فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering

Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering

بررسی نقش مصالح هوشمند برای کاهش مصرف انرژی در معماری آینده

عباس حسین زاده[۱]، قاسم عزیزی[۲]، مهدی نوایی پور[۳]

[۱]دپارتمان عمران و معماری، دانشکده فنی و حرفه ای امام صادق (ع) بابل، دانشگاه فنی و حرفه ای مازندران، ایران
[۲] گروه علوم مهندسی، دانشکده فنی و حرفه ای پسران نوشهر، دانشگاه فنی و حرفه ای مازندران، ایران
[۳]دپارتمان برق و کامپیوتر، دانشکده فنی و حرفه ای امام صادق (ع) بابل، دانشگاه فنی و حرفه ای مازندران، ایران
Email: mehdinavaeepoor@yahoo.com

چکیده

مصالح هوشمند قادر به درک تغییرات زیست محیطی و پردازش آن ها هستند و در برابر این تغییرات از خود واکنش نشان می دهند. این واکنش در جهت سازگاری با شرایط محیطی صورت می گیرد بطوریکه با دریافت و پردازش رویدادها و اطلاعات محیطی و توسط خواصی چون وفق پذیری، بهگزینی، عملکرد سریع، عملکرد خودکار و بی واسطگی قادرند نسبت به محیط واکنش مناسب نشان دهند. در این تحقیق ضمن توصیف مصالح هوشمند و جایگاه آن در ساختمان ها، به بررسی عملکرد مصالح هوشمند پرداخته می شود تا گامی در جهت استفاده از این مصالح در ساختمان و برطرف کننده ی نیازهای پایداری همچون مصرف انرژی باشد. . این پژوهش که از نوع پژوهش توصیفی تحلیلی و با استفاده از منابع کتابخانه ای و کتب و مقالات الکترونیک انجام شده است که به بررسی نقش مصالح هوشمند برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان می پردازد. این مقاله می تواند زمینه های آشنایی استفاده گسترده از چنین مصالح را در بخش های مختلف صنعت ساختمان و معماری جهت جلوگیری از هدر رفت و اتلاف انرژی را فراهم سازد.

کلمات کلیدی: مصالح هوشمند، معماری، انرژی

د.وره: ۱	دریافت مقاله:۱۴۰۱/۱۰/۲۰
شماره: ۱	اصلاحیه مقاله:-
آدرس سایت: nrbste.ir	پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵
ایمیل:kome.e.a.d@gmail.com	انتشار مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۳۰

۱- مقدمه

در دنیای مدرن امروز ساختمان ها و نحوه زندگی در آن ها تغییر کرده است. با بروز تکنولوژی و نوآوری های اخیر روش ساخت مصالح به شیوه های جدید انجام می شود و کارایی و کیفیت آن ها بالا رفته است. ساختمان های مدرن به گونه ای ساخته می شوند که نسبت به پیرامون خود واکنش نشان می دهند و به دلیل استفاده از مصالح و متریال های هوشمند در ساخت آن ها با شرایط محیطی تطبیق پیدا می کنند [سلطانی, ۱۳۹۸]. در واقع می توان گفت این ساختمان ها رفتاری اکولوژیک داشته و با محیط سازگار هستند. زندگی در چنین مکان هایی آسایش و راحتی را برای ساکنین به ارمغان می آورد و از نظر اقتصادی هزینه های ناچیزی در بر خواهد داشت. هر چند تهیه مصالح هوشمند و ساخت یک خانه در مراحل اولیه هزینه بردار است اما در طولانی مدت به علت کاهش مصرف انرژی، هزینه های قبوض نیز پایین می آیند.

تاریخچه استفاده از نماهای هوشمند: بطور کلی نمای هوشمند این مفهوم را در بر دارد که تار و پود یک ساختمان می تواند ساکن نباشد، بلکه ممکن است به منظور کاهش نیاز به انرژی در ساختمان و نظایر آن، بصورت دینامیکی تغییرپذیر باشد . کلمه ی هوشمند اولین بار برای توصیف ساختمان های دهه ۱۹۸۰ استفاده شد و جهت اشاره به توانایی های یکسان در مصالح، سازه ها و ساختمان ها بکار رفت [امنی, ۱۳۹۸].

