**دانشگاه صنعتی اصفهان**

دانشکده نساجی

# تغییرات صدای عبوری در منسوجات بی‌بافت سوزن‌زنی شده پلی‌پروپیلن بر حسب تنظیمات سوزن‌زنی و وزن لایه

پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکنولوژی نساجی

**کاظم قربانی‌بین کلایه**

استاد راهنما

**دکتر محمد ذره‌بینی**

**دکتر حسین حسنی**

۱۳۹۳

**دانشگاه صنعتی اصفهان**

دانشکده نساجی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته تکنولوژی نساجی آقای کاظم قربانی‌بین‌کلایه

تحت عنوان

# تغییرات صدای عبوری در منسوجات بی‌بافت سوزن‌زنی شده پلی‌پروپیلن بر حسب تنظیمات سوزن‌زنی و وزن لایه

در تاریخ ۱۳۹۳/۰۶/۲۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت

| | |
|---|---|
| • استاد راهنمای پایان‌نامه | دکتر محمد ذره‌بینی |
| • استاد راهنمای پایان‌نامه | دکتر حسین حسنی |
| • استاد مشاور پایان‌نامه | دکتر رضا ثقفی |
| • استاد داور | دکتر داریوش سمنانی |
| • استاد داور | دکتر سعید آجلی |
| سرپرست تحصیلات تکمیلی | دکتر مصطفی یوسفی |

با سپاس فراوان از آقایان دکتر ذره‌بینی، دکتر حسنی و دکتر ثقفی که از ابتدای راه و در طی انجام این تحقیق، با راهنمایی‌های خود مرا در نگارش این اثر یاری نمودند.

**کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.**

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


چکیده..... ۱

**فصل اول**

مقدمه..... ۳

۱-۱- کاربرد منسوجات در جذب صوت..... ۳

۱-۲- مشخصات منسوج بی‌بافت سوزن زنی شده..... ۳

۱-۳- عوامل تأثیرگذار بر خصوصیات جذب صوت در منسوجات بی‌بافت..... ۴

۱-۳-۱- عوامل مربوط به مواد تشکیل‌دهنده منسوج بی‌بافت..... ۴

۱-۳-۲- عوامل مربوط به فرآیند..... ۸

۱-۴- تعریف علم آکوستیک..... ۸

۱-۴-۱- تعاریف ابتدایی علم آکوستیک..... ۸

۱-۴-۲- پدیده جذب صوت..... ۱۳

۱-۴-۳- پدیده عایق‌بندی صوتی..... ۱۴

۱-۴-۴- ضریب انتقال متوسط..... ۱۵

۱-۴-۵- عوامل موثر بر افت انتقال دیواره‌ها..... ۱۶

۱-۵- استانداردهای سنجش کاهش صدای عبوری ..... ۱۹

۱-۵-۱- روش اتاق ارتعاشی SAE J ۱۴۰۰..... ۱۹

۱-۵-۲- روش ASTM-E ۹۰ ..... ۲۱

۱-۵-۳- روش ASTM E ۲۶۱۱-۰۹..... ۲۱

۱-۶- استاندارد محاسبه جذب صوت..... ۲۷

۱-۶-۱- استاندارد ASTM-E ۱۰۵۰..... ۲۷

۱-۷- روش‌های تعیین آرایش یافتگی در منسوجات بی‌بافت..... ۳۰

۱-۷-۱- پردازش دیجیتالی تصاویر..... ۳۰

۱-۷-۲- عناصر پردازش دیجیتالی تصویر..... ۳۰

۱-۸- کارهای انجام شده قبلی..... ۳۲

۱-۹- هدف انجام تحقیق..... ۳۴

**فصل دوم**

استانداردهای و دستگاه‌های مورد استفاده در انجام تحقیق..... ۳۶

۲-۱- ماشین کاردینگ آزمایشگاهی..... ۳۶

۲-۲- ماشین سوزن‌زنی آزمایشگاهی..... ۳۷

۲-۲-۱- مشخصات سوزن ماشین..... ۳۸

۲-۲-۲- مشخصات لایه تولید شده..... ۳۹

۲-۳- تعیین آرایش‌یافتگی با استفاده تبدیل رادون ..... ۴۰
۲-۴- تعیین میزان کاهش صدای عبوری ..... ۴۰
۲-۵- تعیین میزان جذب صوت ..... ۴۱
۲-۶- اندازه‌گیری استحکام و ازدیاد طول ..... ۴۲
۲-۷- تعیین سختی خمشی ..... ۴۲
۲-۸- تعیین مقاومت در مقابل جریان هوا ..... ۴۴

