دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تکنولوژی نساجی

عنوان:

بررسی خواص بی‌بافت سوزن‌زنی شده از مخلوط الیاف اکریلیک جمع-شونده و پلی‌پروپیلن

نگارش:

حامد فرخنده

اساتید راهنما:

دکتر حقیقت‌کیش دکتر حسینی‌ورکیانی

مهر ۱۳۸٦

بسمه تعالی

شماره:
تاریخ:

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

دانشگاه صنعتی امیر کبیر
(پلی تکنیک تهران)

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی

مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی : حامد فرخنده دانشجوی آزاد ☒ بورسیه ☐ معادل ☐

شماره دانشجوئی : ۸۴۱۲۸۰۲۸ دانشکده : مهندسی نساجی رشته تحصیلی: تکنولوژی نساجی

نام و نام خانوادگی استاد راهنما : دکتر محمد حقیقت کیش ، دکتر محمد حسینی ورکیانی

عنوان به فارسی : بررسی خواص بی‌بافت سوزن زنی شده از مخلوط الیاف اکریلیک جمع شونده و پلی‌پروپیلن

عنوان به انگلیسی: Evaluation of the Properties of Needled Polypropylene/shrinkable Acrylic Fibres Blended Nonwoven

نوع پروژه: کاربردی ☒ بنیادی توسعه‌ای نظری

تاریخ شروع : ۸۵/۴/۱ تاریخ خاتمه : ۸۶/۷/۱۵ تعداد واحد : ۶ واحد

سازمان تامین کننده اعتبار :

واژگان کلیدی به فارسی : بی‌بافت، سوزن زنی، خصوصیات مکانیکی

واژگان کلیدی به انگلیسی: Nonwoven, Needle punching, Mechanical Properties

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت پژوهشی دانشگاه :

استاد راهنما:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما : تاریخ :

نسخه ۱ : معاونت پژوهشی

نسخه ۲: کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

چکیده

در کار حاضر از الیاف منقطع پلی‌پروپیلن و اکریلیک جمع‌شونده استفاده گردیده است. از مخلوط الیاف مذکور، پارچه‌های بی‌بافت سوزن‌زنی شده تولید گردید و بخشی از تولیدات تحت فرایند شستشو با آب جوش و دترجنت (از نوع ریکا) قرار گرفت. پس از شرایط آماده سازی، خواص فیزیکی پارچه‌ها اندازه‌گیری شد. این خواص عبارتند از: خواص مکانیکی(ازدیادطول تا پارگی، استحکام پارگی و طول خمش)، ضخامت، وزن واحد سطح، قابلیت نفوذهوا و قابلیت عایق حرارتی می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان می‌دهد که شستشو در آب داغ و دترجنت منجر به ایجاد تغییر در خواص فیزیکی می‌شود که میزان این تغییرات متفاوت است. در کار حاضر، مقدار و چگونگی این تغییرات، یک به یک مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این کار با مطالعات انجام شده در گذشته مقایسه شده است.

کلید واژه: بی‌بافت (Nonwoven)، سوزن‌زنی الیاف (Needle Punching)، خصوصیات مکانیکی (Mechanical Properties).

فصل اول:

مروری بر مباحث پایه‌ای

۱-۱)توضیحات اولیه در مورد بی‌بافت

در مورد موضوع منسوجات بی‌بافت مقالات تحقیقاتی بسیاری منتشر شده و تکنولوژی‌های بسیاری در زمینه تولید این نوع منسوجات ابداع گردیده است. بی‌بافت منسوجی است که در آن نخ بکار نرفته و مستقیما از درهم‌رفتگی الیاف ایجاد می‌شود. منسوجات بی‌بافت از روش‌های استحکام‌دهی نظیر روش‌های مکانیکی، شیمیایی و حرارتی تولید می‌گردند. طی این روش‌ها بواسطه ایجاد چسبندگی یا درگیری و درهم‌رفتگی بین الیاف، منسوج تولیدی استحکام می‌یابد[۱].

یکی از روش‌های تولید پارچه بی‌بافت روش سوزن‌زنی (Needle Punching) می‌باشد که در این روش بجای استفاده از چسب و یا روش حرارتی، از عملیات سوزن‌زنی برای ایجاد درهم-رفتگی و ایجاد اتصال بین الیاف استفاده می‌کنند[۱].

توسعه و پیشرفت پروسه سوزن‌زنی امکان استفاده گسترده از پارچه سوزن‌زنی شده در کاربردهای خانگی و صنعتی را ممکن می‌سازد. پتو و کفپوش‌ها شاید جزء معمول‌ترین کاربردهای خانگی باشند، در حالی که فیلتر و زیر ساخت‌های عمرانی جزء کاربردهای صنعتی محسوب می-گردند. بیشتر انواع الیاف می‌توانند در روش سوزن‌زنی بکار روند و همچنین ماشین‌های سوزن‌زنی به سطح بالایی از کیفیت طراحی رسیده‌اند که این مهم بواسطه وجود رقابت سخت بین تولید کننده‌های ماشین‌آلات اتفاق افتاده است[۱].

منسوجات بی‌بافت بازار گسترده‌ای در سراسر دنیا در زمینه‌های گوناگون ازجمله مصارف خانگی و صنعتی دارند. کل تولید انواع بی‌بافت‌ها در جهان در سال ۱۹٦۵ برابر ۸۵ میلیون کیلوگرم بود که در سال ۱۹۹۲ به مقدار ۱۳۲۰ میلیون کیلوگرم افزایش یافت و در سال ۱۹۹۵ به مقدار ۱۵۵۰ میلیون کیلوگرم رسید. باتوجه به سرعت رشد ثبت شده برای بی‌بافت‌ها طی دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، منسوجات بی‌بافت در دهه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ به اندازه ۵ تا ۷٪ افزایش تولید خواهند داشت[۲].

