد سوزن زنی ۹

شکل ۱- ۳ روش استفاده از جت آب ۱۰

شکل ۱- ۴ شیوه های انتقال گرما:رسانش، جابه جایی وتشعشع ۱۳

شکل ۱- ۵ ارتباط انتقال گرمای رسانشی با پخش انرژی ناشی از فعالیت مولکولی ۱۴

شکل ۱- ۶ انتقال گرمای رسانشی یک بعدی (پخش انرژی) ۱۵

شکل ۱- ۷ فرآیند های انتقال گرمای جابه جایی الف: جابه جایی واداشته/ ب : جا به جایی طبیعی ۱۷

شکل ۱- ۸ فرآیند گسیل (الف: به عنوان پدیده حجمی / ب: به عنوان پدیده سطحی) ۲۰

شکل ۱- ۹ تبادل تشعشع (الف) در سطح/(ب) بین سطح و اطراف بزرگ ۲۰

شکل ۱- ۱۰ نمای ایزومتریک دستگاه اندازه گیری مقاومت گرمایی ۳۹

شکل ۱- ۱۱ شمای دستگاه Holometrix Guarded hot Plate ۴۵

شکل ۱- ۱۲ شمای دستگاه FTIR ۴۶

شکل ۲- ۱ شمای دستگاه Guarded hot Plate ۵۳

شکل ۲- ۲ شمای دستگاه مورد استفاده در استاندارد BS 5335 ..... ۵۳

شکل ۲- ۳ نمای شماتیک کارکرد وسیله در استاندارد BS 4745 ..... ۵۴

شکل ۲- ۴ دید از جلوی دستگاه Comparator apparatuse مورد استفاده در BS 4745 ..... ۵۴

شکل ۲- ۵دید از بالای دستگاه Comparator apparatuse مورد استفاده در BS 4745 ..... ۵۵

شکل ۲- ۶ محفظه دستگاه در استاندارد BS 4745 ..... ۵۷

شکل ۲- ۷ قسمت اصلی دستگاه ساخته شده ۵۸
شکل ۲- ۸ قسمت دوم دستگاه ساخته شده ۵۸
شکل ۲- ۹ شمای دستگاه طراحی شده نمای جلو ۵۹
شکل ۲- ۱۰ شمای دستگاه طراحی شده نمای قائم ۵۹
شکل ۲- ۱۱ چهارچوب کلی دستگاه ساخته شده ۶۰
شکل ۲- ۱۲ نمایشگر کنترل کننده دمای نوع اول ۶۴
شکل ۲- ۱۳ نمایشگر کنترل کننده‌ی دمای نوع دوم ۶۴
شکل ۲- ۱۴ بخش الکترونیکی ترموکوپل‌ها ۶۵
شکل ۲- ۱۵ کنتاکتور هیتر و فن ۶۵
شکل ۳- ۱ آرایش مورب ۶۸
شکل ۳- ۲ آرایش مثلثی ۶۸
شکل ۳- ۳ آرایش صاف ۶۹
شکل ۳- ۴ آرایش سینوسی ۶۹
شکل ۳- ۵ آرایش موازی ۶۹

فهرست نمودارها

نمودار ۱-۱ نمودار سه دمای ($t1$، $t2$، $t3$) بر حسب زمان ۳۹
نمودار ۱-۲ تأثیر جرم پارچه و دانسیته سوزن زنی بر مقاومت گرمایی مخصوص ۴۲
نمودار ۱-۳ ضرایب هدایت گرمایی کل و هدایت گرمایی به روش رسانش و تابش در همه نمونه ها ۴۷
نمودار ۴-۱ تأثیر چیدمان لایه ها در مقاومت گرمایی لایه ۸۳
نمودار ۴-۲ رابطه ی خطی بین مقاومت گرمایی و درصد هوای محبوس در لایه ۸۶
نمودار ۴-۳ تأثیر چیدمان بر هدایت کل، هدایت تشعشعی و هدایت رسانشی ۸۷
نمودار ۴-۴ تغییرات هدایت گرمایی کل ۸۷
نمودار ۴-۵ تأثیر تعداد لایه در مقاومت گرمایی مخصوص ۸۹
نمودار ۴-۶ رابطه خطی بین مقاومت گرمایی و ضخامت برای نمونه های چند لایه ۸۹
نمودار ۴-۷ تغییرات مقاومت گرمایی با تغییر جرم در نمونه های چند لایه ۹۰