ایده پوسته ساختمان با شخصیت های متنوع برای اولین بار توسط مایکل دیویس در ۱۹۸۱ مطرح شد. در حال حاضر پوسته هوشمند به پوششی با توانایی تغییر ویژگی های ترموفیزیکی تکامل گفته می شود که بین شفافیت و مات بودن عوض شده، رنگ و ویژگی های بصریش تغییر می کند. این تغییرات می تواند با عناصر فیزیکی متصل به پوسته هوشمند و یا با مصالحی با ویژگی های متنوع نیز بوجود آید . البته امروزه علاوه بر مصالح، استفاده از مکانیزم ها و سیستم های هوشمند نیز در هوشمند سازی نماها نقش عمده ای بر عهده دارد [بیگلری، ۱۳۹۸].

در حال حاضر صنعت ساختمان سازی تحت تاثیر نوآوری ها و ایده پردازی های جدید قرار گرفته و طیف وسیعی از مصالح ساختمانی با کارایی، مقاومت و طول عمر بالا به بازار عرضه و در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرد. مهندسین و معماران ساختمانی با استفاده از این مصالح می توانند ساختمانی مقاوم، سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه ساخته و به جای روش های قدیمی، روش های نوین و مصالح هوشمند را برای ساخت و ساز انتخاب نمایند. مصالح هوشمند به متریال هایی گفته می شود که در صورت قرار گرفتن در معرض تغییرات فیزیکی و شیمیایی قادر به تغییر ویژگی های خود هستند. در واقع خاصیت تغییرپذیری یکی از مزایای بارز این مصالح است که باعث شده افراد زیادی نسبت به آن ها تمایل پیدا کنند [حسنیان مهر, ۱۳۹۷].

مصالح هوشمند قادر به درک تغییرات زیست محیطی و پردازش آن ها هستند و در برابر این رویدادها از خود واکنش نشان می دهند. ویژگی هایی نظیر تغییرپذیری و تطبیق با پیرامون این امکان را برای مصالح هوشمند فراهم کرده تا بتوانند رنگ، شکل ظاهری و خواص خود را در واکنش به تاثیرات محیطی تغییر دهند و با آن ها سازگار شوند. تغییراتی که در این نوع مصالح اتفاق می افتند قابل برگشت و تکرارپذیر هستند، از این رو انعطاف پذیری را می توان از دیگر مزایای مصالح هوشمند برشمرد. از جمله محرک هایی که بر عملکرد این مصالح اثرگذار هستند نور خورشید، تغییرات دمایی، میدان های مغناطیسی، اختلاف فشار، ترکیب های شیمیایی و میدان الکتریکی می باشند که هر کدام منجر به واکنشی متفاوت می گردند [توکلی, ۱۳۹۷].

۲- تعریف هوشمندی

هوشمند، باهوش، حساس همه برای تعریف ساختارها ومصالحی به کارمی روند که شامل حسگرها ومحرک‌ها بوده وتوانایی سازگاری باتحریکات خارجی مانند بارها وتحریکات محیط رادارند. معماری هوشمند پویا است [محلوجی, ۱۳۹۷]؛ بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی، خود را با توجه به نیاز، تقاضا و شرایط متغیر و پویا تغییر می‌دهند. یک معماری هوشمند همچنین مانند سامانه زنده‌ای قادر به تجربه اندوزی و استفاده از تجارب در شرایط جدید است و بااین خصیصه پویایی و حود سازماندهی سامانه تضمین می‌گردد. ویژگی‌های اصلی معماری هوشمند عبارتند از:

- پویایی و فعال بودن؛
- انعطاف‌پذیری و سازگاری با محیط؛
- واکنش پذیری و پاسخده بودن

۳- ساختمان هوشمند

امروزه ساختمانها خود گونه‌ای از تکنولوژی هستند. آنها خود را با تکنولوژی وفق می‌دهند و از آن بهره می‌گیرند. ساختمانها به عنوان یک سازه به محض اینکه توانایی کامپیوتر را در اختیار بگیرند، هوشمند خواهند شد. نخستین بنای هوشمند از تکنولوژی در جهت مهیا ساختن محیطی امن و راحت و انرژی زا بهره می‌برد. ایده یک ساختمان هوشمند، ارتباط و پیوستگی میان دسترسی، نوردهی، امنیت، نظارت، مدیریت و ارتباط راه دور را پیش رو قرار می‌دهد [پنجستونی, ۱۳۹۷]. یک بنای هوشمند، بنایی است که کارآیی و راندمان ساکنانش را افزایش داده و امکان مدیریت موثر را بر اساس مقتضیات خاص و با یک»: کمترین هزینه فراهم آورد.