**فصل سوم**

بحث و بررسی نتایج ..... ۴۵
۳-۱- ارتباط کاهش صدای عبوری و تغییر عوامل جرم لایه، تراکم سوزن‌زنی و عمق نفوذ سوزن ..... ۴۶
۳-۲- ارتباط کاهش صدای عبوری و تغییر عوامل جرم لایه، تراکم سوزن‌زنی و عمق نفوذ سوزن ..... ۵۰
۳-۳- ارتباط تغییر جرم لایه و تنظیمات ماشین سوزن‌زنی با استحکام منسوج بی‌بافت سوزنی ..... ۵۵
۳-۴- تاثیر عوامل ماشین سوزن‌زنی و جرم لایه بر ازدیاد طول نمونه‌ها و ارتباط آن با کاهش صدای عبوری ..... ۵۷
۳-۵- ارتباط تغییر جرم لایه و تنظیمات ماشین سوزن‌زنی با نفوذپذیری هوا منسوج بی‌بافت سوزنی ..... ۵۸
۳-۶- ارتباط تغییر جرم لایه و تنظیمات ماشین سوزن‌زنی با سختی خمشی منسوج بی‌بافت سوزنی ..... ۶۰
۳-۷- تاثیر عوامل ماشین سوزن‌زنی و جرم لایه برآرایش‌یافتگی الیاف در نمونه‌ها و ارتباط آن با کاهش صدای عبوری ۶۲
۳-۸- تاثیر عوامل استحکام، ازدیادطول، مقاومت در مقابل جریان هوا و سختی‌خمشی بر میزان کاهش‌صدای عبوری... ۶۵

**فصل چهارم**

۴-۱- نتیجه‌گیری ..... ۶۷
۴-۲- پیشنهادها ..... ۶۷

## فهرست تصاویر جداول و نمودارها

**عنوان** **صفحه**


۱-۱- چگونگی درگیر شدن الیاف در بی‌بافت سوزنی ..... ۴
۱-۲- تولید لایه بی‌بافت سوزن‌زنی شده در ماشین سوزن‌زن ..... ۴
۱-۳- تصویر SEM بی‌بافت سوزنی با الیاف با سطح مقطع مختلف ..... ۸
۱-۴- موج عرضی ..... ۹
۱-۵- موج طولی ..... ۱۰
۱-۶- محل آزمایش در روش SAE J ۱۴۰۰ ..... ۲۰
۱-۷- پنجره رابط بین دو اتاق در روش SAE J ۱۴۰۰ ..... ۲۰
۱-۸- روش ASTM-E ۹ ..... ۲۱
۱-۹- دستگاه سنجش کاهش صدای عبوری ..... ۲۲
۱-۱۰- چگونگی اندازه‌گیری کاهش صدای عبوری ..... ۲۴
۱-۱۱- دستگاه سنجش جذب صوت ..... ۲۸
۱-۱۲- چگونگی تعیین جذب صوت ..... ۲۹
۱-۱۳- دستگاه سنجش کاهش صدای عبوری ..... ۳۲
۱-۱۴- نمودارهای شبیه‌سازی تاثیر جرم و عوامل ماشین سوزن زنی بر کاهش صدای عبوری ..... ۳۳
۲-۱- مشخصات ماشین کاردینگ آزمایشگاهی ..... ۳۶
۲-۲- ماشین کاردینگ آزمایشگاهی ..... ۳۶
۲-۳- ماشین سوزن‌زنی آزمایشگاهی شرکت ماهوت ..... ۳۷
۲-۴- تصویر سوزن ماشین سوزن‌زنی ..... ۳۸
۲-۵- مشخصات لایه‌سازی و کدگذاری نمونه ..... ۳۹
۲-۶- نمونه تصویر آماده شده جهت پردازش تصویر ..... ۴۰
۲-۷- نمونه آماده شده برای انجام آزمایش کاهش صدای عبوری ..... ۴۱
۲-۸- دستگاه تعیین میزان جذب و انعکاس صوت ..... ۴۱
۲-۹- دستگاه Zwick ..... ۴۲
۲-۱۰- دستگاه سنجش سختی خمشی ..... ۴۳
۲-۱۱- دستگاه تعیین مقاومت در مقابل جریان هوا ..... ۴۴
۳-۱- کاهش صدای عبوری در سه جرم لایه و چهار فرکانس مختلف (۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۶۰۰) ..... ۴۷
۳-۲- کاهش صدای عبوری در سه تراکم سوزن‌زنی و سه جرم لایه متفاوت در چهار فرکانس ..... ۴۸
۳-۳- کاهش صدای عبوری در سه عمق نفوذ سوزن و سه تراکم سوزن‌زنی در چهار فرکانس ..... ۴۹
۳-۴- ضریب کاهش صدای عبوری برای سطوح مختلف در چهار تراکم سوزن‌زنی ..... ۵۰
۳-۵- جذب صوت در سه وزن و پنج فرکانس متفاوت ..... ۵۱
۳-۶- جذب صوت در سه تراکم سوزن‌زنی و سه وزن در پنج فرکانس ..... ۵۲

۳-۷- جذب صوت در سه عمق نفوذ سوزن و سه تراکم سوزن‌زنی در پنج فرکانس..... ۵۳
۳-۸- تاثیر وزن تار عنکبوتی و عمق نفوذ سوزن بر استحکام کششی..... ۵۵
۳-۹- نتایج آزمایش استحکام..... ۵۶
۳-۱۰- نتایج آزمایش ازدیادطول..... ۵۷
۳-۱۱- نتایج آزمایش مقاومت درمقابل جریان هوا ..... ۵۹
۳-۱۲- تاثیر وزن بر واحد سطح پارچه و تراکم سوزن‌زنی بر طول خمش منسوج بی‌بافت سوزنی ..... ۶۰
۳-۱۳- نتایج آزمایش سختی خمشی..... ۶۱
۳-۱۴- نمودار کاهش صوت و میانگین زوایای قرارگیری الیاف در جرم لایه مختلف..... ۶۲
۳-۱۵- نمودار کاهش صوت و میانگین زوایای قرارگیری الیاف در سه تراکم سوزن‌زنی مختلف..... ۶۳
۳-۱۶- نمودار کاهش صوت و میانگین زوایای قرارگیری الیاف در سه عمق نفوذ سوزن مختلف..... ۶۴