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱ نتایج آماری تحقیق ۴۰
جدول ۱-۲ خصوصیات لایه‌ها ۴۱
جدول ۱-۳ نمونه منسوجات بی‌بافت مورد آزمایش ۴۴
جدول ۲-۱ هدایت گرمایی انواع پلی استایرن‌های با Grade مختلف ۶۱
جدول ۳-۱ خصوصیات لایه‌ها ۶۹
جدول ۴-۱ خصوصیات فیزیکی و گرمایی نمونه‌های تولید شده با چیدمان‌های مختلف ۸۲
جدول ۴-۲ ضرایب همبستگی متغیرهای تعریف شده در این تحقیق ۸۵
جدول ۴-۳ خصوصیات فیزیکی و گرمایی نمونه‌های چند لایه تولید شده با چیدمان موازی ۸۸

فصل اول

مبانی تئوری و مروری برکارهای انجام شده قبلی

۱-۱ مقدمه

در طول هفت دهه‌ی گذشته، تولید منسوجات شاهد پیشرفت‌های فراوانی بوده است. از جمله این پیشرفت‌ها می‌توان به فرآیند تولید منسوجات بی‌بافت اشاره نمود [۱]. منسوجات بی-بافت به پارچه‌هایی اطلاق می شود که در آن پارچه مستقیماً از الیاف ساخته می‌شود [۲]. تاکنون ۲۰۰ روش تولید منسوجات بی‌بافت به کار گرفته شده است و در کل یک روش واحد معمول برای تولید این گونه منسوجات وجود ندارد [۱].

این گروه از منسوجات به دلیل تنوع، کوتاه بودن فرایند تولید، قیمت تمام شده پایین و همچنین به کارگیری انواع ضایعات در خط تولید این منسوجات، امروزه به طور گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف از جمله کاربردهای خانگی، پزشکی، کفپوش‌های صنعتی ولایه‌های عایق مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳].

پس از بحران نفتی در سال ۱۹۷۳ (۱۳۵۲ شمسی)، بحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی در سراسر جهان اهمیت خاصی پیدا کرد به لحاظ کمبود صادرات نفتی از یک طرف و صعود قیمت‌ها از طرف دیگر، نگرش جدیدی در خصوص مصرف انرژی شکل گرفت. از سوی دیگر سوخت‌های فسیلی منابعی رو به اتمام هستند، که با افزایش سریع جمعیت و دو برابر شدن آن تا نیم قرن دیگر، جوابگوی انرژی مورد نیاز بشر نخواهند بود. همچنین گستردگی آلودگی ناشی از این سوخت‌ها مشکلات زیست محیطی زیادی از جمله گرم شدن هوا و اثر گازهای گلخانه‌ای را در بر-داشته است. بنابراین استفاده از عایق‌های مناسب حرارتی در صنایع گوناگون که منجر به بهینه سازی مصرف انرژی می‌گردد، علاوه بر کمک به حفظ محیط زیست در دراز مدت، می‌تواند تداوم استفاده‌ی نسل‌های آینده از انرژی را تضمین نماید [۴].

با شروع یک فرآیند حرارتی و گرم شدن تدریجی محیط فرآیند شامل انواع کوره‌ها، بویلرها، هیترها و دیگر تجهیزات حرارتی، به تدریج حرارت حاصله به دیوارهای جانبی، کف و سقف محیط فرآیند نفوذ کرده و مطابق قانون ترمودینامیک از طرف سطح گرم به سطح سرد به حرکت در می

آید. مقدار گرمایی که به عنوان گرمای تلف شده وارد محیط می‌شود، می‌تواند خیلی مهم باشد [۵]. بنابراین ایجاد یک تعادل گرمایی بهینه از نظر اقتصادی در عملکرد فرآیند بسیار حائز اهمیت خواهد بود. اتلاف حرارت به معنای به هدر دادن سوخت و انرژی است و در نتیجه باعث افزایش هزینه‌های تولید و افزایش قیمت تمام شده محصولات می‌شود [۶]. در بسیاری موارد توفیق یک فرآیند منوط به ثابت نگه داشتن دمای پروسه‌ی تولید می‌باشد و تغییر دمای محیط موجب عدم تأمین شرایط حرارتی پایدار جهت انجام فعل و انفعالات شیمیایی می‌گردد. گاهی هم عایق‌های حرارتی نقش محافظ پیدا می‌کنند. برای مثال محافظت از کابل‌های برق، در برابر آتش سوزی ناگهانی و محافظت از جان انسان‌ها در برابر شوک‌های حرارتی و ... [۶] .