۴- هوشمند سازی ساختمان

ساختمان‌ها و زندگی در آنها در طول دو دهه گذشته بسیار تغییر کرده است. در واقع می‌توان گفت که به جز تعداد کمی از استثناهای موجود، ساختمان‌های کنونی از آن نوع زیستگاه‌ها نیستند که به حال حاضر تعلق داشته باشند. با توسعه در زمینه مصالح، فرآورده‌ها و روش‌های ساخت ابداعی، حرکت به سوی ساختمان‌هایی با کارایی بالاتر و صرفه اقتصادی بهتر و سازگار با محیط زیست امری ضروری می‌نماید [حیاتی, ۱۳۹۷]. ما در حال حاضر در آستانه نسل بعدی ساختمان‌ها هستیم . ساختمان‌هایی با درجات متعددی که کاملاً رفتار اکولوژیکی دارند و قادرند با بهره‌گیری هوشمندانه از مصالح سازگار و عملکرد تکنولوژی جدید مناسب، در برابر تغییرات مستقیم و غیر مستقیم پیرامون خود واکنش نشان دهند و خود را با شرایط مناسب تطبیق دهند. این نوآوری‌ها وظایف جدیدی را برای طراحان و معماران ایجاد می‌کند که از قافله پر سرعت تکنولوژی عقب نمانده و آنها را در طرح‌های خود بکار گیرند.

۵- مصالح و فرآورده‌های نوین

در حال حاضر طیف وسیعی از فرآورده‌ها و مصالح، در دسترس قرار گرفته‌اند یا اینکه در حال عرضه به بازار هستند. برخی از آنها به طور خاص برای استفاده در زمینه معماری تولید شده و برخی نیز برای کاربردهای دیگری مثل صنعت منسوجات، اتومبیل سازی و ... در نظر گرفته شده‌اند [جعفریان, ۱۳۹۷]. اما نکته اصلی اینجاست که چگونه این مصالح نوین دردسترس معماران و طراحان قر ار گیرد. اگر برای معماران این امکان فراهم آید که بتوانند تمام این مصالح و فرآورده‌ها را مستقیماً یا به شکل اصلاح شده در پروژه‌های خود به کار گیرند، آنگاه سیل عظیمی از امکانات تازه و جالب برای طراحی ساختمان‌ها و روش‌های ساخت را به دنبال خواهد داشت . معماران خلاق می‌توانند مصالح و فرآورده‌های نوین را برای کاربردهای خاص معماری توسعه دهند و قادر خواهند بود صنعت تازه‌ای را در معماری بر پایه مصالح نوین پدید آورند.

۵-۱- مصالح بازیافتی

این مصالح اساساً از مواد دست دوم و زباله‌های تمیز، تهیه می‌شوند .برای تهیه مصالح بازیافتی، قسمت‌های ارزشمند مصالح دست دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی به هر حال فرآورده حاصله معمولاً کیفیت پایین‌تری نسبت به مصالح اصلی دارد. امروزه استفاده از مصالح بازیافتی با توجه به اصول معماری پایدار بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

۵-۲-مصالح تجزیه پذیر زیستی

ترکیبات تشکیل دهنده این مصالح به گونه‌ای است که پس از پایان عمر و مدفون شدن در زیر خاک به طور کلی توسط جانوران میکروسکوپی موجود در خاک تجزیه می‌شوند. بنابراین تهدیدی برای آلودگی محیط زیست محسوب نمی‌شوند.

۵-۳- زیست مواد

شامل پلاستیک‌ها و مصالح دیگری است که از منابع تجدیدپذیر ساخته می‌شوند. تحقیقی که در حال حاضر بر روی این مواد بسیار مورد توجه است، استفاده از باکتری خاصی است که مصرف می‌کند و قادر به متلاشی نمودن گاز دی اکسید کربن این پلاستیک‌هاست.