۱-۲)تولید پارچه بی‌بافت به روش سوزن‌زنی

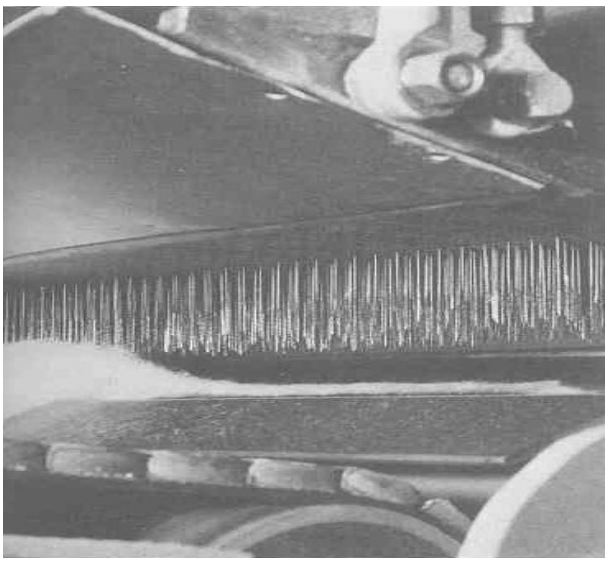
۱-۲-۱) پیشرفت سوزن‌زنی

همزمان با پیشرفت و ایجاد تنوع در ساخت ماشین‌های سوزن‌زنی، عملیات سوزن‌زنی نیز به مقدار زیادی توسعه پیدا نمود. ماشین‌های سوزن‌زنی اولیه رو به بالا پانچ می‌کردند (مسیر حرکت سوزن‌ها در لایه الیاف از پایین به بالا بود) که باعث محدودیت‌هایی در عرض محصول تولیدی می‌گردید، اما بعد از سال ۱۹٤۰ که تغییراتی در قسمت‌های متحرک ماشین‌ها انجام گرفت، انجام عملیات سوزن‌زنی از بالا به سمت پایین و تولید منسوج با عرض بیشتر ممکن گردید.

پیشرفت صورت گرفته بعدی در زمینه افزایش سرعت پانچ بود که از مقدار ۸۰۰ پانچ در دقیقه در سال ۱۹۵۷ به مقدار ۱۰۰۰ پانچ در دقیقه در سال ۱۹٦۸ تغییر یافت، سپس ماشین‌های سوزن‌زنی ظریف با سرعت بالا و عرض بیش از ۱۰ متر ساخته شدند[۳].

۱-۲-۲) عملیات سوزن‌زنی

عمل سوزن‌زنی به معنای ایجاد درگیری و درهم‌رفتگی بین الیاف با استفاده از سوزن می‌باشد که می‌توان در این عملیات از پارچه زمینه به جهت افزایش استحکام منسوج تولیدی استفاده نمود. عمل سوزن‌زنی بوسیله ماشینی که دارای تعداد زیادی سوزن خاردار می‌باشد، انجام می‌گیرد که این ماشین را ماشین سوزن‌زنی (needle loom) می‌نامند. سوزن‌ها روی یک صفحه بنام تخته سوزن قرار گرفته‌اند. این تخته سوزن دارای یک حرکت نوسانی بالاو پایین است که در هر حرکتی که به سمت پایین انجام می‌دهد باعث فرورفتن سوزن‌ها در لایه الیاف می‌گردد، درنتیجه الیاف با یکدیگر درگیر شده و به این ترتیب ثبات ابعادی بیشتر شده و استحکام لایه الیاف افزایش می‌یابد. شکل (۱-۱) نحوه عملکرد ماشین سوزن‌زنی را نشان می‌دهد[۳].



شکل(۱-۱) نحوه عملکرد تخته سوزن به جهت انجام عملیات سوزن زنی بر روی لایه الیاف[۳]

اگر لایه الیاف غیریکنواخت باشد (دارای نقاط ضخیم و نازک) باشد در کیفیت نهایی اثر منفی می‌گذارد، لذا از سیستم کنترل ضخامت لایه الیاف استفاده می‌شود[۳].

۱-۲-۳) ماشین سوزن‌زنی

برای آشنایی با اصول ساختمان ساده ماشین سوزن‌زنی، قسمت‌های مختلف دستگاه مورد بررسی قرار می‌گیرد:

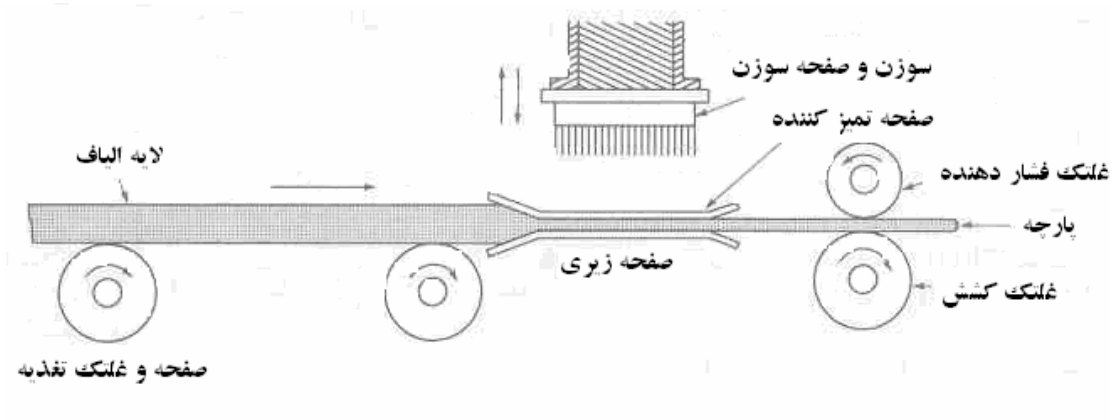
۱)غلتک‌های برداشت محصول و نوار تغذیه

نوار تغذیه از یک تسمه نقاله تشکیل شده که لایه تولید شده روی آن قرار می‌گیرد. لایه الیاف پس از اینکه تحت عمل سوزن‌زنی قرار گرفت از میان غلتک‌های برداشت محصول عبور کرده و روی استوانه‌ای پیچیده می‌شود. حرکت غلتک‌های برداشت محصول و نوار تغذیه بوسیله یک سیستم بادامکی از میل لنگ ماشین گرفته می‌شود. در بعضی از ماشین‌ها حرکات فوق به صورت تناوبی است، یعنی زمانی که سوزن‌ها در خارج لایه هستند، غلتک‌ها عمل می‌کنند و زمانی که سوزن‌ها به لایه می‌رسند این غلتک‌ها از حرکت می‌ایستند و دوباره این روند تکرار می‌شود.

