بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده نساجی

بررسی امکان کاربرد نانو-میکرو پودر برخی از سنگ های معدنی جهت تولید مواد تغییر فازدهنده در یک محدوده حرارتی معین

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی- شیمی نساجی و علوم الیاف

مصطفی خسروجردی

استاد راهنما

دکتر سید مجید مرتضوی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده نساجی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی نساجی_ شیمی نساجی و علوم الیاف

آقای مصطفی خسروجردی

تحت عنوان

بررسی امکان کاربرد نانو-میکرو پودر برخی از سنگ های معدنی جهت تولید مواد تغییر فازدهنده در یک محدوده حرارتی معین

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۹ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر سید مجید مرتضوی
۲- استاد داور	دکتر تقی خیامیان
۳- استاد داور	دکتر صدیقه برهانی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر صدیقه برهانی

پس از حمد خداوند سبحان ، خدایا چنانم کن که یاد و خاطر مادرم همیشه در قلبم زنده بماند و نیکی ها و دلسوزی های او را ، هرگز از یاد نبرم . . .

بر خود لازم می دانم که از اسات راهنمای بزرگوارم آقای دکتر سید مجید مرتضوی که زحمات و راهنمایی های فراوانی نمودند کمال تشکر را نمایم و از درگاه خداوند متعال، سلامتی، خیر و توفیق روز افزون برایشان مسئلت دارم.

از سرکار خانم دکتر صدیقه برهانی که با همکاریهای خود ، مرا در اجرای این پژوهش یاری نمودند ، نهایت تشکر را دارم.

از دوستان خوبم که یاران روزهای سخت زندگی ام بودند ، به خاطر تمام مهربانیهایشان کمال تشکر را دارم و موفقیت و سعادتشان را از ایزد منّان خواستارم.

با سپاس

مصطفی خسروجردی

اسفند ماه ۱۳۹۰

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

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

دو گل همیشه سبز و شاداب زندگیم

که باشند تا استوار باشم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب .....هشت
چکیده ۱
فصل اول : کلیات
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۱-۱- ذخیره سازی انرژی ۴
الف- مواد ذخیره کننده گرمای محسوس (گرمای ویژه) ۷
ب- مواد ذخیره کننده گرمای نهان ۷
۱-۱-۲- تکنولوژی تغییر فاز ۷
۱-۱-۳- مواد تغییر فاز دهنده ۸
الف- هیدروکربن های خطی ۱۱
ب- اسیدهای چرب و استرهای آنها ۱۳
ج- نمک های هیدراته معدنی ۱۴
د- پلی اتیلن گلایکول ۱۴
۱-۱-۴- ارتباط ساختار منسوج با PCMs ۱۵
۱-۱-۵- عملکرد حرارتی فعال پوشاک ۱۷
۱-۱-۶- نحوهٔ عملکرد مواد تغییر فاز دهنده در پوشاک ۱۷
۱-۱-۷- تکمیل منسوجات با میکروکپسول های مواد تغییر فازدهنده ۱۸
الف- ترکیب میکروکپسول های مواد تغییر فازدهنده با الیاف ۱۸
ب- لمینیت کردن فوم پلی یورتان حاوی میکروکپسول ۲۰
۱-۱-۸-کاربرد منسوجات حاوی مواد تغییر فاز دهنده ۲۲
الف- پوشاک ۲۲
ب- منسوجات خانگی ۲۳
ج- محصولات بهداشتی ۲۴
د- منسوجات اتومبیل ۲۴
چ-کاربرد های ساختمانی ۲۴
۱-۲- معرفی چند سنگ معدنی.....۲۵

۱-۲-۱- تاریخچه ۲۵
الف- تاریخچه دولومیت ۲۵
ب- تاریخچه پرلیت ۲۵
۱-۲-۲- مشخصات عمومی ۲۶
الف- دولومیت ۲۶
ب- تقسیم بندی سنگهای کربناته بر اساس مقدار دولومیت ۲۷
۱-۲-۳-کاربرد دولومیت ۲۷
الف- صنایع شیشه سازی ۲۷
ب- صنایع تولید فر آورده های نسوز ۲۷
ج- دولومیت به عنوان کمک ذوب ۲۸
د-کاربرد دولومیت در استحصال منیزیم ۲۸
۱-۲-۴- پرلیت ۲۸
۱-۲-۴-۱-کاربرد پرلیت ۲۹
الف- کاربرد به عنوان صافی ۲۹
ب- عایق حرارتی ۲۹
ج- متالورژی ۳۰
چ- عایق کاری در دماهای پایین ۳۰
د- عایق کاری در دمای بالا ۳۰
ه- مصرف پرلیت در نسوزها و صنایع ریخته گری ۳۰
و- عایق کاری کف ۳۱
ی- جذب کننده ۳۱
۱-۲-۵- مروری کلی بر دیگر مقالات ۳۱
۱ -۳ - هدف از انجام پروژه ۳۵