## چکیده

صدا و ارتعاش از علائم بارز دنیای صنعتی امروز می‌باشند و سبب آزار افراد چه در محیط کار یا محل سکونت می‌شوند. زندگی ماشینی سبب شده است که انسان در محیطی پرتنش با منابع صدا و ارتعاش همزیستی توام با ناراحتی را تحمل نماید. یکی از روش‌های کنترل صدا استفاده از عایق‌های صوتی با ساختار لیفی از قبیل منسوجات بی‌بافت و به‌ویژه منسوجات بی‌بافت سوزن‌زنی شده می‌باشد.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر تغییرات برخی از عوامل از قبیل جرم بر واحد سطح لایه و تنظیمات فرآیند سوزن‌زنی بر میزان عبور صوت از منسوج بی‌بافت سوزن‌زنی شده تولید شده با استفاده از الیاف بریده شده پلی‌پروپیلن است. همچنین در این تحقیق تاثیر جرم لایه و تنظیمات سوزن‌زنی بر زوایای قرارگیری الیاف و مشخصات مکانیکی منسوج بررسی شده و ارتباط آن با انتقال صوت از منسوج بی‌بافت سوزنی نیز تعیین شد تا بتوان بدون نیاز به اطلاعاتی چون جرم لایه و تنظیمات سوزن‌زنی و استفاده دستگاه آزمایش انتقال صدا میزان انتقال صوت از منسوج بی‌بافت سوزنی را پیش‌بینی نمود.

لایه‌های موردنیاز با استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن با ظرافت ۱۵ دنیر و ماشین کاردینگ آزمایشگاهی در وزن‌های ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ گرم بر مترمربع تولید شدند. سپس از ماشین سوزن‌زنی آزمایشگاهی جهت تولید ۲۷ نمونه منسوج سوزنی شده در سه تراکم سوزن‌زنی ۳۰، ۶۰و۹۰ سوزن بر سانتی‌متر مربع و سه عمق نفوذ سوزن ۵، ۱۰و۱۵ میلی‌متر سوزن استفاده شد. مقادیر صدای جذب شده و عبور داده شده توسط منسوج با استفاده از دستگاه لوله امپدانس اندازه‌گیری شد. سپس آرایش یافتگی الیاف در نمونه‌ها با استفاده از روش پردازش تصویر دیجیتالی تعیین شد. تاثیر تغییر عوامل ماشین سوزن‌زنی (میزان سوزن‌زنی و عمق نفوذ سوزن) و جرم لایه بر میزان کاهش و جذب صدا و ارتباط آن‌ها با مشخصات ساختاری و مکانیکی به‌دست آمده مورد بررسی قرار گرفت. مشخص گردید در میان سه مولفه جرم بر واحد سطح، تراکم سوزن‌زنی و عمق نفوذ سوزن، جرم بر واحد سطح لایه بیشترین تاثیر را بر میزان کاهش و جذب صدا دارد و تاثیر دو متغیر دیگر با تغییر جرم بر واحد سطح لایه معنی پیدا می‌کند. همچنین تغییرات ساختاری و مکانیکی به وجود آمده حاصل از تغییرات سه متغیر فوق نیز با میزان کاهش و جذب صدا همبستگی داشته و بالاترین میزان همبستگی مربوط به میزان مقاومت در مقابل جریان هوا و ترتیب همبستگی عوامل دیگر به‌صورت جرم لایه، سختی خمشی، زوایای قرارگیری الیاف و استحکام کششی بوده است.

# فصل اول

## مقدمه

**مقدمه**

یکی از معضلات مدیریت شهری در بخش حفاظت محیط‌زیست، آلودگی صدا[1] است. اگرچه صدا دارای اثرات نامطلوب جسمی، روحی و اجتماعی است و در خصوص پیشگیری و کنترل آن اتفاق‌نظر وجود دارد، اما به‌طور اجتناب‌ناپذیری در محیط‌زیست و محیط کار تولید و منتشر می‌گردد. درحالی‌که حتی در کشورهای توسعه‌یافته صنعتی هنوز هم یکی از معضلات عمده مدیریت زیست‌محیطی شهری را موضوع آلودگی صدا تشکیل می‌دهد. بنابراین آلودگی صوتی نه‌تنها تعداد قابل‌توجهی از افراد جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد بلکه از دید صنعتی وجود صدا و ارتعاش نشانگر پایین بودن سطح فناوری، عملکرد نامطلوب دستگاه‌ها یا استهلاک آن‌ها می‌باشد[۱ ].