۲)صفحه پایینی و صفحه تمیز کننده سوزن‌ها

این دو صفحه طوری تعبیه شده‌اند که یک فضای محدود بین آن دو ایجاد می‌شود که لایه الیاف از میان آنها عبور می‌کنند. در همین قسمت از ماشین است که لایه الیاف سوزن خورده می‌شود. در هر

یک از این دو صفحه سوراخ‌هایی مطابق با تراکم سوزن‌های موجود در تخته سوزن‌ها ایجاد شده است که سوزن‌ها از صفحه تمیز کننده بالایی عبور کرده و سپس به داخل لایه الیاف فرو رفته و از میان سوراخ‌های صفحه پایینی می‌گذرند و در حرکت به سمت بالای تخته سوزن، صفحه تمیزکننده باعث جدا شدن الیاف چسبیده به سوزن‌ها می‌گردد. در موقع سوزن‌زنی لایه الیاف ساکن بوده و پس از خروج کامل سوزن‌ها از الیاف، لایه الیاف به حرکت در می‌آید[۳]. شکل(۱-۲) یک ترکیب ساده از قسمت‌های مختلف ماشین سوزن‌زنی را ارائه می‌کند[٤].



شکل(۱-۲) شکل شماتیکی ساده از اجزای ماشین سوزن زنی[٤]

۳)صفحه سوزن

سوزن‌ها بر روی یک صفحه فلزی نصب شده‌اند که این صفحه حرکت بالا و پایین دارد و این حرکت را بوسیله بادامکی از میل لنگ ماشین می‌گیرد. جنس خود صفحه سوزن ممکن است از چوب یا فلز باشد. قطر سوراخ‌هایی که در صفحه سوزن موجود است، همیشه بزرگتر از قطر خود سوزن‌ها است، زیرا ساختن سوراخ‌هایی به اندازه قطر سوزن تا اندازه‌ای مشکل بوده و حتی اگر مته-هایی به قطر سوزن استفاده گردد، سوراخ ایجاد شده بزرگتر از قطر سوزن خواهد بود و تازه پس از مدتی استفاده، بزرگتر شده و دیگر قابل استفاده نخواهد بود، لذا سوراخ‌های گشادتر از قطر سوزن ایجاد کرده و یک کلاهک پلاستیکی (بوش) سوراخدار را در سوراخ جای می‌دهند که سوزن از سوراخ آن عبور کند. طرز قرار گرفتن سوزن‌ها در تخته سوزن، بایستی به طور نامنظم باشد، چون اگر به طور منظم قرار گیرند باعث فرورفتن سوزن‌های متعدد در یک سوراخ، در سیکل‌های مختلف ماشین می‌گردد که این ایجاد نایکنواختی در یک طرف محصول می‌کند. یعنی محلی که سوزن‌های ردیف اول فرو می‌روند، پس از حرکت افقی لایه الیاف، در همان محل سوزن‌های ردیف دوم فرو خواهند رفت، و به همین ترتیب سوزن‌های ردیف‌های بعدی و در نتیجه محصولی با خواص نامطلوب بوجود خواهد آمد. لازم است تخته سوزن به طور صحیح با سوزن‌ها و صفحات تمیزکننده

و سوراخ‌های صفحه زیری تنظیم شود، در غیر این صورت شکستگی سوزن‌ها افزایش یافته و موجب کاهش در کیفیت و کمیت سوزن‌زنی شده و در جایی که سوزن شکسته شده است، ایجاد خط روی سطح محصول می‌کند[۳].

طرز کار ماشین سوزن‌زنی ساده می‌باشد. عمل اصلی دستگاه، حرکت عمودی سوزن و وارد کردن ضربات سوزن به لایه بین دو صفحه می‌باشد. صفحات دارای سوراخ‌هایی هستند که سوزن‌ها از میان این سوراخ‌ها عبور می‌کنند. لایه الیاف در حین عبور از بین این دو صفحه مشبک، باید به خوبی نگهداشته شده و هدایت گردد.

غلتک‌های فشار دهنده به عبور لایه الیاف از ناحیه سوزن‌زنی کمک می‌کنند. به منظور ایجاد کنترل بهتر بر روی لایه الیاف، صفحه بالایی (stripper) و صفحه پایینی (supporting) نسبت به هم دارای شیب هستند، به طوری که فضای بیشتری در قسمت ورودی نسبت به قسمت خروجی برای لایه الیاف ایجاد می‌گردد. صفحه زیری وظیفه دارد لایه الیاف را در حین سوزن‌زنی نگه دارد. فاصله دو صفحه به ضخامت لایه الیاف بستگی دارد. کنترل بهتر و بیشتر این دو صفحه در بهتر شدن خواص لایه تولیدی کمک نموده و سبب می‌گردد که لایه بدون ممانعت (بدون گیر کردن به جایی) عبور نماید. منسوج تولیدی توسط غلتک‌های کشش از ناحیه سوزن‌زنی خارج می‌گردد که این عمل به طور تناوبی صورت می‌پذیرد. ماشین‌های سوزن‌زنی اولیه دارای سیستم تغذیه متناوب بودند که طی آن لایه الیاف ساکن می‌ماند تا سوزن‌ها از آن خارج شوند و تخته سوزن بالا برود، سپس لایه الیاف به اندازه یک فاصله معینی حرکت می‌کرد. عیب این روش این است که اگر سرعت بیرون کشیدن محصول با سرعت پانچ کردن هماهنگ نباشد، سوزن‌ها زمان زیادی را در لایه صرف کرده و سبب کشش و تخریب پارچه تولیدی خواهند شد، این عیب بخصوص در مواردی که عمق نفوذ سوزن زیاد باشد، بیشتر اتفاق می‌افتد[۳].