فصل دوم: مواد روش ها

۲-۱- مواد ۳۶
۲-۱-۱- پارچه پنبه ای ۳۷
۲-۱-۲- مشخصات مواد مصرفی ۳۷
۲-۱-۳- مشخصات وسایل و دستگاه های مورد استفاده ۳۸
۲-۲- روش کار ۳۹
۲-۲-۱- آماده سازی ظروف ۳۹

۲-۲-۲- شستشوی اولیه نمونه ها ۳۹
الف- شستشوی پارچه ها ۳۹
ب- شستشوی پودر سنگ ها ۳۹
۲-۲-۳- آماده سازی و منبسط کردن پودر سنک ها ۳۹
الف- سوزاندن دولومیت ۳۹
ب- تهیه پرلیت منبسط شده ۴۰
۲-۲-۴- تهیه کامپوزیت ۴۰
الف- روش اشباع به وسیله همزن ۴۰
ب- روش اشباع در خلاء ۴۱
۲-۲-۵- عملیات تکمیل ۴۱
۲-۳- آزمون ها ۴۳
۲-۳-۱- اندازه گیری خواص حرارتی ۴۳
الف- اندازه گیری خواص حرارتی به وسیله دستگاه اندازه گیری انتقال حرارتی ۴۳
ب- اندازه گیری خواص حرارتی به وسیله دستگاه کالریمتر پویشی تفاضلی ۴۳
۲-۳-۲- طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز ۴۴
۲-۳-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۴
۲-۳-۴- اندازه گیری افزایش وزنی پارچه پس از تکمیل ۴۵
۲-۳-۵- اندازه گیری ضخامت پارچه ها ۴۵
۲-۳-۶- تعیین وزن در متر مربع پارچه ۴۵
۲-۳-۷- اندازه گیری انتقال رطوبت ۴۶
۲-۳-۸- اندازه گیری طول خمشی پارچه ۴۷
۲-۳-۹- اندازه گیری نفوذ پذیری هوا ۴۸
۲-۳-۱۰- اندازه‌گیری ثبات سایشی..... ۴۸
فصل سوم: بحث و بررسی نتایج
۳-۱- مقدمه ۴۹
۳-۲- اندازه گیری خواص حرارتی به وسیله دستگاه اندازه گیری انتقال حرارتی ۵۰
۳-۳- اندازه گیری خواص حرارتی به وسیله دستگاه کالریمتری پویشی تفاضلی ۵۸
۳-۴- طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز ۶۵
۳-۵- نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی ۶۹
۳-۶- درصد افزایش وزن پارچه ۷۵

۳-۷- بررسی ضخامت پارچه ۷۶
۳-۸- سختی خمشی..... ۷۶
۳-۹- نفوذپذیری هوا ۷۷
۳-۱۰- وزن بر متر مربع پارچه ۷۸
۳-۱۱- مقاومت سایشی..... ۷۹
۳-۱۲- اندازه‌گیری انتقال رطوبت..... ۷۹
فصل چهار: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات
۴-۱- مقدمه ۸۴
۴-۲- نتیجه گیری کلی ۸۵
۴-۳- پیشنهادات ۸۷
منابع مورد استفاده ۸۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) دسته بندی مواد ذخیره کننده انرژی..... ۵

شکل (۱-۲)آئروژل..... ۷

شکل (۱-۳) مشخصهٔ حرارتی انتقال حرارت در مواد تغییر فاز دهنده در تبدیل از حالت جامد به مایع و بالعکس..... ۹

شکل(۱-۴)ساختار میکروکپسول..... ۱۲

شکل(۱-۵) کاربرد میکروکپسول های *Outlast* در یک منسوج..... ۱۵

شکل(۱-۶)میکروکپسول‌های *Outlast* در منسوج..... ۱۸

شکل (۱-۷) تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی الیاف Outlast..... ۱۹

