Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Processconf.ir

مروری بر کاربرد نانومواد هوشمند در صنعت نساجی

مهدیه طهماسبی، فرشته رحیم پور، پروا رافضی، عزیز باباپور
اهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، دانشکده فنی و مهندسی
، گروه مهندسی شیمی
Email: mahdieh_tahmasebi70@yahoo.com

چکیده

امروزه استفاده از علم نانو تکنولوزی در صنایع نساجی همه روزه، روبه افزایش است و با بکارگیری برخی از خواص بهبود دهنده‌ی مواد نانو، سعی در تولید منسوجات با خواص ویژه‌ای شده است. نانومواد با اهداف بهینه‌سازی، به منسوجات اضافه می‌شوند و رفتار مطلوبی را در آنها بوجود می‌آورند، خواصی که در سایر پارچه ها وجود ندارند. از سوی دیگر استفاده بهینه از انرژی و جلوگیری از هدررفت آن یکی از دغدغه‌های همیشگی بشر بوده است. در زمینه حفظ انرژی‌های گرمایی تحقیقات گوناگونی صورت گرفته و روش‌های مختلفی مطرح شده است. با تلفیق اصول نانوتکنولوژی در منسوجات در راستای جلوگیری از هدر رفت انرژی، روشی برای هوشمند سازی پارچه در اوایل دهه ۱۹۸۰ در برنامه تحقیقاتی ناسا مطرح شد. تحقیقات نشان داد که با بکارگیری موادی دارای خاصیت تغییر فازی و اضافه کردن کپسول‌هایی از آنها در اشل نانو به پارچه می‌توان به این خاصیت دست یافت. در این مقاله مروری، به بررسی چگونگی استفاده از این مواد در پارچه و نحوه تاثیر آنها در بهبود عملکرد پارچه برای حفظ انرژی پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی:

موادتغییر فازدهنده، نانو الیاف، ذخیره انرژی گرمایی، الیاف تنظیم کننده دما، میکروکپسول

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Processconf.ir

۱- مقدمه

امروزه مصرف جهانی انرژی در حدود $۴/۱\times۱۰^{۲۰}$ ژول در سال است. با توجه به افزایش جمعیت و رشد اقتصاد، میزان تقاضا برای انرژی تا سال ۲۰۵۰ دو برابر مقدار کنونی خواهد شد[۱]. در حال حاضر یکی از چالش‌های کارشناسان، ذخیره انرژی در شکل مناسب است. این امر منجر به ذخیره انرژی مازادواقتصادی‌تر شدن سیستم از طریق کاهش اتلاف انرژی و هزینه سرمایه می‌شود[۲]. یکی از اصول بنیادی که برای دادن ویژگیهای جدید به پارچه ها استفاده می‌شود تغییر فاز است، یعنی تغییر از یک حالت فیزیکی به حالتی دیگر. امروزه الیاف و منسوجاتی که خاصیت سازگاری با شرایط مختلف را دارند، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.این خاصیت می‌تواند با استفاده از مواد تغییر فاز دهندهحاصل شود. یکی از راه‌های موثر ذخیره انرژی گرمایی، به کارگیری مواد تغییر فاز دهنده می‌باشد. تکنولوژی جا دادن میکروکپسول‌های مواد تغییر فاز دهنده درون منسوج و الیاف تنظیم‌کننده دما در اوایل دهه ۱۹۸۰ در برنامهتحقیقاتی ناسا توسعه یافت. هدف اصلی استفاده از این پارچه‌ها در لباس‌های فضانوردان، برای محافظت در برابر تغییرات دمایی بسیار بالا در فضای خارجی بود[۳،۴]. امروزه تولیدکنندگان می‌توانند از مواد تغییر فاز دهنده در سطح وسیعی برای بهبود راحتی گرمایی پوشاک استفاده کنند. استفادهازموادتغییر فاز دهنده(PCM)[۱]برایذخیرهسازیانرژیگرمایی(TES)[۲]کهمی‌تواندبهعنوانحرارتمحسوس (SH)[۳]وگرماینهان(LH)[۴] ازجنبههایمهممدیریتانرژی باشد. امروزه،ذخایرمحدودسوخت‌های فسیلیونگرانیدرموردفعگازهایگلخانه-ایاستفاده درست و همه جانبهازانرژیبهعنوانیکمسئلهکلیدیراموثرمی‌سازد. استفادهازPCMهابرایTESیکراهحلواقعبینانهوظریفبرایافزایشبهرهوریذخیره‌سازیواستفادهازانرژیدربسیاریاز بخشهایصنعتیوداخلیرافراهممی‌کند[۵،۶]. استفادهازPCMهابرایذخیره‌سازیانرژیبعدمتطابقبینعرضهوتقاضارا کاهشمی‌دهد و بابهبودعملکردوقابلیتاطمینانشبکههایتوزیع، نقش عمومی و مهم درصرفه‌جویی انرژی را ایفا می‌کند[۷و۸-۹].