۵-۴- مصالح تغییر ناپذیر

مصالحی هستند که تاثیرات فیزیکی و شیمیایی بر آنها اثر ندارد. مثالی از این نوع مصالح، آلیاژ فولاد است.

۵-۵-مصالح هوشمند

این مصالح مواد و فرآورده‌هایی هستند که خاصیت تغییرپذیری دارند و قادرند مشخصه‌های ظاهری یا درونی خود را در پاسخ به تاثیرات فیزیکی و شیمیایی به صورت برگشت‌پذیر تغییر دهند.

۵-۶-مصالح هیبرید یا پیوندی

این مصالح با تلفیق حداقل دو ترکیب متفاوت ساخته می‌شوند. مثل تلفیق ترکیبات طبیعی و مصنوعی.

۵-۷- مصالح با ساختار فسیل واره

این‌ها نوعی مصالح مرکب با لایه‌های ملحق شده تدریجی هستند. این مصالح نتیجه یک تغییر پیوسته در ویژگی‌های مصالح است. مثالی از این نوع مصالح نفت خام است که از قرار گرفتن لایه‌های متعدد در طول سالیان متمادی ایجاد می‌شود.

۵-۸- نانو متریال (مصالح نانو)

مصالحی هستند که از موادی با مقیاس نانو (یک میلیاردم) ساخته می‌شوند و نقاط اشتراک زیادی با مصالح هوشمند دارند. مواد با ساختار نانو به عنوان پوشش نهایی در ساخت فرآورده‌ها به کار می‌روند. به عنوان مثال در پوشش‌های هوشمند ضد خوردگی، تصفیه کننده هوا، تمیز کننده سطوح و پوشش های زیست فعال کاربرد دارند.

۶- مصالح هوشمند

مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده‌هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می‌دهند [شمس, ۱۳۹۷]. به بیان دیگر این مصالح قابلیت تغییرپذیری داشته و قادرند شکل، فرم، رنگ و انرژی درونی خود را به طرز برگشت پذیر در پاسخ به تاثیرات فیزیکی یا شیمیایی محیط اطراف تغییر دهند. اگر مصالح را به سه گروه مصالح غیر هوشمند، نیمه هوشمند و هوشمند طبقه بندی کنیم،گروه اول یعنی مصالح غیر

هوشمند ویژگی خاص بالا را ندارند، نیمه هوشمندها تنها قادرند در پاسخ به تاثیرات محیطی شکل و فرم خود را برای یک بار یا مدت زمان اندکی تغییر دهند اما در مصالح هوشمند این تغییرات تکرارپذیر و قابل برگشت خواهد بود.
مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح انعطاف پذیر و تطبیق پذیر نیز شناخته می‌شوند و این به دلیل ویژگی خاص آنها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی است. متغیرهای تاثیرگذار شیمیایی و فیزیکی که در زیر معرفی شده‌اند، محرک‌هایی هستند که مصالح هوشمند در برابر آنها از خود عکس العمل نشان می‌دهند [صباحی, ۱۳۹۷].

- نور، اشعهuv ، بخش فرابنفش و مرئی اشعه الکترومغناطیس
- دما، تغییرات دمایی که یک سیستم فیزیکی مثل بدن انسان ایجاد می‌نماید.
- فشار، اختلاف فشار ایجاد شده در یک ناحیه.
- میدان الکتریکی، میدان ایجاد شده پیرامون یک بار الکتریکی.
- میدان مغناطیسی، میدان ایجاد شده پیرامون یک آهن ربا یا یک بار الکتریکی متحرک.
- محیط شیمیایی، حضور یک عنصر یا ترکیب شیمیایی خاص مثل آب.