شکل (۱-۸) سطح مقطع فوم پلی یورتان حاوی میکروکپسول های PCM..... ۲۱

شکل (۲-۱)تصاویر دستگاه اندازه‌گیری انتقال حرارت..... ۴۳

شکل (۲-۲)تصویر شماتیک دستگاه اندازه‌گیری انتقال رطوبت..... ۴۶

شکل (۲-۳)دستگاه خمش شرلی و نحوه خمش پارچه در آن..... ۴۸

شکل (۳-۱) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه یک لایه..... ۵۰

شکل (۳-۲) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه..... ۵۱

شکل (۳-۳) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه یک لایه با بیندر..... ۵۱

شکل (۳-۴) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه با بیندر..... ۵۲

شکل(۳-۵) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت(نانو پودر دولومیت/ پارافین)..... ۵۲

شکل (۳-۶) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت(پودر پرلیت/ پارافین)..... ۵۳

شکل (۳-۷) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت(نانو پودر دولومیت/ ان- نونادکان)..... ۵۴

شکل (۳-۸) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت (پودر پرلیت/ نونادکان)..... ۵۴

شکل (۳-۹) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت نانو پودر دولومیت/ پارافین در شرایط سرد ۵۵

شکل (۳-۱۰) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت پودر پرلیت/ پارافین در شرایط سرد..... ۵۶

شکل (۳-۱۱) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت پودر پرلیت/ ان- نونادکان ۵۶

شکل (۳-۱۲) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت نانو پودر دولومیت/ ان- نونادکان..... ۵۷

شکل (۳-۱۳) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت (پودر پرلیت/ان- نونادکان)..... ۵۸

شکل (۳-۱۴) نمودار تغییرات دما در سطح پارچه دو لایه عمل شده با کامپوزیت (نانو پودر دولومیت/ان- نونادکان)..... ۵۸

شکل (۳-۱۵) قسمت الف. گرمایش ان- نونادکان..... ۵۹

شکل (۳-۱۵)قسمت ب. سرمایش ان- نونادکان..... ۵۹

شکل (۳-۱۶) منحنی DSC پارافین..... ۶۰

شکل (۳-۱۷) منحنی DSC کامپوزیت(پودر پرلیت/ان- نونادکان)..... ۶۱
شکل (۳-۱۸) منحنی DSC کامپوزیت(نانو پودر دولومیت/ان- نونادکان) با استفاده از روش اشباع در خلاء..... ۶۲
شکل (۳-۱۹) منحنی DSC کامپوزیت(نانو پودر دولومیت/ان- نونادکان) با استفاده از روش اشباع..... ۶۳
شکل (۳-۲۰)منحنی DSC کامپوزیت(پودر پرلیت/پارافین)..... ۶۴
شکل (۳-۲۱) منحنی DSC کامپوزیت(نانو پودردولومیت/پارافین)..... ۶۴
شکل(۳-۲۲) طیف پارافین، پارچه پنبه ای و کامپوزیت (نانو پودر دولومیت/پارافین) بر روی پارچه..... ۶۶
شکل (۳-۲۳) طیف پارافین، پارچه پنبه ای و کامپوزیت (پودر پرلیت/پارافین) بر روی پارچه..... ۶۷
شکل (۳-۲۴) طیف ان- نونادکان، پارچه پنبه ای و کامپوزیت (پودر پرلیت/ ان- نونادکان) بر روی پارچه..... ۶۸
شکل (۳-۲۵) طیف ان- نونادکان، پارچه پنبه ای و کامپوزیت (نانو پودر دولومیت/ ان- نونادکان) بر روی پارچه..... ۶۹
شکل (۳-۲۶) تصاویر میکروسکوپی پودر پرلیت منبسط شده..... ۷۰
شکل (۳-۲۷)تصاویر میکروسکوپی کامپوزیت (پودر پرلیت/ان- نونادکان)..... ۷۱
شکل (۳-۲۸)تصاویر میکروسکوپی نانو پودر دولومیت منبسط شده..... ۷۲
شکل (۳-۲۹)تصاویر میکروسکوپی کامپوزیت (نانو پودر دولومیت/ ان- نونادکان) ۷۳
شکل (۳-۳۰)تصاویر میکروسکوپی قرارگیری کامپوزیت (نانو پودر دولومیت/ ان- نونادکان)..... ۷۶
شکل (۳-۳۱) تصاویر میکروسکوپی قرارگیری کامپوزیت (پودر پرلیت/ ان- نونادکان)..... ۷۴
شکل(۳-۳۲) نمودار تغییرات رطوبت در سطح رویی پارچه تک لایه..... ۸۰
شکل(۳-۳۳) نمودار تغییرات رطوبت در سطح رویی پارچه دو لایه..... ۸۰
شکل(۳-۳۴) نمودار تغییرات رطوبت در سطح پارچه دولایه بیندر خورده..... ۸۱
شکل (۳-۳۵) نمودار تغییرات رطوبت در سطح پارچه دولایه عمل شده با کامپوزیت پودر پرلیت/ان-نونادکان..... ۸۲
شکل (۳-۳۶) نمودار تغییرات رطوبت در سطح پارچه دولایه عمل شده با کامپوزیت نانوپودر دولومیت/ان- نونادکان..... ۸۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱) مقایسه خصوصیات مواد تغییر فازدهنده..... ۵