تراکم پانچ در واحد سطح تابع تعداد سوزن‌ها در واحد عرضی تخته سوزن و میزان عبور لایه در هر سیکل می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید[۳]:

(۱-۱)

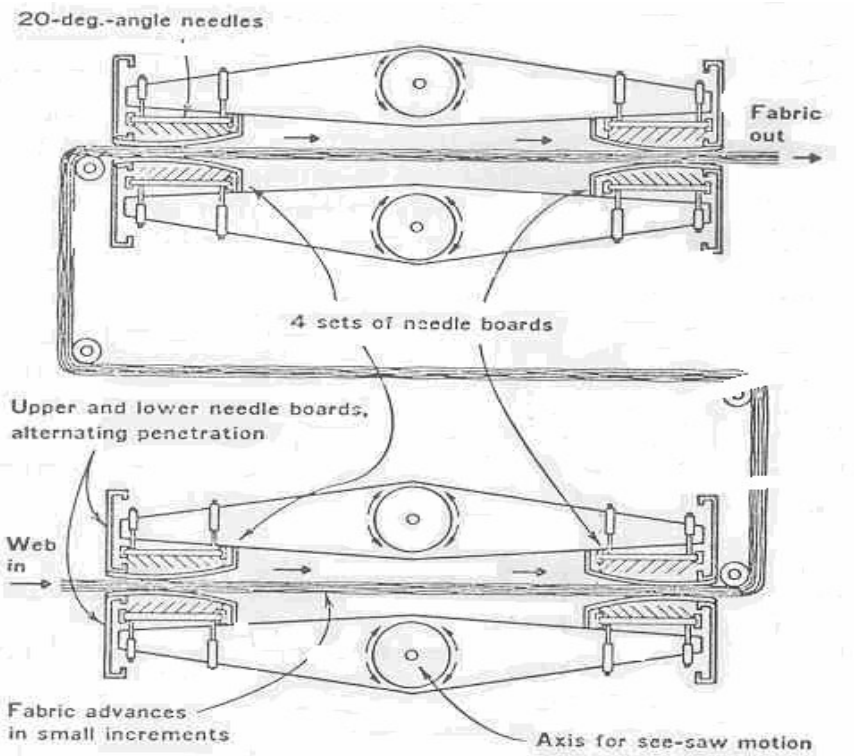
$$\text{تراکم پانچ}\left(1/cm^2\right) = [\text{تعداد سوزن در عرض}\left(1/cm\right)] / [\text{حرکت لایه در هر سیکل}\left(cm\right)]$$

(۱-۲)

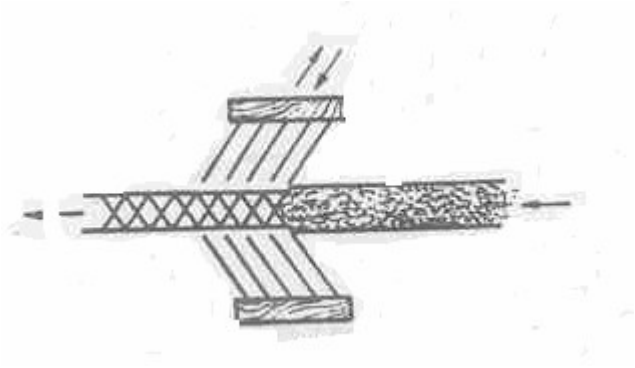
$$\text{حرکت لایه در هر سیکل}\left(cm\right) = [\text{سرعت تولید}\left(cm/min\right)] / [\text{تعداد پانچ در دقیقه}]$$

۱-۲-٤) روش‌های مختلف سوزن‌زنی

از روش سوزن‌زنی با یک صفحه سوزن که حرکت عمودی از بالا به پایین دارد، کمتر استفاده می‌شود. در واقع ماشین‌های سوزن‌زنی چند صفحه‌ای مورد قبول بوده و باعث بالا و پایین رفتن تعداد بیشتری سوزن به طور هماهنگ و همزمان می‌شوند، البته بسته به نیاز خاصی ممکن است تنها از یک صفحه سوزن استفاده شود. در مدل‌های ارائه شده جدیدتر، روش‌های مختلفی برای سوزن‌زنی ممکن است استفاده شود، که بر اساس آن صفحات سوزن بتوانند همزمان یا متوالیا در لایه فرو روند که تبعا تراکم سوزن نیز نصف مدل‌های قبلی است. در این روش سوزن‌زنی تحت زاویه از دو طرف انجام می‌شود که روی خواص محصول اثر می‌گذارد. سوزن‌زنی با یک زاویه از دو طرف مزایایی از جمله ثبات ابعادی بهتر و نفوذپذیری هوای کمتر و افزایش دوام در مقایسه با سوزن‌زنی عمودی در یک جهت دارد. شکل(۱-۳) یک ماشین سوزن‌زنی با چهار تخته سوزن را نشان می‌دهد و شکل(۱-٤) بیانگر سوزن‌زنی دو طرفه زاویه‌دار است که بیشتر برای تولید فیلتر به کار می‌رود[۳].

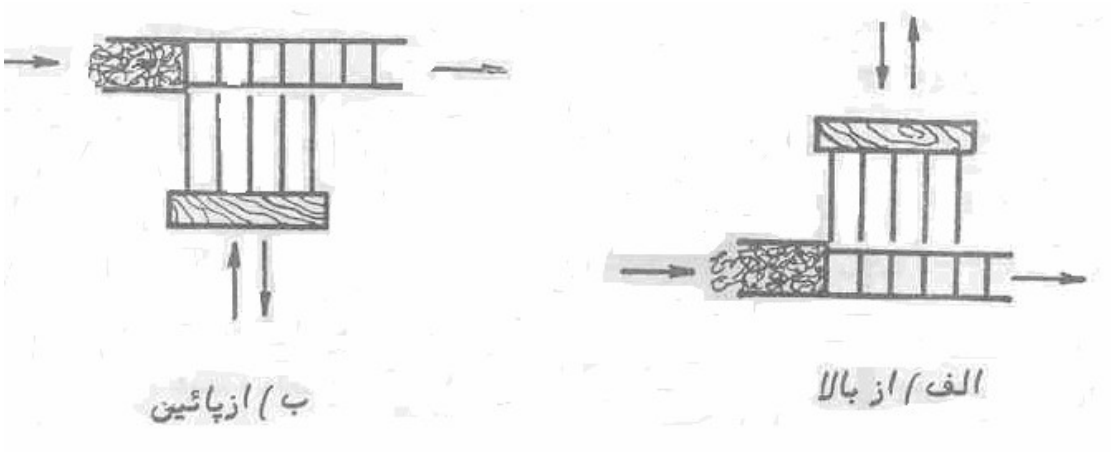


شکل (۱-۳) یک ماشین سوزن زنی با چهار تخته سوزن[۳]