۲- کاربردهای نانو در صنعت نساجی

در پی پیشرفت‌های نانوتکنولوژی و استفاده این علم در کارخانه‌ها و صنعت نساجی، پیشرفت زیادی در تکمیل پارچه‌ها بدست آمده استکه از بین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- مقاومت در مقابل تهدیدهای شیمیائی و بیولوژیکی
۲- توسعه نانو کامپوزیت‌ها برای عملکردهای بهتر
۳- استفاده در منسوجات پزشکی و نظامی
۴- برطرف کردن خاصیت چروک پذیری، لکه و بالا بردن مقاومت ایستائی پارچه‌ها و پارچه‌های محافظ در برابر اشعه UV [۱۰].

---
[1]- Phase Change Material
[2]- Thermal Energy Storage
[3]- Sensible Heat
[4]- Latent Heat

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به توضیحات داده شده دراین زمینه،می‌توان گفت استفادهازنانوتکنولوژیجهتتوسعهپارچه-هاییبارفتارمطلوببسیارموثروکاربردیاست. از جمله پیشرفت‌های اخیر در این زمینه، تکمیل ویژگیهای پارچه می‌باشد، به این صورت که با استفاده ازفناوری چروک رطوبتی عملیات ضدچروک را انجام می دهند و خاصیت ضدالکتریسیته ساکن را ایجاد می‌کند، که باعث ایجاد مقاومت لکه‌پذیری و عملیات دفع روغن درپارچه می‌شود.

۳-مواد تغییر فازدهنده

ذخیرهسازیانرژیحرارتیدرموادبهدوصورت محسوس و نهان انجاممی‌پذیرد.در ذخیره انرژی محسوسانرژی حرارتی[1]با افزایش دمای جسم جامد یا مایع در آن ذخیره می‌شود. میزان انرژی محسوس ذخیره شده در جسم، تابعی از دما، ظرفیت گرمایی ویژه و مقدار جسم می‌باشد. ذخیره انرژی گرمایی توسط جسم به صورت نهان[2]به هنگام تغییر فاز جسم از حالت جامد به مایع یا مایع به گاز و یا جامد به جامدصورت می‌گیرد. مواد تغییر فاز دهنده انرژی را به صورت گرمای نهان ذوب ذخیره می‌کنند[۱۱]. همان‌طور که گفته شد، گرماینهانتوسطسهفرایندتغییرفازمی‌تواندصورتگیرد.در حالتی که تغییر فاز از جامد به جامد است، به دلیل اینکه انتقال گرما بسیار آهسته و اندک می‌باشد مناسب نیست. درحالت تغییر فاز مایع به گاز هم به دلیل نیاز به گرما و حرارت بالا و همچنین ایجاد حجم فشار بالای گاز عملی نمی‌باشد. اما تغییر فاز از جامد به مایع مناسب‌تر است، که این ویژگی در مواد تغییرفازدهنده وجود دارد، که در دمای ثابت با جذب گرما از فاز جامد به مایع تبدیل می‌شوند[۱۲]. این مواد انرژی را تقریباً در همان دمایی که جذب می‌کنند، آزادنیزمی‌کنند [۱۱] .PCM[3] ها معمولاً در دمای اتاق جامد هستند.