جدول (۱-۲)خصوصیات مطلوب برای مواد تغییر فازدهنده..... ۹

جدول(۱-۳) خواص تغییر فاز هیدروکربن های خطی..... ۱۲

جدول(۱-۴) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پرلیت..... ۳۸

جدول (۲-۱) مشخصات پارچه استفاده شده..... ۳۷

جدول (۲-۲) مشخصات دستگاه های استفاده شده..... ۳۸

جدول (۲-۳)نمونه های تهیه شده به روش اشباع توسط همزن..... ۴۲

جدول (۲-۴)نمونه های تهیه شده به روش اشباع در خلاء..... ۴۲

جدول (۲-۵) شرایط خشک کردن..... ۴۲

جدول (۳-۱) نتایج افزایش وزن پارچه..... ۷۶

جدول (۳-۲) بررسی ضخامت پارچه..... ۷۶

جدول (۳-۳) نتایج سختی خمشی پارچه ها..... ۷۷

جدول (۳-۴)نتایج تست نفوذپذیری هوا..... ۷۸

جدول (۳-۵) نتایج وزن بر متر مربع پارچه..... ۷۸

جدول (۳-۶)نتایج درصد کاهش وزن در اثر سایش..... ۷۹

چکیده

ترکیبات تغییر فاز دهنده موادی با قابلیت ذخیره حرارتی هستند که برای کنترل درجه حرارت به کار می روند و از آنها به عنوان محافظ-های حرارتی برای ذخیره و آزاد سازی گرما در منسوجات استفاده می شود. در نساجی معمولاً از واکس های پارافینی بدین منظور استفاده می‌گردد.

در این مطالعه از پارافین و نونادکان به عنوان مواد تغییر فاز دهنده برای ذخیره سازی انرژی حرارتی و از نانو پودر دولومیت و پودر پرلیت منبسط شده به عنوان حامل واکس های پارافینی، استفاده گردید. باید توجه داشت که ساختار ذاتی جاذب های استفاده شده در این مطالعه به گونه ای است که نمی توانند تغییری در مواد کامپوزیت ایجاد کنند.

از طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز و میکروسکوپ الکترونی روبشی برای تعیین ساختار شیمیایی و ساختار میکروسکوپی کامپوزیت استفاده گردید و بررسی نتایج نشان داد که هیچ واکنش شیمیایی بین مواد موجود در کامپوزیت وجود ندارد. نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که مواد تغییر فاز دهنده به خوبی در شبکه متخلخل مواد منبسط قرار گرفتند؛که باعث گردید مواد تغییر فازدهنده در حین ذوب از پارچه خارج نگردند و از نشت آنها جلوگیری شود. همچنین نتایج حاصل از آزمایش کالریمتری پویشی تفاضلی و اندازه گیری انتقال حرارت که برای تعیین خصوصیات حرارتی کامپوزیت بر روی پارچه استفاده گردید ، نشان داد تکمیل حاصله تاثیر بسزایی بر خصوصیات حرارتی پارچه گذاشته است. نتایج آزمایش کالریمتری پویشی تفاضلی نشان داد مقدار گرمای نهان با افزایش مقدار ماده تغییر فازدهنده در کامپوزیت افزایش پیدا می‌کند. نتایج نشان داد که انجام عملیات تکمیل صورت گرفته، باعث افزایش طول خمشی و در نتیجه سختی خمشی پارچه‌ها شده است و نتایج آزمون نفوذپذیری هوا نشان داد که پارچه‌های تکمیلی با پرلیت دارای نفوذپذیری بیشتری نسبت به پارچه‌های تکمیلی با جاذب‌های دولومیت می باشند. همان‌گونه که مشخص گردید پارچه‌های عمل شده با کامپوزیت پارافین/نانو پودر دولومیت، کاهش وزن کمتری در برابر سایش نسبت به بقیه نمونه‌ها از خود نشان دادند.