علاوه بر مخاطراتی که برای مواجهه با صدا برشمرده شد، وجود آلودگی صوتی در محیط دلیل اتلاف انرژی توسط منابع مختلف شهری و صنعتی است و از دیدگاه بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز باید این موضوع مدنظر قرار گیرد. صدا به‌عنوان یکی از آلاینده‌های محیط‌زیست می‌باشد که باید همواره در دستور کار سازمان‌های مسئول قرار گیرد زیرا کنترل صدا می‌تواند در کیفیت زندگی افراد جامعه موثر باشد[۱ ].

## ۱ -۱ - کاربرد منسوجات در جذب صوت

منسوجات شامل پارچه‌های بافته‌شده، انواع کفپوش‌ها و مواد کامپوزیتی ازجمله موادی هستند که می‌توان از آن‌ها به علت امکان تولید لایه‌های با وزن مخصوص کم و هزینه تولید پائین به‌عنوان جاذب‌های صوت استفاده نمود[۲ ]. منسوجات بی‌بافت مواد ایده‌آلی جهت تولید عایق‌های صوت هستند و در بین آن‌ها منسوجات بی‌بافت سوزن‌زنی شده عملکرد مناسبی در جذب صوت از خود نشان می‌دهند[۳،۴،۵ و۶ ].

## ۱ -۲ - مشخصات منسوج بی‌بافت سوزن‌زنی شده

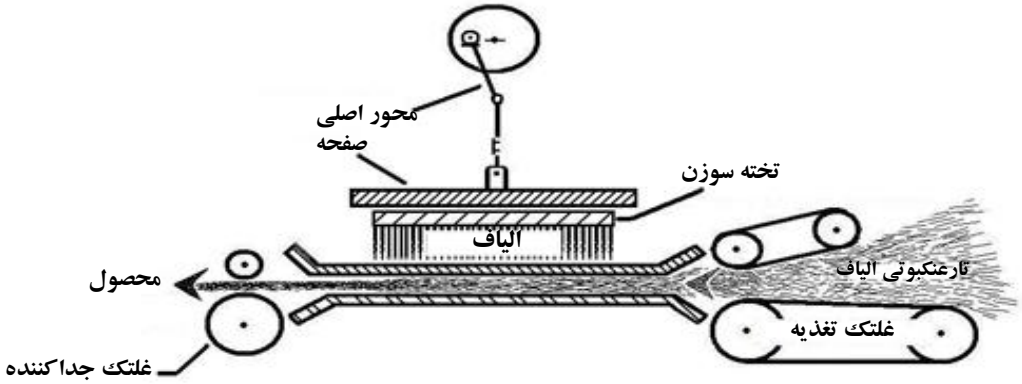
منسوجات بی‌بافت دارای خصوصیات طراحی شده منحصربه‌فرد، قابلیت کاربرد و قیمت مناسب نسبت به منسوجات بافته شده می‌باشند. این ویژگی‌ها سبب گردیده تا امروزه به‌طور گسترده‌ای از آن‌ها در زمینه‌های مختلف از کاربردهای خانگی و پزشکی گرفته تا انواع مصارف صنعتی استفاده گردد.

این محصولات دارای ساختاری شبیه پارچه هستند، ولی همانند پارچه‌های بافته شده از درگیر ساختن نخ‌ها تولید نشده‌اند، بلکه در طی فرآیندهای متنوع و در اکثر موارد مستقیماً از الیاف تبدیل به منسوج می‌گردند. به سبب عدم استفاده از نخ، عمل بافت در مورد آن‌ها صورت نگرفته و ازاین‌رو به‌عنوان منسوجات بافته نشده نامیده می‌شوند. یکی از روش‌های تولید منسوجات بی‌بافت استفاده از روش سوزن‌زنی می‌باشد. در این روش که تقریباً برای اغلب الیاف قابل استفاده است سوزن‌های با ساختمان خاص، به داخل لایه وارد و خارج شده سبب درگیری الیاف با یکدیگر می‌شوند (شکل ۱ -۱ ).

1 - Environmental Noise Pollution

۱-۱- نحوه درگیر شدن الیاف به‌وسیله سوزن با ساختمان خاص[۷]

در این روش لایه‌های تارعنکبوتی الیاف سوزن‌زنی شده و منسوج با ویژگی‌های خاص تولید می‌شود. محصولات سوزن‌زنی شده بسیار متنوع بوده و در مصارف صنعتی مانند موکت‌ها، ژئوتکستایل‌ها، منسوجات داخل اتومبیل، مبلمان و غیره استفاده می‌شوند. شرایط تولید و نوع الیاف مصرفی کاربرد منسوجات سوزن زنی شده را مشخص خواهد نمود.




۱-۲- چگونگی تولید لایه بی‌بافت سوزنی در ماشین سوزن‌زنی[۷]

در شکل۱-۲ چگونگی تولید لایه بی‌بافت سوزنی در ماشین سوزن‌زنی به نمایش درآمده است [۲،۵،۶،۷،۸و۹].