۴- خصوصیات مواد تغییر فازدهنده

مواد تغییر فاز دهنده استفاده شده در طراحی سیستم‌های ذخیره حرارتی، باید دارای خصوصیات زیر باشند:

الف.خواص حرارتی:دمای تغییر فاز مناسب،گرمای نهان تغییر فازبالا،انتقال حرارت خوب

ب.خواص فیزیکی:تعادل فاز مطلوب،چگالی بالا،تغییر حجم کم،فشار بخار پایین،تغییر فاز تجدید پذیر[4]

ج.خواص سینتیکی:عدم فوق تبرید[5]،نرخ تبلور کافی

د.خواص شیمیایی:پایداری شیمیایی بلند مدت،سازگاری با مواد ساختاری سیستم،عدم سمیت،عدم خطر احتراق

ه.خواص اقتصادی:در دسترس بودن،قیمت مناسب،قابلیت بازیافت

جدایی فاز زمانی اتفاق می‌افتد که فازهای دارای ترکیب‌های گوناگون به صورت ماکروسکوپی از هم جدا شوند.فوق تبرید نیز پدیده‌ای است که در آن دما به صورت قابل توجهی به زیر دمای ذوب می‌رسد تا

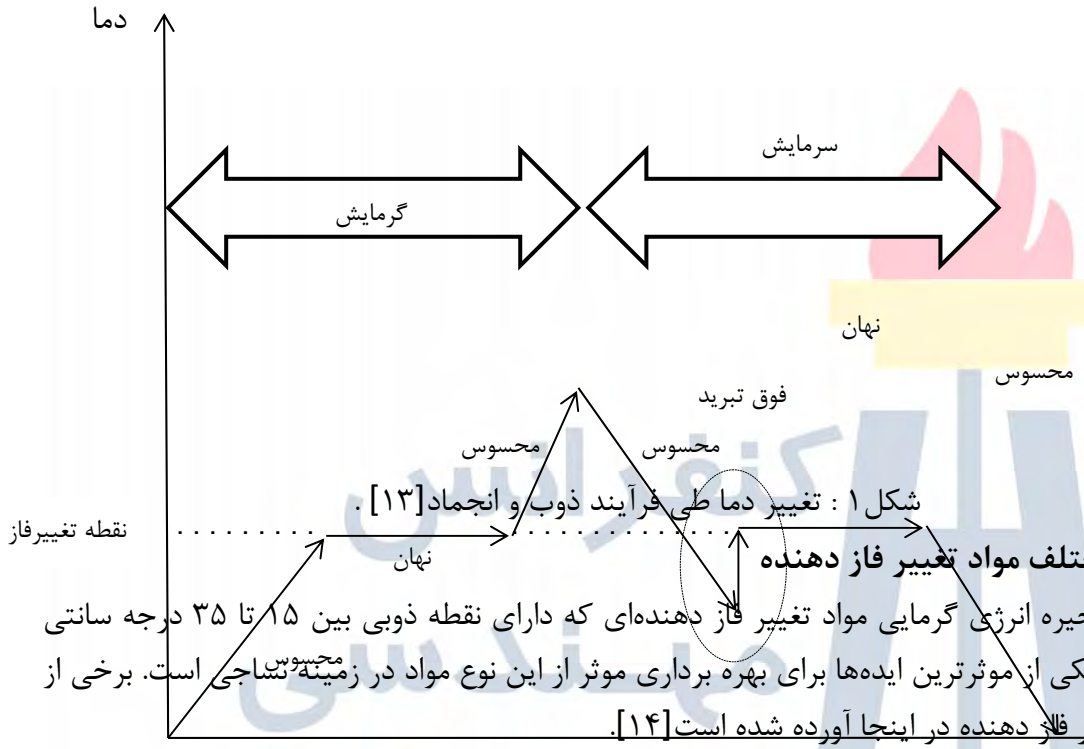
---

[1]- Sensible Heat Storage (SHS)
[2]- Latent Heat Storage (LHS)
[3]- Phase Change Material (PCM)
[4]- Cycling Stability
[5]- Super Cooling

www.SID.ir

Archive of SID

زمانیکه ماده شروع به انجماد و آزادسازی گرماکند که این در شکل ۱ نشان داده شده است. اگر به این دما نرسیم،ماده تغییر فاز منجمد نشده وتنها گرمای محسوس راذخیره می‌کند[۱۳].