کلمات کلیدی : مواد تغییرفازدهنده، ذخیره سازی انرژی حرارتی، جاذب های تقویت کننده، کامپوزیت

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

ذخیره انرژی گرمایی به طورکلی، و مواد تغییر فاز دهنده به طور خاص، طی ۲۰ سال گذشته از جمله موضوعات بسیار مهم تحقیقاتی می‌باشند[۱]. استفاده از مواد تغییر فاز دهنده جهت بازیافت گرمای تلف شده از چندین جهت مورد توجه صنعت قرار می گیرد:

۱ـ منابع گرما در دمای ثابت: ابتدا گرمای ذخیره شده در مواد تغییر فاز دهنده به صورت گرمای نهان جذب و سپس آزاد می شود که انرژی حرارتی در مدت ذوب و انجماد مواد تغییر فاز دهنده ثابت می باشد.

۲ـ ظرفیت ذخیره سازی بالا: که قابلیت ذخیره‌سازی انرژی حرارتی زیادی را دارند.

۳ـ بازیابی گرما با افت دمای کم..

۴ـ تکرار پذیری: پروسه ذوب و انجماد مواد تغییر فاز دهنده می تواند تکرار شود [۲].

ترکیبات تغییر فازدهنده موادی با قابلیت ذخیره حرارتی هستند که برای کنترل درجه حرارت به کار می روند،که به عنوان محافظ‌های حرارتی از آنها برای ذخیره و آزاد سازی گرما استفاده می‌شود. اولین هدف لباس در یک محیط

سرد و یا گرم، محافظت شخص در مقابل سرما و گرما می‌باشد. ثابت نگه داشتن دمای بدن یک انسان بسیار حائز اهمیت است و در صورتی که افت یا افزایش حرارت در محدوده‌ی تعادل دمایی بدن قرار نگیرد منجر به خطرات جدی برای زندگی فرد خواهد شد. درجه حرارت بدن یک فرد عادی و نرمال بین ۳۶/۳ درجه سانتیگراد و ۳۷/۱ درجه سانتیگراد است و دمای درونی بدن به وسیله یک سری مکانیزم‌های تنظیم درجه حرارت در نزدیکی ۳۷ درجه سانتیگراد نگه داشته می شود. البته این دما در طول روز نوساناتی دارد، به این صورت که صبح دما کم تر و در بعدازظهر بیشتر خواهد بود. همچنین دما در قسمت های مختلف بدن متفاوت بوده و نوسان دارد. ممکن است بعد از ورزش و یا فعالیت های فیزیکی دمای بدن به ۴۰ ـ ۳۹ درجه سانتیگراد نیز برسد که البته مقدار واقعی آن برای اشخاص مختلف متفاوت خواهد بود[۳].

مواد تغییر فازدهنده براساس دمای تغییر فازشان برای کاربردهای مختلفی استفاده می‌گردند. موادی که در زیر ۱۵ درجه سانتیگراد ذوب می شوند برای نگهداری و خنک سازی در سیستم های تهویه مطبوع استفاده می‌گردند. موادی که دمای ذوبشان بالای ۹۰ درجه سانتیگراد است به خاطر اینکه دمای ذوبشان ناگهان افزایش می یابد برای جلوگیری از احتراق استفاده می‌شوند، بقیه مواد تغییر فاز دهنده که دمای ذوبشان بین این دو دما قرار دارد برای سیستم‌های بازیابی گرمای تلف شده سیستم‌های گرمایشی خورشیدی وحفاظتی انرژی ساختمان استفاده می شوند[۴]. مواد تغییر فاز دهنده برای ذخیره سازی گرمای نهان به ۳ صورت روش تماس مستقیم[۱]،پوسته و لوله[۲] و بسته بندی کردن[۳] مورد استفاده قرار می گیرند. بسته بندی کردن مواد تغییر فاز دهنده با استفاده از کپسول، مزایایی همچون پاسخ حرارتی سریع و ظرفیت ذخیره سازی گرمای بالا به علت سطح زیاد انتقال حرارت دارد. کپسوله کردن مواد تغییر فاز دهنده برای دماهای بالاتر از $100^{\circ}C$ کاربرد کمی دارد، به دلیل مشکلاتی همچون چکه کردن مواد تغییر فاز دهنده در مدت ذوب و تفاوت در نسبت انبساط بین مواد تغییر فاز دهنده وکپسول، که گاهی اوقات باعث ایجاد شکاف در کپسول می‌گردد. به همین دلیل ضخامت لایه (پوسته) کپسول باید افزایش یابد که در نتیجه، ظرفیت ذخیره حرارتی کپسول کاهش می یابد. استفاده از کامپوزیت تغییر فاز، یک روش مناسب است، زیرا دیگر نیاز به کپسول کردن نیست و مزایایی چون قابلیت انتقال حرارت سریع و ظرفیت ذخیره سازی انرژی بالا(در صورتیکه از پوشش متخلخل با تخلخل بالا استفاده گردد) دارد. روش اشباع برای تهیه کامپوزیت یک روش بسیار ساده می‌باشد. مواد تغییر فاز دهنده مذاب از طریق نیروهای کشش سطحی و موئینگی در مواد متخلخل حفظ می‌گردند. منافذ نسبتاً بزرگ نیروی موئینگی بسیار کوچکی برای نگه داری مواد تغییر فاز دهنده مذاب در نقطه ذوب دارند. پس منافذ تا قطر حدود ۱۰ میکرومتر می تواند برای نگهداری مواد تغییر فاز دهنده مذاب مناسب باشد، در نتیجه نمونه با اندازه منافذ بسیار