## ۱-۳-عوامل تاثیرگذار بر خصوصیات جذب صوت پارچه‌های بی‌بافت

### ۱-۳-۱- عوامل مربوط به مواد تشکیل‌دهنده منسوج بی‌بافت

#### الف) عوامل ساختاری

عوامل ساختاری شامل مقاومت در مقابل جریان هوا، ضخامت، وزن تارعنکبوتی، پیچیدگی، ترکیب لایه‌ها، نحوه قرارگیری الیاف، مواد و پوشش سطح می‌باشند که بر خواص آکوستیکی بی‌بافت‌ها تاثیرگذارند[۱۰و۱۱].

### ۱ -مقاومت در مقابل جریان هوا

در میان عوامل ساختاری، مقاومت در مقابل جریان هوا مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده خواص جذب صوت در مواد متخلخل است. مقاومت در مقابل جریان هوا تنها متغیری است که توسط دلنی[۱] و بازلی[۲] (۱۹۷۰) باهدف به‌دست آوردن میرایی صوت بررسی شده است[۱۰و۱۲].

مقاومت در مقابل جریان هوا به‌صورت خطی، وابسته به ضخامت نمونه تولیدشده است[۱۰و۱۳] .ارتباط نزدیکی بین مقاومت در مقابل جریان هوا و چگالی تارعنکبوتی الیاف وجود دارد. مقاومت در مقابل جریان هوا با افزایش چگالی الیاف که منجر به افت فشار می‌گردد، افزایش می‌یابد[۱۰و۱۴]. همچنین با افزایش ظرافت الیاف بر میزان مقاومت در مقابل جریان هوا افزوده می‌گردد[۱۰و۱۵]. ظرافت الیاف و مقاومت در مقابل جریان هوا با نوع الیاف و آرایش‌یافتگی الیاف ارتباط دارد [۱۰و۱۶].

### ۲ -ضخامت

مواد ضخیم‌تر مناسب به‌عنوان عایق صوتی می‌باشند. ضریب جذب صوت (NAC[۳]) با افزایش ضخامت افزایش می‌یابد. برخی معتقدند برای تمامی فرکانس‌ها بیشینه محدوده افزایش جذب صوت همراه با افزایش ضخامت وجود دارد و پس‌ازآن NAC کاهش می‌یابد[۱۰و۱۷]. این حقیقت مغایر با این باور است که NAC باید به‌صورت پیوسته با افزایش ضخامت افزایش یابد[۱۰و۱۸]. درنهایت مشخص گردید میزان جذب صدا با افزایش ضخامت تا یک حد (بیشینه) افزایش یافته و سپس تقریبا ثابت باقی می‌ماند[۱۰و۱۹].

### ۳ -فاصله(تخلخل) موجود میان چند لایه

تخلخل نسبت مقدار حجم فضاهای باز به حجم کل مواد متخلخل است. با افزایش تخلخل موجود میان دو یا چند لایه، میزان جذب صوت افزایش می‌یابد و این افزایش با توجه به نوع منسوج بی‌بافت متغیر است[۲۰].

### ۴ -پیچیدگی[۴]

نسبت بین پیچ‌وخم‌های منافذ و ضخامت مواد متخلخل پیچیدگی نامیده می‌شود[۱۰و۱۱]، علت این‌که امواج صوتی در لایه‌های بی‌بافت نمی‌توانند در مسیر مستقیم حرکت نمایند وجود پیچیدگی است[۱۰]. میزان پیچیدگی، تعیین‌کننده رفتار جذب صوت مواد متخلخل در فرکانس‌های بالا است که می‌توان آن را به‌وسیله روش هدایت الکتریکی اندازه‌گیری نمود[۱۰و۱۱].

---

1-Delnay
2- Bazley
3- Normal Incident Sound Absorption Coefficient
4- Tortuosity

### ۵-ترکیب لایه‌ها

در سال‌های اخیر استفاده از جاذب‌های چندلایه در کنترل صوت اهمیت بالایی پیدا نموده است[۱۰و۲۱]. با لایه‌گذاری مناسب، می‌توان به بالاترین میزان جذب صوت در وسیع‌ترین محدوده فرکانسی دست‌یافت[۱۰].

### ۶-پوشش سطح

## ب) عوامل مربوط به لیف تشکیل‌دهنده منسوج

### ۱- نوع لیف

الیاف جزء اساسی در تشکیل یک منسوج بی‌بافت هستند، ازاین‌رو خواص الیاف تشکیل‌دهنده منسوجات بی‌بافت تا حد زیادی بر خواص آن‌ها تاثیرگذار است.

انتخاب لیف مناسب یکی از عوامل مهم در تولید منسوجات بی‌بافت می‌باشد. عواملی مانند فرآیند تولید و کاربرد نهایی منسوج بی‌بافت، قیمت تمام‌شده و ویژگی‌های موردنیاز برای محصول نهایی می‌باید در این انتخاب مدنظر قرار گیرند.

از الیاف طبیعی و مصنوعی مختلفی در تولید منسوجات بی‌بافت استفاده می‌شود. ولی از نقطه‌نظر تجاری الیاف مورداستفاده در تولید منسوجات بی‌بافت محدود به تنها چند لیف مهم پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و نایلون است، که به‌صورت عمده در تولید این محصولات استفاده می‌شوند.