شکل۱ : تغییر دما طی فرآیند ذوب و انجماد[۱۳] .

۵- انواع مختلف مواد تغییر فاز دهنده

استفاده از ذخیره انرژی گرمایی مواد تغییر فاز دهنده‌ای که دارای نقطه ذوبی بین ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد هستند، یکی از موثرترین ایده‌ها برای بهره برداری موثر از این نوع مواد در زمینهٔ نساجی است. برخی از انواع مواد تغییر فاز دهنده در اینجا آورده شده است[۱۴].

۵ ـهای غیرآلی هیدراته شده

۵-۲. هیدروکربن‌های خطی با زنجیر بلند(پارافین)

۵-۳. پلی اتیلن گلایکول‌ها[1]

۵- ۴. ترکیبات فلزی

۵- ۵ . اوتکتیک‌ها

۵- ۶ . انواع دیگر (شامل مواد آلی غیر پارافینی،استرها،اسیدهای چرب،گلایکول‌ها و ...).

۶- ترکیب مواد تغییر فاز دهنده با منسوجات

مواد تغییر فاز دهنده‌ای که در دمایی کمتر یا بیشتر ازدمای بدن تغییر فاز می‌دهند،برای استفاده در کاربردهای نساجی مناسبمی‌باشند. از آنجا که تغییر فاز یک فرآیند دینامیک است، بنابراین مواد،بسته به میزان فعالیت فیزیکی بدن و دمای بیرون،دائماًاز حالتی به حالت دیگر تغییر می‌کنند.خاصیت تنظیم دما در الیاف، توسط افزودن میکروکپسول‌های ماده تغییر فاز دهنده درون محلول پلیمری قبل از اکستروژن لیف قابل حصول می‌باشد.در این فرآیند میکروکپسول‌های ماده تغییر فاز دهنده، درون لیف گنجانده می-شوند.تکنیک‌های پوشش‌دهی[2]،تورق،اکستروژن الیاف مصنوعی دو جزئی و ریخته‌گری تزریقی[3]، برخی از

[1]- Poly Ethylene Glycol (PEG)
[2]- Coating
[3]- Injection Molding

www.SID.ir

Archive of SID

فرآیندهای مناسب بوده که برای بکارگیری مواد تغییر فاز دهنده درون ماتریکس منسوج استفاده می-گردند[۱۵].

۷-کاربردهای مواد تغییر فاز دهنده در زمینه نساجی

کاربردهای مختلفی از استفاده این مواد در زمینه نساجی وجود دارند که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- فضانوردی
۲- البسه ورزشی
۳- لوازم خواب
۴- کاربردهای پزشکی

۸- آزمایش مطرح در منسوجات حاوی مواد تغییر فاز دهنده

روش T-history روش آسان و ارزان قیمتی است،که می‌توان از آن برای تعیین خصوصیات ماده تغییر فاز دهنده استفاده نمود. در این روش ماده تغییر فاز دهنده و ماده مرجع که دارای خواص حرارتی شناخته شده است(آب مقطر)، از یک دمای معین و یکسان به طور ناگهانی وارد دمای محیط می‌شوند،که این عمل می-تواند وابسته به زمان باشد. رفتار حرارتی این نوع ماده در طول زمان ثبت می‌شود. مقایسه نمودارهای بدست آمده با استفاده از مشخصه‌های ریاضی انتقال حرارت منجر به تعیین ظرفیت گرمایی فازهای جامد و مایع می‌گردد. به طوری که گرمای نهان ذوب ماده تغییر فاز دهنده، از روی گرمای مخصوص ماده مرجع مشخص می‌گردد[۱۶].