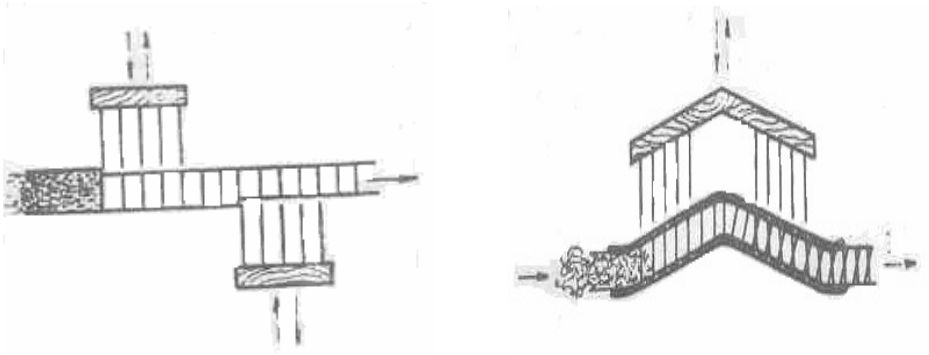
شکل(۱-٤) سوزن زنی دو طرفه زاویه دار[۳]

سوزن‌زنی یکطرفه از بالا، مشکل دوباره سوزن زدن پشت لایه را بدنبال دارد. در روش سوزن-زنی از پایین، علاوه بر مشکل فوق، مشکل عرض کم لایه وجود دارد و به علت محدود بودن فضای زیر ماشین و نیاز داشتن به نیروی قابل ملاحظه‌ای برای بالا بردن تخته سوزن و پانچ کردن، لذا از عرض کمتری استفاده می‌گردد(شکل(۱-۵))[۳].



شکل(۱-۵) سوزن زنی یکطرفه[۳]

یکی از روش‌های سوزن‌زنی، روش سوزن‌زنی دوطرفه با زاویه ۹۰ درجه می‌باشد. بهتر شدن ثبات و نفوذپذیری کمتر به زاویه سوزن بستگی دارد، لذا روش فوق، نفوذپذیری بیشتری نسبت به روش زاویه‌دار دارد. در روش سوزن‌زنی زاویه‌دار (که سوزن‌ها نسبت به لایه الیاف به صورت زاویه-دار قرار می‌گیرند) نفوذپذیری هوا کمتر می‌باشد. افزایش استحکام به هماهنگی عملیات سوزن‌زنی از دو جهت بستگی دارد. شکل(۱-٦) سوزن‌زنی دوطرفه با زاویه ۹۰ درجه و یکطرفه به طور زاویه‌دار را نشان می‌دهد[۳].



ب) سوزن زنی یک طرفه زاویه دار الف)سوزن زنی دوطرفه با زاویه ۹۰ درجه

شکل(۱-٦) سوزن زنی دو طرفه و یک طرفه زاویه دار[۳]

۱-۳)استفاده از مخلوط الیاف در نساجی

۱-۳-۱)علل استفاده از مخلوط الیاف

الیافی که در حال حاضر در دنیا موجودند، هیچکدام واجد تمام خصوصیات مطلوب نیستند. بوسیله مخلوط کردن الیاف مختلف، می‌توان خصوصیات خوب آنها را که مکمل یکدیگرند به حداکثر مقدار رساند و معایب هر یک از آنها را بواسطه مزایای دیگری پوشش داد. مخلوط کردن الیاف می‌تواند به دلایل زیر باشد[۵]:

۱)بدست آوردن یک شیدرنگی خاص با استفاده از مخلوط کردن الیاف با رنگهای مختلف

۲)بالا بردن یکنواختی محصول نهایی

۳)بهبود ظاهر منسوج

٤)مخلوط کردن الیاف با قیمتهای مختلف به منظور کاهش قیمت تمام شده

۵)مخلوط کردن الیاف با خصوصیات مکانیکی مختلف به منظور استفاده از خواص مکمل یکدیگر به جهت تولید پارچه با خواص مکانیکی بهتر

اکثر موارد ذکر شده در بالا، در مورد پارچه‌های بی‌بافت نیز صدق می‌کند، به عنوان مثال برای بهبود خواص مکانیکی و ظاهر پارچه و یا دست یافتن به یک شید رنگی خاص، می‌توان از مخلوط الیاف استفاده نمود.

۱-۳-۲) بررسی ماهیت مخلوط شوندگی الیاف

در خصوص مخلوط شوندگی الیاف، المغازی (EL Mogahzy)[٦] در یک مطالعه، یک روش کلی جهت آنالیز ماهیت مخلوط شوندگی ارائه کرد. وی مخلوط شوندگی را به چهار گروه تقسیم نمود:

۱)مخلوط شوندگی ساختاری

این حالت از مخلوط شوندگی احتمال حضور یک لیف در مخلوط الیاف را بر اساس وضعیت هندسی لیف (ظرافت،طول،چگالی)، مورد بررسی قرار می‌دهد. در تجزیه و تحلیل مخلوط شوندگی ساختاری، در حالت تئوری احتمال حضور یک جزء لیف در مخلوط، تابعی از ویژگی‌های هندسی لیف می‌باشد که به طور کلی این احتمال با شاخص نمایان شدن (R_{IA}) بیان می‌شود:

$$R_{IA} = \rho\ (\ f_A/(B,C,D,\ldots,M)) = \rho\ (n_A/n) = \varphi\ ((L_{fA} \times m_{fA})/P_{fA}) \qquad (۳-۱)$$

که در این رابطه:

f_A : پیشامد حضور جزء A در مخلوط، در شرایطی که اجزاء دیگر مخلوط (B,C,…,M) معلوم باشند

n_A : تعداد الیاف جزء A در سطح مقطع

n : تعداد کل الیاف در سطح مقطع

L_{fA} : طول متوسط جزء A

m_{fA} :ظرافت متوسط جزءA

P_{fA} :متوسط چگالی جزء A

رابطه (۱-۳) نشان می‌دهد که الیاف کوتاه، ظریف و دارای چگالی بالا شانس بیشتری نسبت به الیاف بلند و ضخیم و دارای چگالی کم، دارند تا بتوانند در یک سطح مقطع تصادفی از مخلوط الیاف قرار بگیرند[٦].