تا کنون تحقیقات بسیاری روی انواع عایق‌ها، برای بهتر کردن خصوصیات آن‌ها و افزایش مقاومت حرارتی عایق‌ها صورت پذیرفته است. یکی از پرمصرف‌ترین و کاربردی‌ترین نوع عایق‌ها، انواع منسوجات بافته شده و بی‌بافت از الیاف گوناگون می‌باشد. منسوجات به علت داشتن خصوصیات منحصربه فردی از جمله وزن کم، انعطاف پذیری بالا، میزان انتقال حرارت کم به علت داشتن ساختاری متخلخل، قیمت نسبتاً مناسب، روش‌های سریع و آسان نصب و قابلیت به کارگیری در هر شرایطی از مطلوبترین عایق‌ها محسوب می‌شوند. همچنین نقش منسوجات در تهیه پوشاک محافظ بسیار حیاتی و پراهمیت می‌باشد. تحقیقات زیادی هم روی این گونه منسوجات محافظ در تعیین میزان مقاومت آن‌ها انجام گرفته است [۷].

از آنجایی که هوا بهترین عایق گرمایی می‌باشد، لذا منسوجات بی بافت که قادر به حبس هوا در داخل ساختار خود می‌باشند یکی از بهترین عایق‌های گرمایی به حساب می‌آیند. با مطرح شدن افزایش هزینه انرژی حاصله از سوخت‌های فسیلی، استفاده از بی‌بافت‌ها با چیدمان‌هایی[1] که سبب حبس هوا در ساختار لایه‌ها می‌گردد، به عنوان عایق گرمایی در ساختمان سازی، صنعت و ... می‌تواند عامل صرفه‌جویی در مصرف انرژی گرمایی باشد.

[1] Configuration

۱-۲- منسوجات بی‌بافت

منسوجات بی‌بافت تهیه شده به روش خشک معمولاً از یک لایه یا تار عنکبوتی (بی‌نظم یـا آرایش یافته) تشکیل می‌شود. جهت افزایش استحکام لایه‌های تارعنکبوتی می‌تواند با پارچه‌هـای بافته شده، فیلم پلاستیک، لایه فوم و فویل فلزی همراه می‌شوند [۱].

این منسوجات همانطور که گفته شد دارای ساختاری از الیاف می‌باشند. و لیکن همانند پارچه‌های بافته شده از درگیری نخ‌ها تولید نمی‌شود، بلکه طی فرآیندهای مختلف و متنوع و از درگیر کردن الیاف با یکدیگر حاصل می‌شوند. بنابراین چون عمل بافت همانند پارچه‌های بافته شده صورت نمی‌گیرد، به نام منسوجات بی‌بافت نامیده شده‌اند [۳]. تاریخچه‌ی تولید منسوجات بی‌بافت صنعتی حدوداً به دهه ۱۹۴۰ برمی‌گردد، زمانی‌که اولین تار عنکبوتی لیفی که با چسب به هم پیوند زده شده بود، تولید گردید. هدف اولیه از ابداع این تکنولوژی جدید، مصرف ضایعات حاصله از تولید پارچه‌های بافته شده بود [۱].

۱-۲-۱-کاربردهای عمده منسوجات بی‌بافت

به طور کلی کاربرد منسوجات بی بافت شامل موارد زیر می باشد:

۱ -کاربردهای بهداشتی: شامل نیازهای بهداشتی در سنین مختلف.

۲ -کاربردهای پزشکی: شامل اقلام مصرفی در بیمارستان‌ها مثل لباس اتاق عمل، باند و ملحفه یک بار مصرف.

۳ -کاربردهای صنعتی: شامل انواع فیلتر (فیلتر هوا، گاز و مایعات) و عایق.

۴ -کاربردهای خانگی: شامل پوشش وسایل خانگی، موکت و کیسه خواب.

۵ -صنایع پوشاک: شامل انواع لایه و مواد پرکننده.

۶ -صنایع اتومبیل سازی: شامل عایق، کفپوش و فیلتر.