۹- پارچه‌های هوشمند

در دهه ۱۹۸۰، ویگو و فراست[۱۷،۱۸] انواع مختلف الیاف تنظیم کننده دما با دامنه دمایی متفاوت، تهیه کردند. این نتایج توسط تغریق الیاف توخالی داخل محلولPCM، مانند یک محلول آبی از نمک معدنی هیدراته و وزن مولکولی کم PEG[1]به دست آمد. اگرچه این پارچه ها، خواص مطلوبی مانند درجه حرارت سازگار، ذخیره سازی انرژی حرارتی بالا و خواص انتشار مناسب را ارائه دادند، ولی رفتار دمایی ضعیفشان پس از تکرار چرخه دمایی، ناپایا و غیرقابل اعتماد بودن آنها را نشان می‌دهد. به همین دلیل، روش‌های دیگری مانند میکرو کپسوله شدن، به منظور افزایش عملکرد حرارتی الیاف های پارچه‌ای مورد بررسی قرار گرفت[۱۹].در حال حاضر کپسول‌های PCM به صورت تجاری برای الیاف‌های پارچه‌ای و پوشش پارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۲، پوشش و جاسازی میکروکپسول‌های PCM روی سطح پارچه را نشان می‌دهد[۲۰،۲۱] .این میکروکپسول‌ها در طراحی لباس‌های بیرون، پتو، ملافه، تشک، روکشبالش وهمچنین برای جلوگیری از گرمای زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند و به همین ترتیب در تنظیم حرارت تأثیر می-گذارد[۲۲].

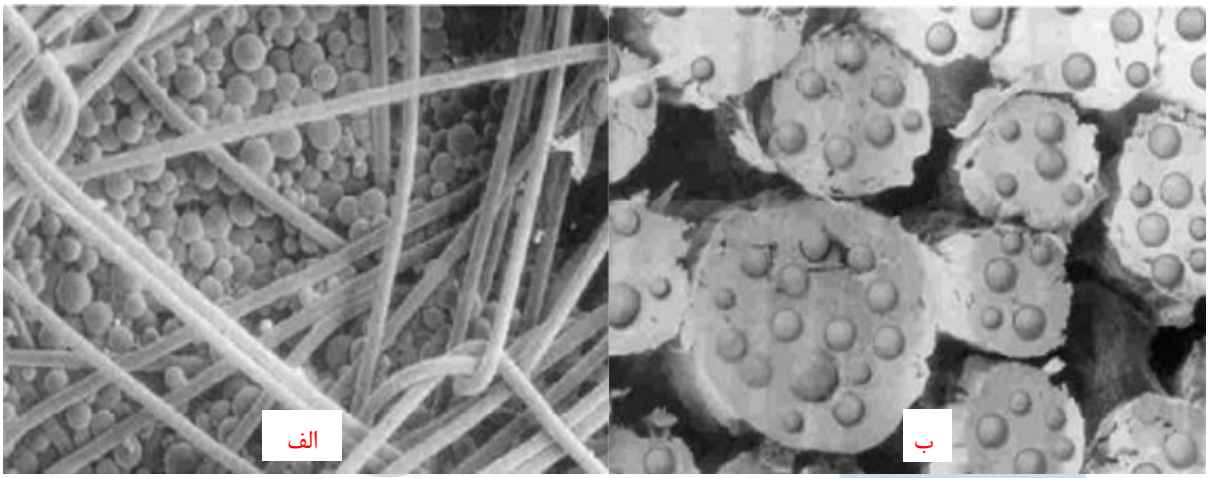
خواص ترموستاتیکی در این الیاف‌ها با افزودن MEPCM[2] ها به یک محلول پلیمر قبل از خروج الیاف اعمال می شوند. پوشش، تورق، پرداخت و نازک کاری، عملیات تکمیلی، قالب ریزی و سازه‌های تزریق و فوم

[1]- Poly Ethylene Glycol
[2]- Microen Capsulated Phase Change Material

www.SID.ir

Archive of SID

، دیگر فرایندهای مناسب برای جادادن PCMها در یک قالب نساجی هستند[۲۳،۲۴]. وانگ و همکاران[۲۵] در مورد تأثیر PCMها در پارچه‌های هوشمند محافظ حرارت تحقیقاتی انجام دادند. آنها نشان دادند که تحت شرایط مشابه، مصرف انرژی الکتریکی تولید پوشاک با روش PCM، در حدود ۳۱٪ کمتر از مصرف آن توسط تولید لباس بدون PCM است.