۲)مخلوط شوندگی رفتاری

این نوع از مخلوط شوندگی اثر متقابل موجود بین خواص الیاف گوناگون بکار رفته در مخلوط را نشان می‌دهد. مخلوط شوندگی رفتاری یک نتیجه مستقیم از مخلوط شوندگی ساختاری می‌باشد و

در این تحلیل به طور تئوری فرض شده که یک ارتباط خطی بین مخلوط شوندگی ساختاری و رفتاری وجود دارد.

۳)مخلوط شوندگی ظاهری

این نوع مخلوط شوندگی میزان همسان سازی اجزاء را از لحاظ شدت رنگ آنها در مجموعه الیاف، بیان می‌نماید. اجزایی که دارای شدت رنگهای متفاوت هستند، وقتی با یکدیگر مخلوط شوند شیدرنگی نهایی متفاوت از شید رنگی هر یک از اجزاء مخلوط می‌باشد. در تجزیه و تحلیل مخلوط شوندگی ظاهری، بیان گردیده که علت عدم توان تولید یک مخلوط همگن از لحاظ رنگ و ظاهر عمدتا ناکافی بودن عملیات اختلال در توده الیاف است.

جهت ارزیابی مخلوط شوندگی ظاهری از تجزیه و تحلیل تصویر شدت روشنایی هر جزء مخلوط استفاده می‌شود که با آنالیز فراوانی پیکسل‌ها که معادل با سطح درخشندگی رنگها است، به تشریح همگن بودن و منسجم بودن رنگ هر جزء از الیاف موجود در مخلوط پرداخته می‌شود.

٤)مخلوط شوندگی فعل و انفعالی

این نوع از مخلوط شوندگی بر اثر متقابل یک جزء بر اجزاء دیگر به صورت مکانیکی، در حین عملیات مخلوط شوندگی دلالت می‌کند. در این نوع مخلوط شوندگی باید دو معیار مهم را در نظر گرفت، یکی ایجاد بیشترین اختلال در الیاف و دیگری چسبندگی بین الیاف است. این دو معیار با یکدیگر در تضاد هستند، زیرا جهت ایجاد اختلال در دسته‌های الیاف، فعل و انفعال بین الیاف باید آرام و با حداقل چسبندگی انجام شود، در حالی که برای حفظ یکنواختی الیاف در حین تشکیل رشته الیاف نیاز به وجود چسبندگی بین الیاف می‌باشد[٦].

۱-۳-۳) قانون کلی مخلوط‌ها

حسینی[۷] به نقل از نی السن (Nielsen) بیان نمود، اگر دو جزء مختلف با انواع ۱ و ۲ مخلوط شوند، خواص مخلوط تهیه شده (p) را می‌توان با استفاده از قاعده کلی مخلوط‌ها (Rule of Mixture) بدست آورد[۷]:

$$P = P_1.Q_1 + P_2.Q_2 + I.Q_1.Q_2 \qquad (٤-١)$$

که در این رابطه:

P_I : خواص هر یک از اجزاء مخلوط

Q_I : درصد حضور هر یک از اجزاء مخلوط که می‌تواند بر حسب وزن یا حجم باشد

I : ضریبی است که مقدار تاثیر متقابلی که دو جزء روی یکدیگر دارند را نشان می‌دهد

مقدار I می‌تواند اثر افزاینده و یا کاهنده در خصوصیات مخلوط داشته باشد و اگر $I=0$ آنگاه اثر متقابل بین دو جزء وجود ندارد و رابطه گفته شده به رابطه ساده مخلوط‌ها تبدیل می‌شود[۷]:

$$P = P_1.Q_1 + P_2.Q_2 \qquad (۵-۱)$$

۱-٤) استفاده از الیاف با قابلیت حجمی و جمع شوندگی زیاد

برخی از الیاف مصنوعی بویژه انواع اکریلیک نظیر اکریلان (Acrilan)، کورتل (Courtelle) و اورلن (Orlon) خصوصیات مکانیکی_حرارتی خاصی دارند که می‌توانند تغییرات طولی(کرنش) موقتی در حین تثبیت حرارتی در داخل پارچه پیدا کنند. این تغییرات طولی می‌تواند بعدا در شرایط استراحت مناسب برگشت کند و این اصل در تولید نخ‌های الیاف کوتاه با حجم زیاد یا جمع‌شدگی زیاد بکار می‌رود. در صورت استفاده از مخلوط الیاف، چنانچه یکی از آنها قابلیت جمع‌شوندگی زیادی داشته باشد، خصوصیات مکانیکی_حرارتی الیاف کوتاه با جمع‌شوندگی زیاد و نحوه تقابل دو نوع لیف بکار رفته در مخلوط می‌تواند در وضعیت حجیم بودن محصول اثرگذار باشد[۸].

در حین رنگرزی و تکمیل پارچه تهیه شده از نخ‌های حجیم و با قابلیت جمع‌شوندگی زیاد، در اثر کشش و حرارت نزدیک به دمای جوش ممکن است ویژگی حجیم بودن پارچه کاهش یابد. استفاده از استراحت اولیه بواسطه چیدن پارچه در یک وینچ رنگرزی اثر رضایت بخشی دارد، اما همواره خطر کاهش حالت حجیم بودن محصول بواسطه رنگرزی در دمای بالا وجود دارد، زیرا مدول لیف طی این شرایط کاهش می‌یابد. در عین حال این امکان وجود دارد که پارچه‌هایی بینهایت مطلوب از این نخهای حجیم تولید نمود، حال از پارچه‌های سبک وزن گرفته تا پارچه‌های سنگین وزن که برای تولید کت و شلوار و پتو بکار می‌روند[۸].