۷- طبقه بندی مصالح هوشمند

۷-۱- مصالح تغییر دهنده مواد درونی

این مصالح هم در دکوراسیون داخلی و هم در نمای خارجی ساختمان مورد استفاده قرار می گیرند. مواد و مصالحی که قادر به تغییر مواد درونی خود هستند تحت تاثیر فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی، مواد درونی خود را به شکل جامد، مایع و گاز به شکل مولکول آزاد می کنند. این مصالح اگر در برابر آب، گاز، بخار آب و ... قرار گیرند دچار تغییر حجم می شوند. مصالح خود تمیز شونده که به عنوان پوشش نمای ساختمان استفاده می شوند جزء این نوع مصالح هوشمند هستند و خود به خود آلودگی را از سطح خود پاک می کنند. از مصالح هوشمند با قابلیت تغییر مواد درونی برای ضد آب کردن نما، تمیز نمودن آن، افزایش کیفیت هوا در ساختمان، رفع آلودگی ها و جذب صوت استفاده می گردد [میرمعصومی, ۱۳۹۷].

با ورود ماشین‌آلات صنعتی و گسترش تولیدات صنعتی که منجر به کاهش منابع انرژی شده‌اند، جوامع را به استفاده از سیستم‌های مدرن سوق داده است که نه تنها ابزاری برای آسایش و رفاه بشری را به دنبال دارند بلکه راهی برای حفظ و ذخیره‌سازی منابع انرژی‌اند. استفاده از سیستم‌های ساختمانی هوشمند و پاسخ به موقع نسبت به تغییرات در شرایط محیطی مانع از هدر رفتن انرژی و دوام و افزایش عمر بیشتر در ساختمان‌ها می‌شود. توسعه پایدار و در نتیجه معماری پایدار سعی در همراهی با طبیعت به جای غلبه بر طبیعت و استفاده از انرژی تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی در نتیجه جلوگیری از تباهی منابع طبیعی و پرهیز از آلودگی محیط زیست را به همراه دارد. استفاده از مصالح هوشمند یکی از مهمترین پاسخ‌ها برای ارتباط بین معماری و محیط زیست است .هدف اصلی این مقاله شناخت این دسته از مصالح هوشمند و کاربرد آنها در ساختمان‌های امروزی است. شکل ۱ تصویر مصالح تغییر دهنده مواد درونی را نشان می دهد.

شکل ۱: تصویر مصالح تغییر دهنده مواد درونی

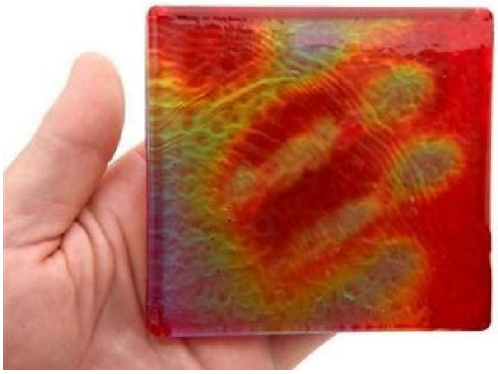
مصالح هوشمند در پاسخ به تاثیرات فیزیکی و شیمیایی محیط انعطاف‌پذیر بوده و مشخصه‌های ظاهری و یا درونی خود را به صورت برگشت‌پذیر تغییر می‌دهند. در واقع مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده‌هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می‌دهند. نور، اشعهUV ، دما، فشار، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و محیط شیمیایی محرک‌هایی‌اند که مصالح هوشمند در برابر آنها از خود عکس‌العمل نشان می‌دهند. مصالح هوشمند براساس قابلیت تغییر خواص درونی(تغییر شکل دهنده، تغییر رنگ دهنده و تغییر پیوند دهنده)، مبادله انرژی(ساطع کننده نور، تولید کننده الکتریسیته و ذخیره کننده انرژی)، تغییر و مبادله مواد درونی تقسیم‌بندی می‌شوند.

مصالح هوشمند با قابلیت تغییر خواص درونی در پاسخ به محرکات خارجی در شکل و ابعاد خود تغییراتی ایجاد می کنند که به نوع توزیع و آرایش ترکیبات تحریک‌پذیر درونی آنها بستگی دارد. مصالح هوشمند دما واکنشی، پیزو الکتریک، الکترو واکنشی و شیمی واکنشی از پرکاربردترین این دسته اند که بیشترین توجه را در زمینه معماری به خود معطوف نموده‌اند. از سویی دیگر استفاده از این مصالح در صنعت تاسیسات ساختمانی نتایج بسیار مثبتی همچون صرفه جویی انرژی و کاهش هزینه ها را به همراه خواهد داشت، از سوی دیگر استفاده ی توامان مصالح هوشمند با تجهیزات هوشمند که در مقالات قبل به صورت مفصل در سایت ارکان ارزش به آنها پرداخته شده نتایج شگفت آوری را در زمینه ی صرفه جویی انرژی به همراه خواهد داشت.