1- Direct contact
2- Shell and tube
3- Packed beds

کوچک و در ابعاد نانو، دمای ذوب پایینی دارد[۲]. هر جاذب، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی (تخلخل، سطح مخصوص و استحکام فیزیکی) خاص خود را داردو دارای مزایا و معایبی است.

یک جاذب ارزان قیمت علاوه بر فراوانی و در دسترس بودن باید خصوصیات زیر را داشته باشد :

- ظرفیت جذب بالا
- در غلظت‌های مختلف، مواد را جذب کند
- در مقابل پارامترهای شیمیایی مقاوم باشد
- سرعت جذب مناسبی داشته باشد[۵،۶].

به منظور حفظ و نگه داری تعادل حرارتی بدن، چهار روش برای انتقال حرارت وجود دارد:

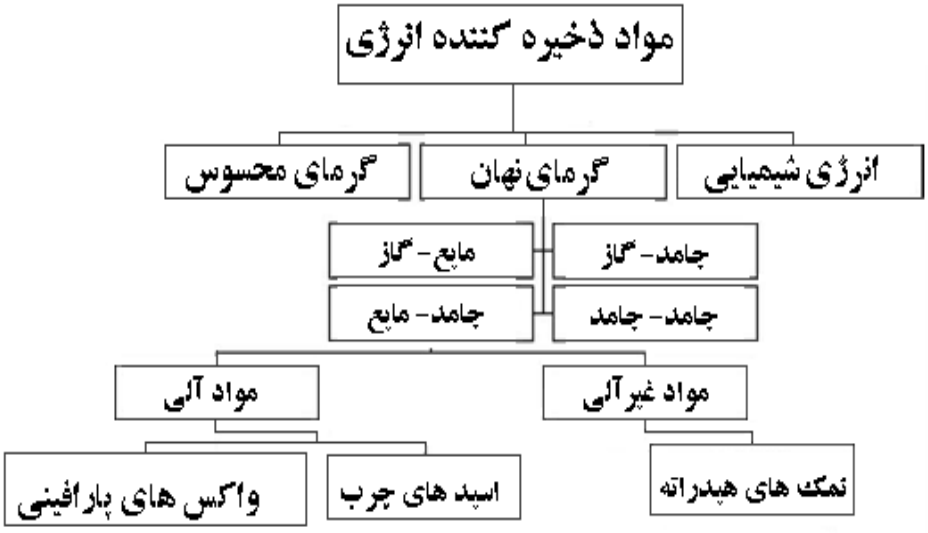
* هدایت: در این فرآیند گرما در تماس مستقیم با یک سطح دیگر مبادله خواهد شد. سرعت این فرآیند به وسیله اختلاف درجه حرارت بین دو سطح و ضریب هدایت گرمایی آنها تعیین می شود.
* جابه جایی : گرما به وسیله ی جریان سیال (مایع یا گاز) انتقال می یابد.
* تابش: فرآیند انتقال گرما به وسیله ی امواج الکترومغناطیس صورت می‌گیرد. امواج بدون انتقال گرما به هوا، از لابه لای آن عبور می‌کنند. بنابراین در برخورد با شیء انرژی زیادی به شکل گرما به آن شیء منتقل می‌شود.
* تبخیر: تغییر مایع به بخار به مقدار زیادی انرژی نیازمند است. هنگامی که آب از سطح بدن شروع به تبخیر کند انرژی مورد نیاز را از پوست بدن گرفته و در نتیجه پوست سرد می شود[۳].