در حال حاضر ۶۳٪ بی‌بافت‌ها از الیاف پلی‌پروپیلن، ۲۳٪ پلی‌استر، ۸٪ ویسکوز، ۲٪ اکریلیک، ۱/۵٪ پلی‌آمیدها و۳٪ از الیاف با کارایی بالا تولید می‌شوند[۲۲و۲۳].

پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد در آینده الیاف چند جزئی، الیاف میکرو، الیاف نانو، الیاف برگشت‌پذیر به طبیعت، الیاف با جذب رطوبت بالا و الیاف با کارایی بالا سهم بیشتری را در تولید لایه‌های بی‌بافت به خود اختصاص دهند[۲۴].

تشخیص تاثیر نوع لیف بر جذب صوت بسیار مشکل است زیرا اغلب با عوامل دیگری چون ظرافت الیاف و شکل آن همراه است. نوع لیف تعیین‌کننده ارتباط بین اندازه الیاف و مقاومت در مقابل جریان هوا است[۱۰و۲۴].

### الیاف پلی‌پروپیلن

امروزه استفاده از لیف پلی‌پروپیلن در تولید منسوجات بی‌بافت به دلیل ویژگی‌های خاص آن مورد استقبال زیادی قرارگرفته، بدین منظور لازم است، اطلاعات بیشتری در مورد این الیاف و ویژگی‌های آن بیان شود.

بر اساس استاندارد DIN ۶۰۰۱ الیاف پلی‌پروپیلن در گروه الیاف پلی‌الفین[1] دسته‌بندی می‌شوند. پلی‌پروپیلن، پلیمری خطی با ساختمان آلیفاتیک است که از پلیمریزاسیون افزایشی پروپیلن به‌دست می‌آید.

تولید آزمایشی ایزوتاکتیک آن در اوایل سال ۱۹۵۴ آغاز گردید و در سال ۱۹۵۷ شرکت مونتکاتینی شروع به تولید صنعتی آن نمود.

ماده اولیه جهت تولید، گاز پروپیلن $(CH_2 = CH - CH_3)$ است، پس‌ازاینکه پلی‌پروپیلن به‌صورت گرانول تهیه شد، جهت تهیه الیاف در بخش صنعت نساجی، به‌وسیله اکسترودر و به روش ذوب ریسی[2] الیاف با ظرافت‌های مختلف تهیه می‌شوند. پس از خروج، الیاف تحت کشش قرار می‌گیرند که باعث بهبود ساختمان فیزیکی آن می‌شود.

الیاف پلی‌پروپیلن در یک دهه اخیر به جایگاه بالائی دست‌یافته و به‌عنوان اولین لیف پرمصرف، در عرصه صنعت بی‌بافت مطرح شده است. خصوصیات مطلوب و مناسب آن سبب گشته تا به‌طور گسترده‌ای در عرصه منسوجات بی‌بافت و ژئوتکستایل‌ها مورداستفاده قرار گیرند. این امر تنها به دلیل عواملی مانند قیمت ارزان و فرآیندپذیری عالی آن (در مرحله تولید الیاف و منسوج بی‌بافت) نبوده، بلکه ویژگی‌های عالی و استثنائی آن ازنظر کاربردهای بعدی مصرف کننده، نیز در انتخاب آن حائز اهمیت بوده است[۷].

پلی‌پروپیلن دارای قابلیت جذب رطوبت بسیار ناچیزی است، لذا رطوبت بر استحکام آن هیچ‌گونه تاثیر منفی نخواهد داشت. یکی از سبک‌ترین الیاف بوده درنتیجه دارای قدرت پوشش دهی خوبی می‌باشد و ازنظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه است. نقطه ذوب نسبت پائین، آن را لیف مناسبی برای بسیاری کاربردها درزمینه منسوجات بی‌بافت ساخته و سبب شده است تا با استفاده از روش‌های حرارتی در اتصال لایه، امکان حذف عوامل شیمیائی و تاثیرات منفی وجود آن‌ها برطرف شود[۷و۲۵].

## ۲- ظرافت لیف

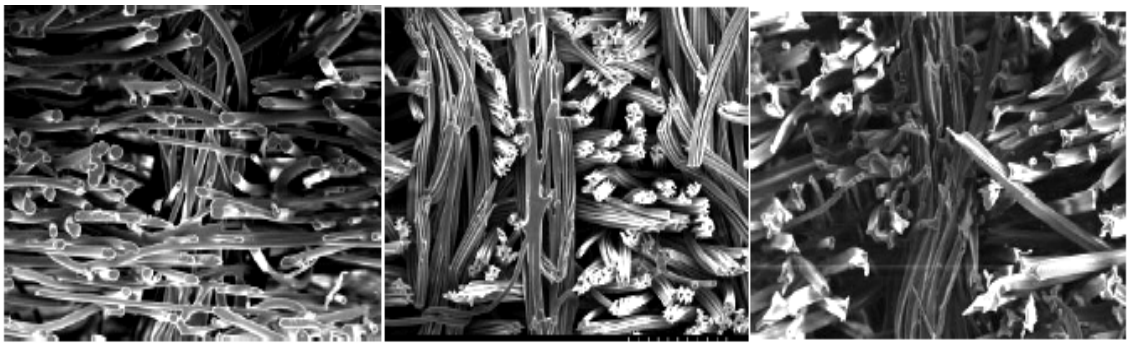
چگالی خطی پایین‌تر الیاف جذب صوت بیشتری را دربرخواهد داشت، که ناشی از افزایش تعداد بیشتر الیاف بر حجم، محل‌های اتصال بیشتر و کانال‌های غیرمستقیم در منسوج است[۱۰و۱۱].