۷ -صنایع عمرانی که شامل پوشش لوله و لایه‌های حفاظت کننده و پایدارکننده خاک[۸].

استفاده جهانی از منسوجات بی‌بافت در زمینه‌های مختلف، با سرعت زیادی در حال گسترش می‌باشد. امروزه منسوجات بی‌بافت در اکثر بخش های زندگی روزمره انسان‌ها وارد گردیده است.

۱-۲-۲- منسوجات بی‌بافت، مواد اولیه و روش‌های تولید

خصوصیات منسوجات بی‌بافت نیز همانند هر منسوج دیگر تحت تأثیر عوامل تشکیل دهنده‌ی آن از نظر مواد اولیه و فرآیندهای مورد استفاده در تولید می‌باشد. مهمترین این عوامل عبارتند از:

- نوع و خصوصیات الیاف مورد استفاده
- عوامل تولیدی از قبیل روش تولید لایه‌ی الیافی، روش ایجاد استحکام (پیوند) در لایه و عملیات تکمیلی

۱-۲-۳- الیاف و نقش آن در تولید منسوجات بی‌بافت

الیاف جز اصلی و اساس تولید پارچه‌های بی‌بافت می‌باشد. حجم نسبی به کارگیری این الیاف در پارچه‌ی کامل شده، بسیار متغیر است و محدوده‌ای از حدود٪ ۳۰ تا ٪ ۱۰۰ را شامل می-شود. شکل سطح مقطع آن‌ها نیز بسیار متفاوت است. الیاف ممکن است به صورت آرایش‌یافته یا بدون نظم در منسوج نهایی قرار گرفته باشند. انتخاب الیاف تابع فرآیند تولید، روش استحکام بخشی منسوج، خصوصیات و کاربرد محصول نهایی می‌باشد [۱].

الیاف مورد استفاده عمدتاً پلی پروپیلن، پلی استر، نایلون و به میزانی ویسکوز ریون می‌باشد. پیشرفت صنعت بی‌بافت، به میزان بسیار زیادی مدیون پیشرفت در صنعت تولید الیاف مصنوعی می‌باشد. الیاف طبیعی در مصارف بسیار خاص و یا به عنوان ضایعات صنایع مستقیم بافت در صنعت بی‌بافت مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲].

۱-۲-۴- فرآیند تولید لایه‌ی الیاف

امروزه روش‌های مختلفی جهت تولید منسوجات بی‌بافت وجود دارد که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی منسوج نهایی به آن بستگی دارد. تکنوژی تولید منسوجات بی‌بافت به طور کلی شامل سه مرحله می‌باشد:

- تولید لایه الیاف
- فرآیند تقویت لایه الیافی
- فرآیند تکمیل

لایه الیاف یا تار عنکبوتی خروجی یک سیستم کاردینگ می‌باشد که متشکل از الیاف درگیر با یکدیگر می‌باشد. تارعنکبوتی دارای وزن کم و استحکام ناچیز می‌باشد [۱]. مرحله تولید لایه الیافی در سیستم بی‌بافت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و به دقت بیشتری نیاز است به این دلیل که شکل اولیه منسوجات بی‌بافت در انتهای عمل کاردینگ ایجاد می‌گردد. عملیات ماقبل کاردینگ شامل باز نمودن، تمیز نمودن و مخلوط کردن الیاف با یکدیگر می‌باشد که ماشین آلات کاربردی دقیقاً شبیه ماشین‌های کاربردی در سیستم بافته شده می‌باشد.

جهت داشتن یک تار عنکبوتی یکنواخت بایستی تغذیه الیاف به کاردینگ بسیار دقیق باشد. بنابراین در انتهای مرحله حلاجی از یک هاپر فیدر[1] استفاده می‌شود. به این معنی که الیاف در انتهای خط حلاجی، توسط شانه جداکننده به داخل ظرف ریزش ریخته می‌شوند و پس از رسیدن به وزن دلخواه روی نوار تغذیه ماشین کاردینگ تخلیه می‌گردد.