همانطور که گفته شد، تعادل حرارتی به عواملی چون مقدار گرمای تولید شده (در اثر فعالیت فیزیکی)، شرایط محیط (درجه حرارت، وزش باد و رطوبت)، نوع لباس و خواص فردی بستگی دارد. بنابراین پیشرفت لباس‌های هوشمند مانند منسوجاتی که گرما را ذخیره و آزاد می کنند، مهم و ضروری است. یکی از موارد مهم در راحتی پوشش شرایط رطوبتی و دمایی بین لباس و سطح پوست است. لباس های هوشمند نه تنها به عنوان لباس در راحتی فرد نقش دارند، بلکه به عنوان عامل محافظتی بدن در برابر شرایط محیط بیرون به منظور ایجاد راحتی و سلامت کافی، موثراند[۳،۷].

۱-۱-۱- ذخیره سازی انرژی

در سال ۱۹۸۳ ابهات[1] دسته بندی مفیدی از مواد مورد استفاده برای ذخیره سازی انرژی حرارتی را ارائه داد که می-توان آن را در شکل (۱-۱) نشان داد[۸]

1-Abhat A.



شکل (۱-۱) دسته بندی مواد ذخیره کننده انرژی[۸].

مقایسه مزایا و معایب مواد آلی و غیر آلی در جدول (۱-۱) نشان داده شده است[۹].

جدول (۱-۱) مقایسه خصوصیات مواد تغییر فازدهنده[۹]

مواد آلی	مواد غیر آلی
فواید	
عدم نیاز به سرمای زیاد در هنگام انجماد	آنتالپی تغییر فاز بزرگتری دارند
عدم خاصیت خورندگی	
پایداری شیمیایی و حرارتی دارند	
معایب	
هدایت گرمایی کم	تفکیک فاز در اثر حرارت
انتالپی تغییر فازکوچکی دارند	نیاز به سرمای زیاد در هنگام انجماد
دارای خاصیت اشتعال پذیری‌اند	دارای خاصیت خورندگی‌اند
ــــــــــ	عدم ثبات حرارتی

با پیشرفت سریع جوامع، روند نیاز به انرژی در حال افزایش است. در همین زمان منابعی که قابلیت دوباره تولید را ندارند به تدریج رو به تمام شدن می‌روند. بنابراین ذخیره‌سازی انرژی بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد. انرژی خورشید در طول روز موجود است و به ذخیره ی این انرژی و سپس آزاد سازی آن در طول شب احساس نیاز می‌شود. ذخیره سازی انرژی منجر به صرفه‌جوئی در سوخت شده و از طرفی کاهش اتلاف انرژی سبب می‌شود که یک سیستم با کارایی بالا ایجاد گردد. قابلیت ذخیره‌سازی انرژی در مواد به گرمای ویژه[1] و میزان گرمای نهان[2] آنها بستگی دارد. سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی حرارتی شامل گرمای نهان تغییر فاز و گرمای ویژه می‌باشند. ذخیره‌سازی گرمای ویژه ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی بالایی دارد، اما این سیستم‌ها به درجه حرارت مواد ذخیره‌کننده وابسته است،که کنترل درجه حرارت در این روش مشکل می‌باشد. در حالیکه ذخیره‌سازی گرمای نهان، می‌تواند دانسیته ذخیره سازی انرژی بالایی را فراهم کرده و گرما را در یک دمای ثابت ذخیره کند[۹].

اگر یک سیستم به عنوان عایق حرارتی مطرح گردد، باید مکانیسم های عایق حرارتی مختل شود و از طرفی مکانیسم‌های ذخیره حرارتی باید افزایش یابد، یعنی نباید اجازه داد شار بوجود آید.