شکل۲: (الف) میکروکپسول‌های PCM روی سطح پارچه پوشش داده شده‌اند. (ب) ودر داخل الیاف جاسازی شده است[۲۶] .

ساریر و آندر[۲۷]، یک روش تولید،براساس جانشانی پلیمریزاسیون و کمپلکس تجمعی [۲۸] برای PCMهای میکروکپسول فرض کردند. آنهایکروشبرتر،بهمنظورافزایشظرفیتحرارتیپارچه-ها،یابرایبهبودفواصلانتقالفازآنهاپیشنهادکردند. بدینصورت که ترکیبی از میکروکپسول‌های مختلف، از انواع PCMها یا واکس‌های پارافین که شامل یک مخلوط هستند بهتر می‌باشد.

۱۰- نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های ذخیره انرژی حرارتی، استفاده از مواد تغییر فاز دهنده است،که در اثر تغییر فاز، انرژی را جذب نموده و در سیکل بعدی با تغییرفاز معکوس انرژی را آزاد می‌نماید. مهم‌ترین کاربرد فناوری نانو بحث کپسوله نمودن PCM است که می‌تواند خواص حرارتی ماده موردنظر را افزایش دهد. مطالعات زیادی بر این مبنا انجام شده است که یک ماده PCM متداول مانند پارافین داخل یک پوسته حاوی نانومواد‌ی مثل گرافیت قرار گرفته است. علاوه بر این گاهی نیز نانو موادی مانند نانو لوله‌های کربنی، نانو سیم‌ها و ذرات فلزی، اکسید و هیدروکسید فلزی نیز به ماده PCM اضافه شده‌اند. نتایج تحقیقات کلی نشان داده است که استفاده از نانو موادی که خواص حرارتی شامل ظرفیت حرارتی، رسانایی و پایداری حرارتی را افزایش دهد، می‌تواند ظرفیت ذخیره‌سازی و بازده آزادسازی انرژی را افزایش دهند. نانومواد‌بااهدافبهینه-سازی،بهمنسوجاتاضافهمی‌شوندورفتارمطلوبیرادرآنهابوجودمی‌آورند،خواصیکهدرسایرپارچههاوجودندارند.
مقاومتدرمقابلتهدیدهایشیمیائیوبیولوژیکی،
استفادهدرمنسوجاتپزشکیونظامی،برطرفکردنخاصیتچروکپذیری،لکهاز جمله مزایای نانوالیاف مواد تغییرفازدهنده است. روشهای مختلفی نیز جهت تولید این نوع نانوالیاف استفاده می‌شود که با گسترش

www.SID.ir

Archive of SID

نانوتکنولوژی و مساله بحران انرژی در جهان، این رویه به صورت گسترده مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است[۲۹].

۱۱- منابع

[۱] C. Liang, X. Lingling, S. Hongbo, Z. Zhibin,Microencapsulation of butyl stearate as phasechange material by interfacial polycondensationin a polyurea system, Energy Conversion and Management 50(2009)723–729.

[۲] A. Sharma, V.V. Tyagi, C.R. Chen, D. Buddhi,Review on thermal energy storage withphase change materials and applications, Renewableand Sustainable Energy Reviews 13(2009)318-345.

[۳] S. Mondal, Phase change materials for smarttextiles–An overview, Applied Thermal Engineering 28(2008)1536-1550.

[۴] J. Mengjin, S. Xiaoqing, X. Jianjun, Y.Guangdou, Preparation of a new thermal regulatingfiber based on PVA and paraffin, SolarEnergy Materials &Solar Cells 92(2008) 1657–1660.