## ۳- شکل الیاف

تغییر شکل الیاف موجب تغییر محدوده سطحی می‌گردد. سطح مقطع نامنظم الیاف میزان جذب صوت را افزایش می‌دهد[۱۰]. محدوده سطحی بیشتر الیاف موجب افزایش جذب صوت و اصطکاک الیاف و هوا می‌گردد. کیوچی[3] (۱۹۹۱) و نارنگ[1] (۱۹۹۵) وجود یک ارتباط مستقیم بین جذب صوت و محدوده سطحی الیاف را گزارش دادند[۱۰و۲۶].

---

1- Polyolefin
2- Melt Spinning
3- Kyoichi



الف)　　ب)　　ج)

۱ -۳- تصویر SEM بی‌بافت سوزنی تولیدشده از الیاف با شکل سطح مقطع الف) 4DG ب) سه پهلو ج)دایره‌ای[۱۰]

### ۱ -۳-۲ - عوامل مربوط به فرآیند

### الف) عوامل تولید

۱ -چگونگی تولید تارعنکبوتی؛
۲ -روش پیوند خوردن تارعنکبوتی.

### ب) عوامل تکمیلی

### ۱ -۳-۳ - عوامل متفرقه

۱ - محیط؛
۲ -صوت.

### ۱ -۴ -تعریف علم آکوستیک

علم آکوستیک را می‌توان به‌عنوان علم مطالعه صدا که شامل تاثیر انعکاس، شکست، جذب، انحراف و نفوذ امواج صوتی می‌باشد تعریف نمود. صدا می‌تواند به‌عنوان یک پدیده موجی در نظر گرفته شود. یک موج صوتی یک موج طولی است که ذرات را به‌طور موقت در جهت انتقال انرژی جابه‌جا کرده و سپس به‌جای قبلی خود بازمی‌گرداند[۱۰].

### ۱ -۴-۱ - تعاریف ابتدایی علم آکوستیک

### ۱ -موج[۲]

---

1- Narang
2- Wave

موج عبارت است از آشفتگی یا برهم خوردن تعادل محیط به‌صورت منظم یا نامنظم و راهی برای انتقال انرژی می‌باشد. امواج بسته به ماهیت خود قابل‌انتشار در محیط‌های مادی و یا خلا هستند. امواج به‌طورکلی در دودسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- امواج مکانیکی؛
- امواج الکترومغناطیسی.

## - امواج مکانیکی[1]

این امواج از تغییر مکان قسمتی از یک محیط کشسان نسبت به وضعیت تعادل خود ناشی می‌شود، این امر به‌نوبه خود سبب نوسان محیط می‌گردد. به علت خواص کشسانی محیط آشفتگی از لایه‌ای به لایه‌ای دیگر منتقل می‌گردد. نتیجه این عمل آشفتگی محیط است که به آن موج می‌گویند. در این پدیده کل محیط همراه موج منتقل نمی‌شود. بلکه فقط اجزای محیط در مسیرهای محدودی (در راستای معین) نوسان می‌کند.

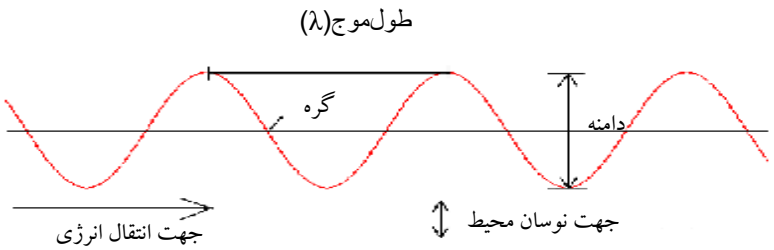
الف) امواج عرضی؛

ب) امواج طولی؛

ج) امواج پیچشی.

### الف) امواج عرضی

اگر حرکت ذرات ماده حامل موج بر راستای انتشار موج عمود باشد، موج را عرضی می‌نامند. در شکل ۱-۴ یک موج عرضی به همراه تمامی متغیرهای آن نشان داده‌شده است.

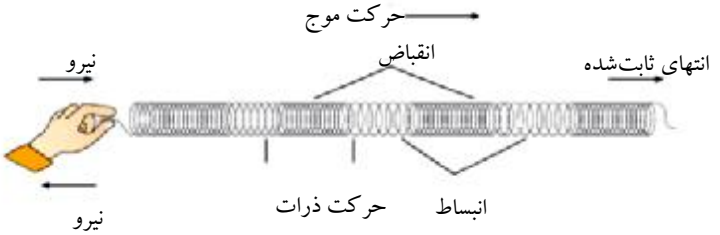



۱-۴-موج عرضی[۱]

### ب) امواج طولی

اگر حرکت ذرات ماده حاصل موج مکانیکی در راستای انتشار موج باشد موج طولی نامیده شود. یک موج طولی در شکل ۱-۵ نشان داده‌شده است.