۱-۵)مبحث انتقال حرارت

۱-۵-۱) بررسی روش‌های انتقال حرارت

هرگاه درون یک سیستم شیب دما وجود داشته باشد و یا دو سیستم با دماهای متفاوت با هم تماس یابند، انرژی انتقال می‌یابد. فرایندی که در آن انتقال انرژی توسط اختلاف دما صورت می‌گیرد، انتقال حرارت نامیده می‌شود که مستقیما قابل مشاهده و اندازه‌گیری نمی‌باشد، اما اثراتی که ایجاد می‌کند ملموس است و می‌توان آنرا مشاهده و اندازه‌گیری نمود. انتقال حرارت را می‌توان به عنوان انتقال انرژی از یک ناحیه به ناحیه دیگر دانست که به علت وجود اختلاف دما میان آن دو ناحیه صورت می‌پذیرد. اثر انتقال حرارت سه روش متفاوت توزیع حرارتی دارد که شامل رسانش، همرفت و تابش می‌باشد. البته تنها رسانش و تابش را می‌توان فرایند انتقال حرارت نامید، زیرا تنها در این دو روش وجود اختلاف دما در دو ناحیه در انجام فرایند اثرگذار است. روش همرفت دقیقا در تعریف انتقال حرارت نمی‌گنجد، زیرا عملکرد آن به انتقال فیزیکی توده سیال بستگی دارد، اما از آنجا که در همرفت نیز انتقال انرژی از ناحیه با دمای بالاتر به ناحیه با دمای پایینتر صورت می‌گیرد، بیان عبارت انتقال حرارت به روش همرفت به طور عام قابل قبول است[۹].

۱-۵-۱-۱)رسانش گرمایی

هرگاه در یک محیط صلب شیب دما وجود داشته باشد، حرارت از ناحیه با دمای بالاتر به ناحیه با دمای پایینتر جریان خواهد داشت. میزان حرارتی که در این حالت به صورت رسانش q_k انتقال می‌یابد متناسب خواهد بود با مقدار شیب دما dT/dx ضرب در سطح A که از آن حرارت انتقال می‌یابد[۹]:

$$q_k \quad \propto \quad A.\, dT/dx$$

در این رابطه $T(x)$ دمای موضعی و x فاصله در جهت جریان حرارت است.
نرخ واقعی جریان حرارت به ضریب رسانش گرمایی k بستگی دارد که خاصیت فیزیکی محیط است. برای رسانش در یک محیط همگن، نرخ انتقال حرارت برابر است با[۹]:

$$q_k = -k.A.\, dT/dx \qquad (۱-۶)$$

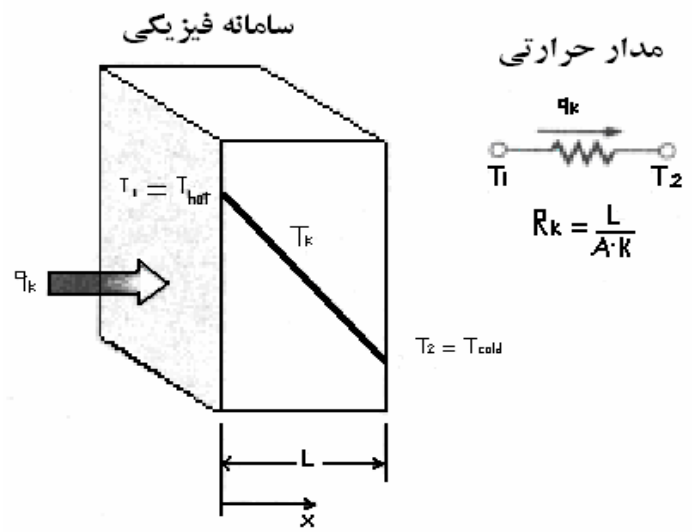
که این معادله قانون رسانش فوریه نام دارد. علامت منفی نتیجه قانون دوم ترمودینامیک است که طبق آن جهت جریان از دمای بالاتر به دمای پایین‌تر می‌باشد.

نمونه ساده‌ای از انتقال حرارت که قابل بررسی می‌باشد، انتقال حرارت از میان یک دیواره مسطح می‌باشد که در آن شیب دما و جریان حرارت با زمان تغییر نمی‌کند و سطح مقطع عرضی که حرارت از میان آن جریان می‌یابد یکسان است. نرخ انتقال حرارت در این وضعیت به صورت زیر است[۹]:

$$\frac{q_k}{A}\int_0^L dx = -\int_{T1}^{T2} k.dT \qquad (۷-۱)$$

دما در صفحه سمت چپ (صفحه گرم) ($x=0$) مقدار یکنواخت T_{hot} و در صفحه سمت راست (صفحه سرد) ($x=L$) مقدار یکنواخت T_{cold} را دارد. اگر k مستقل از دما T باشد، بعد از انتگرال‌گیری نرخ رسانش گرمایی به صورت زیر است (شکل (۱-۷))[۹]:

$$q_k = \Delta T/(L/A.K) \qquad (۸-۱)$$



شکل(۱-۷) نحوه انتقال حرارت از سطح گرم به سطح سرد به روش رسانایی را نشان می‌دهد[۹]

اختلاف دما میان دیواره سرد و گرم، پتانسیل محرکی است که جریان حرارت را سبب می‌شود. کمیت $L/A.K$ معادل مقاومت گرمایی R_k است که دیواره در مقابل جریان رسانش گرمایی از خود

نشان می‌دهد. به ازای مقاومت حرارتی R_k، رسانش گرمایی K_k نیز وجود دارد که معکوس R_k بوده و برابر است با $A.K/L$ ، واحد رسانش گرمایی وات بر اختلاف درجه حرارت کلوین در سیستم SI و $(Btu/hr^{\circ}F)$ در سیستم انگلیسی می‌باشد.

در مورد عایق‌های حرارتی می‌توان گفت، مواد صلبی هستند که ساختار درونی آنها شامل حفره‌های هوایی است که کوچک بودن آنها سبب عدم جنبش و تحرک هوای محبوس شده و ایجاد حالت عایق حرارتی می‌کند. انتقال حرارت از میان یک ماده عایق حرارتی، ترکیبی از رسانش و تابش از میان حفره‌های هوا می‌باشد[۹].