[۵]Kenisarin M, Mahkamov K., Solar energy storage using phase change materials, Renew SustEnerg Rev 11(2007)1913–65.

[۶]Fernandes D, Pitié F, Cáceres G, Baeyens J. Thermal energy storage: How previous findings determine current research priorities, Energy 39(2012)246-57.

[۷]Garg HP, Mullick SC, Bhargava AK. Solar thermal energy storage.Dordrecht,Holland: Reidel Publishing Company; 1985.

[۸] Sharma A, Tyagi VV, Chen CR, Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Renew SustEnerg Rev13(2009)318–45.

[۹]Reddigari MR, Nallusamy N, Bappala AP, Konireddy HR. Thermal Energy StorageSystem Using Phase Change Materials – Constant Heat Source. ThermSci16(2012)1097-104.

[۱۰] Belt 2006Wide cotton confernces, San Antonio, Texas – January (2006)3–6.

[۱۱]س- حق شناس کاشانی،"کاهش مصرف انرژی در ساختمان با ذخیره‌سازی انرژی در مواد تغییر فازدهنده"، اولین کنفرانس بینالمللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸.

[۱۲]http://en.wikipedia.org/wiki/phase-chang-material

www.SID.ir

Archive of SID

[۱۳] H. Mehling, L. F. Cabeza, Heat and coldstorage with PCM , Springer-Verlag PubBerlin,Heidelberg, 2008.

[۱۴]م. سیف پور، م. نوری، ج. مختاری،" مواد تغییرفاز دهنده و کاربرد آنها در منسوجات"، مجله علوم و فناوری نساجی،سال اول، شماره اول،شماره پیاپی ۱،صفحه۱۹-۱۳۹۰،۱۱.

[۱۵] N. Sarier, E. Onder, The manufacture ofmicroencapsulated phase change materialssuitablefor the design of thermally enhanced fabrics, ThermochimicaActa452(2007)149–160.

[۱۶]M.Rady,Granular phase change materials for thermal energy storage:Experiments and numerical simulations,Applied Thermal Engineering 29(2009)3149-3159.

[۱۷] Vigo TL, Frost CM. Temperature-Sensitive Hollow Fibers Containing Phase Change Salts. Text Res J 52(1982)633-7.

[۱۸] Vigo TL. Intelligent fibers substrates with thermal and dimensional memories.PolymAdvTechnol8(1997)281-8.

[۱۹] Bryant YG, Colvin DP, inventors; US Pat 4 756 985, assignee. Fiber with reversibleenhanced thermal storage properties and fabrics made therefrom.

[۲۰]Zubkova NS. Phase change technology outlasts lofted fabrics. Tech Text Int 4(1995)28-9.

[۲۱] Colvin DP, Bryant GY. Protective clothing containing encapsulated phase change materials. Advances in heat and mass transfer in biotechnology.ASME 123(1998)32-362.

[۲۲] Nelson G. Application of microencapsulation in textiles. Int J Pharm 55(2002)62-242.

[۲۳]Mondal S. Phase change materials for smart textiles – An overview. ApplThermEng28(2008)1536–50.

[۲۴] Hansen R, inventor; US Pat 3 607 591, assignee. Temperature-adaptable fabrics.

[۲۵] Wang SX, Li Y, Hu JY, Tokura H, Song QW. Effect of phase-change material on energy consumption of intelligent thermal-protective clothing.Polym Test 580(2006)7-25.

[۲۶] Nelson G. Application of microencapsulation in textiles. Int J Pharm55(2002)62-242.

[۲۷] Sarier N, Onder E. Thermal characteristics of polyurethane foams incorporated with phase change materials. ThermochimActa454(2007)90-8.

[۲۸]Onder E, Sarier N, Cimena E. Encapsulation of phase change materials by complexcoacervation to improve thermal performances of woven fabrics.ThermochimActa 467(2008)63-72.

[۲۹] ف- شیخ جابری، م- شریعتی نیاسر، "استفاده از فناوری نانو در ذخیره سازی انرژی حرارتی"، ماهنامه فناوری نانو، سال دهم، تیر ۹۰، شماره ۴.

www.SID.ir