1- Mechanical waves




۱-۵- موج طولی[۱]

## ج) امواج پیچشی

این دسته امواج درواقع ترکیبی از دو شکل عرضی و طولی بوده و در محیط‌های خاص قابل‌تولید و انتشار می‌باشند[ ۱ ].

## امواج الکترومغناطیس[1]

این امواج به دلیل ماهیت ویژه خود برای انتشار به محیط مادی نیازی نداشته و قادرند در ماده و خلا منتشر گردند. این امواج شامل پرتوهای کیهانی، گاما، ایکس، ماورای بنفش، نور مرئی، مادون‌قرمز و امواج رادیویی هستند.

## امواج صوتی[2]

امواج صوتی شکلی از امواج مکانیکی طولی هستند که عموما در هوا منتشرشده (اگرچه قابل‌انتشار در تمام محیط‌های مادی نیز می‌باشند) و در برخورد با گوش انسان احساس شنیدن را ایجاد می‌کنند. بنابراین امواجی با این مشخصات که قابلیت درک توسط گوش انسان نداشته باشند، صوت اطلاق نمی‌شوند. عوامل محدودکننده صوت برای درک آن فرکانس و بلندی است.

محدوده فرکانس قابل‌درک برای انسان بین ۱۶ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. امواج خارج از این محدوده فرکانس را مادون صوت (فرو صوت) و ماوراء صوت (فراصوت) می‌نامند. همچنین درک انسان از بلندی صوت (به‌طور متناظر: فشار، توان و شدت) در محدوده معینی است[ ۱، ۲۷ و ۲۸ ].

## چگونگی ایجاد صوت

نوسان ممتد یک محیط الاستیک می‌تواند تحت شرایطی باعث ارتعاش مولکول‌های هوای مجاور و تغییر مداوم فشار هوا گردد، که این تغییر فشار به‌طور محدود و جزئی کمتر و بیشتر از فشار اتمسفر است. این موج به‌صورت طولی در هوا منتشر گردیده و در محدوده معینی ازنظر فرکانس و دامنه برای انسان قابل‌درک است و به آن صوت می‌گویند. مثال ساده آن ارتعاش دیافراگم بلندگو و تولید صوت است.

---

1- Electromagnetic Waves
2- Sound Wave

ساده‌ترین امواج صوتی، امواج سینوسی هستند که دارای سه مشخصه، فرکانس$f$، طول موج$\lambda$ و دامنه فشار$P$ مربوط به خود می‌باشد. در یک منحنی سینوسی یک نقطه قله و یک نقطه دره از دامنه وجود دارد و این دو تغییر دامنه به یک اندازه احساس می‌گردند. موج صوتی سینوسی با سه مشخصه اصلی فرکانس، دامنه و طول موج معرفی می‌شود و روابط زیر بر آن حاکم می‌باشد:

$$C = f.\lambda = \frac{\lambda}{T} \qquad ۱-۱$$

به‌طوری‌که:

$T$: زمان تناوب؛

$C$: سرعت برحسب متر بر ثانیه.

درصورتی‌که دامنه تغییرات برحسب فشار هوا در نظر گرفته شود معادله موج فشار به‌صورت زیر خواهد بود:

$$P_{(t)} = P_0.\sin(\omega t + \varphi) \qquad ۱-۲$$
$$\omega = ۲\pi f$$

$P_{(t)}$: دامنه فشار در زمان$t$؛

$P_0$: حداکثر دامنه فشار هوا؛

$\omega$: سرعت زاویه‌ای؛

$\varphi$: اختلاف‌فاز.

گوش انسان به‌طور طبیعی قادر به درک امواج صوتی با حداقل دامنه فشار۲۰ میکرو پاسکال($۲ \times ۱۰^{-۵} Pa$) یا ($۲ \times ۱۰^{-۱۴} \mu bar$) است که آن را آستانه شنوایی می‌نامند. هر پاسکال معادل ده میکرو بار است($۱Pa = ۱۰\mu bar$).

سنجش تغییرات دامنه فشار صوت شامل‌تر و آسان‌تر از دامنه‌های دیگر(شدت و توان) می‌باشد بدین لحاظ در مباحث اندازه‌گیری صوت در محیط کار عموما فشار موردانداز‌ه‌گیری قرار می‌گیرد[۱، ۲۹ و ۳۰].

## سرعت موج

سرعت موج صوتی که جزء امواج طولی است در یک محیط مادی بستگی به خواص محیط دارد. محیط‌های گوناگون دارای چگالی، الاستیسیته و اینرسی مخصوص به خود هستند و تحت این خواص موج صوتی در آن‌ها تولید و منتشر می‌گردد. برای هر محیط یک مدول الاستیکی معرفی نموده‌اند که تابع خواص محیط است. هرچه چگالی محیط انتشار بیشتر باشد سرعت موج صوتی نیز بیشتر خواهد بود. بدین ترتیب سرعت صوت در مایعات بیشتر از هوا و در جامدات بیشتر از مایعات است.