۱-۵-۱-۲)همرفت

روش همرفت یا جابجایی عملا شامل دو سازوکار است که تواما انتقال حرارت را به عهده دارند. یکی انتقال حرارت از مولکولی به مولکول دیگر که همان روش رسانش است و دیگری انتقال حرارت در اثر حرکت توده سیال می‌باشد. حرکت سیال نتیجه حرکت و جنبش توده‌های سیال است که هر یک شامل تعداد زیادی مولکول می‌باشند و حرکتشان بر اثر وجود یک عامل بیرونی صورت می‌گیرد که این عامل بیرونی می‌تواند تغییرات چگالی سیال یا اختلاف فشار ایجاد شده توسط یک پمپ یا دستگاه فن باشد[۹].

۱-۵-۱-۳)تابش

آن مقدار از انرژی که به عنوان گرمای تابشی یک سطح را ترک می‌نماید، به دمای مطلق و نوع آن بستگی دارد. مقدار انرژی تابشی که از سطح جسم سیاه یا جسم تابشی کامل (مثل خورشید) انتشار می‌یابد، توسط معادله زیر مشخص می‌گردد[۹]:

$$q_r = \sigma A_1.T_1^4 \qquad (۹-۱)$$

اگر مساحت سطح A_1 به متر مربع و دمای سطح T_1 به کلوین باشد، نرخ جریان تابشی q_r بر حسب وات خواهد بود. ضریب ثابت σ بعددار است که مقدار آن $(w/m^2.k^4)$ $۵/۶۷ \times ۱۰^{-۸}$ میباشد. این ضریب را استیفن بولتزمن می‌نامند.

اگر جسم سیاهی به یک سطح بسته تابش کند که آن سطح نیز سیاه باشد، تمام انرژی تابشی توسط آن سطح جذب می‌شود و انتقال حرارت تابشی طبق معادله زیر است[۹]:

$$q_r = A_1.\sigma.\ (T_1^4 _ T_2^4) \qquad (۱۰-۱)$$

که در آن T_2 دمای مطلق سطح بسته بر حسب درجه کلوین است.

۱-۵-۲)انتقال حرارت در منسوجات

پارچه مورد استفاده در لباس، باید این امکان را به بدن بدهد که در حالت فیزیولوژیکی مناسب باقی بماند که این بواسطه ایجاد تعادل حرارتی امکان‌پذیر است.

طبق مرجع [۱۰] که نتایج و نظرات محققین مختلف در آن قید شده، میلر(Miller) می‌گوید خاصیت عایق حرارتی پارچه به معنای قابلیت مقاومت نمودن در برابر انتقال حرارت به هر شکل ممکن است و موریس (Morris)[۱۰] اعتقاد دارد عایق حرارتی میزان اثرگذاری یک پارچه در نرمال باقیماندن دمای بدن انسان تحت شرایط تعادلی است.

دو نوع واحد برای عایق حرارتی درنظر گرفته شده، یکی واحد انتقال حرارت می‌باشد که مقدار گرمایی است که در یک سطح مشخص از ماده در واحد زمان تحت شرایط خاصی از اختلاف دما جریان پیدا کرده و عبور می‌کند و دیگری واحد مقاومت است که معکوس واحد انتقال حرارت می‌باشد. مقدار اندازه عایق بودن یک ماده همان مقاومت حرارتی آن ماده است که به صورت اختلاف دمای بین دو سطح متفاوت (از نظر جریان هوای گرم)، تعریف می‌شود و واحد آن $k.m^2.w^{-1}$ است. مقاومت حرارتی به صورت تاگ (tog) هم بیان می‌شود.

تاگ متناسب است با یکدهم اختلاف دمای دو طرف پارچه تقسیم بر سرعت متوسط جریان گرما بر حسب وات بر متر مربع[۱۰].

$$10\ togs = 1\ (\text{درجه سانتگراد} / (\text{وات/متر مربع}))$$

هر چه مقدار تاگ بیشتر باشد، عایق حرارتی ایجاد شده بیشتر است. در جدول (۱-۱) انواع مقادیر تاگ برای انواع پارچه‌ها بیان شده است[۱۰].

جدول(۱-۱) مقادیر تاگ برای انواع پارچه‌ها[۱۰]

مقدار عایق حرارتی (tog)	پارچه
۰/۱	پیراهن
۱	کت و شلوار
۱	ژاکت و لباس ورزشی
۲	موکت و فرش
۰/۲	پرده
۰/۲	ملحفه
۱	پتو
۱۰	لحاف اروپایی

مقدار عایق حرارتی (Thermal Insulating Values)(TIV) را می‌توان به صورت زیر نیز بدست آورد[۱۰]:

$$TIV = [۱ - (\text{اتلاف دما از بدنه داغ پوشش دار})/(\text{اتلاف دما از بدنه داغ بدون پوشش})] \times ۱۰۰$$

در واقع TIV بیانگر درصد کاهش در اتلاف حرارتی از سطح بواسطه پوشاندن سطح با یک پارچه است.

ضریب هدایت حرارتی از دیگر اصطلاحات آشنا در زمینه گرما است و زمانی صدق می‌کند که انتقال حرارت فقط از روش رسانایی و با واحد $w.m^{-1}.k^{-1}$ انجام گیرد. این ضریب نرخ عبور جریان گرما (به روش رسانایی) از واحد سطح و واحد ضخامت پارچه در زمانی که اختلاف دما بین دو سطح آن ماده وجود دارد، را نشان می‌دهد. مقدار ضریب هدایت حرارتی k را می‌توان بوسیله togs/in حساب نمود[۱۰]:

$$K = \frac{25.4}{togs/in} (w.cm.m^{-2}.{}^{0}c^{-1})$$

مقاومت حرارتی R و ضریب هدایت حرارتی K به صورت زیر با هم ارتباط دارند[۱۰]:

$$R = d/k \qquad (۱۱-۱)$$

از آنجا که مقدار K تقریبا در پارچه‌های گوناگون ثابت است، لذا مقدار مقاومت حرارتی متناسب است با ضخامت پارچه.