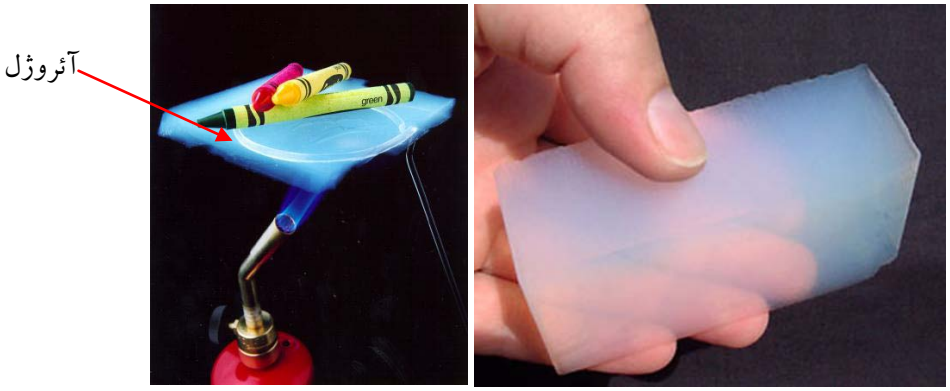
جهت کاهش هدایت حرارتی روش‌های مختلفی وجود دارندکه عبارتند از:

* ایجاد تخلخل شود. هر چه تخلخل ساختار ریزتر باشد ، هدایت حرارتی کمتر می شود.
* مکانیسمی طراحی گردد که بتواند ارتعاشات را جذب کند.

آئروژل ها[3] مواد نانو ساختار متخلخل می‌باشند،که دارای خصوصیات زیر می‌باشند:

- ✓ شباهت به دود یخ زده دارند.
- ✓ از بهترین عایق های حرارتی محسوب می‌شوند.
- ✓ دارای خاصیت ضدآب می‌باشند.
- ✓ بسیار متخلخل بوده و بطور فوق العاده‌ای انعطاف پذیراند.
- ✓ دارای روش تولید پیچیده‌ای بوده و روش تولید آن روش سل-ژل می‌باشد.
- ✓ کاربرد آن در پتو ، ملحفه و... می‌باشد[۱۰].

1-Sensible heat
2-Latent heat
3-Aerogel



شکل (۱-۲) آئروژل[۱۰]

الف- مواد ذخیره کننده گرمای محسوس (گرمای ویژه)

گرمای محسوس درواقع یک نوع تغییر درجه حرارت است که در حین جذب و یا آزاد سازی گرما قابل مشاهده است. آب ، فولاد و سنگ به طور وسیعی به عنوان مواد ذخیره کننده گرمای محسوس مورد استفاده قرار می‌گیرند. آب ارزان ترین ماده بوده و میزان گرمای جذب شده توسط آن، به ازای هر درجه سانتیگراد، ۴/۱۸ J/g است.

ب- مواد ذخیره کننده گرمای نهان

این مواد را مواد تغییر فازدهنده می‌نامند که قابلیت جذب و یا آزاد سازی گرما را دارا هستند. این مواد به طور مداوم از یک حالت به حالت دیگر تغییر فاز می‌دهند،که در حین فرآیند تغییر فاز گرمای زیادی جذب و یا آزاد می‌شود. میزان این گرما را گرمای نهان نام‌گذاری کرده‌اند. مشخص شده است که گرمای نهان تغییر فاز بیشتر از گرمای محسوس مواد است.

روش‌های مختلفی به منظور ذخیره‌سازی گرمای نهان وجود دارد. سیستم ذخیره‌سازی انرژی حرارتی توسط مواد تغییر فاز دهنده نسبت به سیستم گرمای ویژه، دارای فواید بیشتری می‌باشد. که می توان به اختلاف کم بین درجه حرارت ذخیره و آزاد سازی حرارت و دانسیته ی بسیار بالاتر ذخیره سازی انرژی اشاره کرد[۱۱].

۱-۱-۲- تکنولوژی تغییر فاز

تکنولوژی تغییر فاز به وسیله ناسا[1] در سال ۱۹۷۰ پایه گذاری شد و هدف آن محافظت بهتر از فضانوردان و تجهیزات‌شان در برابر حداکثر نوسانات و تغییرات دمائی در فضا می‌باشد. در حال حاضر این ترکیبات در زمینه‌های زیادی به کار برده می‌شوند، که می‌توان به کاربردهای الکترونیکی و ریز پردازنده ها ، سیستم های ذخیره سازی انرژی خورشیدی در ساختمان‌ها، کنترل آب و هوای محیط گلخانه برای گیاهان در صنعت کشاورزی، کاربردهای پزشکی و... اشاره کرد .

1- NASA(National Aeronautics Space Administration)