طراحی اولیه ماشین کاردینگ در خط تولید منسوجات بی‌بافت به علت عدم امکان جبران نایکنواختی‌هایی که ممکن است توسط این ماشین در تار عنکبوتی ایجاد گردد در مراحل بعدی به دقت و حساسیت بالاتری نیز نیاز دارد. جهت قرارگیری الیاف در لایی نهایی می‌تواند به صورت

[1] Hopper feeder

موازی[1]، عرضی[2] یا راندوم[3] باشد. ولی آرایش الیافی بیشتر در جهت موازی یعنی در جهت حرکت لایه می‌باشد. لذا لایه‌ی حاصل دارای استحکام کششی بالا و ازدیاد طول تا پارگی پایین بوده در حالی که در عرض، این خواص به صورت معکوس خواهند بود. برای بدست آوردن آرایش الیافی دلخواه، از ماشینی به نام کراس لپر[4] استفاده می‌شود که تار عنکبوتی ماشین کاردینگ را در جهت‌های مختلف بر روی نوار قرار می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان آرایش الیافی، عرض و وزن لایه‌ی نهایی را کنترل کرد.

نوار تشکیل شده توسط کراس لپر حصیر الیافی[5] نام دارد. در این ماشین با تغییر سرعت خطی و همچنین سرعت و دامنه رفت و برگشتی نوارهای متحرک، می‌توان وزن در واحد سطح و درجه‌ی یکنواختی لایه‌ی نهایی را تا مقدار دلخواهی افزایش داد. آرایش الیافی و وزن در واحد سطح لایه نهایی بستگی به عواملی چون دامنه حرکت نوارهای متحرک، سرعت حرکت لایه الیاف، سرعت تحویل لایه الیاف به غلتک تحویل و سرعت حرکت عرضی نوارهای متحرک بستگی دارد.

۱-۲-۵- روش‌های ایجاد پیوند در لایه الیاف

لایه الیافی تولیدی توسط ماشین کراس لپر که آرایش و وزن خطی آن مطابق با مصرف نهایی انتخاب شده است دارای استحکام و ثبات ابعادی مطلوبی نمی‌باشد و نیاز به استفاده از روشی داریم که برای افزایش استحکام لایی در بین الیاف آن ایجاد پیوند[6] و اتصال نماید. روش‌های معمول ایجاد پیوند میان لایه الیافی به شرح زیر می‌باشد:

الف- روش شیمیایی

ب- روش گرمایی

---

[1] Parallel direction
[2] Cross direction
[3] Random direction
[4] Cross lapper
[5] Batt
[6] Bond

ج- روش‌های مکانیکی

در روش شیمیایی سه گروه از مواد به عنوان اتصال دهنده استفاده می‌شود که عبارتند از پلیمرهای اکریلیک، کوپلیمرهای استایرن- بوتارین و کوپلیمرهای وینیل استات. پس از آغشته سازی، منسوج را تحت گرما قرار داده تا بدین صورت پیوند لازم مابین الیاف در نقاطی از منسوج که آغشته به آن ماده شیمیایی است ایجاد شود.

در روش گرمایی از گرما دادن و ایجاد پدیده ذوب در نقاطی از لایه الیاف، برای ایجاد پیوند در لایه استفاده می‌نمایند. لایه الیاف در این حالت به صورت مخلوطی از چند نوع لیف می‌باشد که یک جزء آن را الیافی با دمای ذوب پایین تشکیل می‌دهد. به منظور ایجاد پیوند گرمایی میان الیاف از سیستم‌های کالندر کردن[1] و جریان هوای داغ[2] استفاده می‌شود. در روش مکانیکی نیز با افزایش سطح تماس الیاف با هم، که در اثر افزایش درگیری فیزیکی بین آن‌ها می‌باشد، در لایه بی‌بافت استحکام ایجاد می‌گردد و در نتیجه اصطکاک سطحی بین الیاف افزایش می‌یابد. روش‌های معمول و مورد استفاده در ایجاد درگیری بیشتر الیاف در لایه به سه روش زیر می‌باشند:

- درگیرسازی با استفاده از سوزن زنی[3]
- درگیرسازی با استفاده از جت آب[4]
- روش دوخت

■ روش استفاده از ماشین سوزن‌زنی

در شکل ۱-۱ یک نمونه ماشین سوزن‌زنی و در شکل ۱-۲ نمای شماتیک عملکرد سوزن-زنی نشان داده شده است. در این ماشین از سوزن‌هایی با ساختار خاص استفاده می‌شود. با حرکت

[1] Calendering
[2] Through-air
[3] Needle punching
[4] Spunlaced process