۷-۲- مصالح هوشمند دما واکنشی

این مصالح در برابر تغییرات دمای محیط پیرامون به صورت برگشت‌پذیر واکنش داده و در گروه مصالح هوشمند با قابلیت تغییر خواص درونی قرار دارند. این دسته از مواد شامل گونه‌های متنوعی‌اند که تعداد محدودی از آنها در معماری کاربرد دارند. از قبیل مصالح منبسط شونده که دارای ضریب انبساط گرمایی‌اند.

مهمترین کاربرد آنها در معماری برای کنترل و مدیریت انرژی در ساختمان‌ها در ساخت ترموستات‌های گرمایشی است. همچنین به عنوان محرک‌های ویژه در گلخانه‌ها، سیستم تهویه اتوماتیک اتاق‌ها و سرویس‌های خدماتی ساختمان به کار می‌روند. شکل ۲ تصویر مصالح هوشمند دما واکنشی را نشان می دهد.



شکل ۲: تصویر مصالح هوشمند دما واکنشی

این نوع از مصالح هوشمند که زیر مجموعه مصالح هوشمند تغییرشکل دهنده هستند، نوعی ویژگی ذاتی دارند که آنها را قادر می‌سازد تا در برابر تغییرات دمای محیط پیرامون به طور برگشت پذیر واکنش نشان دهند. تغییرات دمایی ممکن است تاثیر غیر فعال داشته باشد به طوری که مصالح به طور مداوم وضعیت دمای داخلی خود را با وضعیت طبیعی پیرامونش از طریق پوسته بیرونی تنظیم کند و اگر تاثیرات آن به صورت فعال باشد، نوعی گرمایش فعال با بکار بردن یک میدان الکتریکی از طریق تماس ایجاد می‌شود. مصالح دما واکنشی، به نوبه خود انواع و اقسام متنوعی از متریال‌ها را شامل می‌شوند اما تعداد محدودی از آنها در معماری کاربرد دارند .

مصالح منبسط شونده نمونه‌ای از مصالح دما واکنشی هستند که دارای ضریب انبساط گرمایی‌اند. گرماسنج‌ها از اولین سیستم‌هایی بودند که با بکارگیری چنین مصالحی ساخته شد. اما مهمترین کاربرد آنها در معماری در ترموستات‌های گرمایشی برای سرویس‌های خدماتی ساختمان و همچنین به عنوان محرک‌های ویژه‌ای در گلخانه‌ها و در نمای ساختمان‌ها برای کنترل و مدیریت انرژی به کار می‌روند.

کاربرد دیگر آنها در سیستم تهویه اتاق‌های ساختمان است. با وجود اینکه مصالح منبسط در دهه‌های اخیر به عنوان اجزای تیم شونده ترموستات‌ها بکار می‌رفته‌اند اما استفاده از آنها برای تهویه اتوماتیک ساختمان مربوط به چند سال اخیر می‌شود. طرز کار این سیستم نیز به گونه‌ای است که در دماهای مشخص سیستم باز یا بسته می‌شود تا شرایط تهویه مناسب فضا را فراهم سازد. آنها همچنین می‌توانند با بالا بردن یا پایین آوردن بخش‌هایی از پوشش بام به صورت اتوماتیک، به عنوان اجزای سیستم تهویه در نمای ساختمان‌ها طراحی شوند.

برج‌های دو قلو البحر در ۱۴۵ متر ارتفاع با ۲۹ طبقه در ابوظبی پایتخت امارات متحده عربی در سال ۲۰۱۲ تکمیل شده است. ویژگی بارز این برج‌ها پوسته‌ای متشکل از ۲۰۰۰ عنصر چتری شکل است که در پاسخ به شدت تابش آفتاب باز و بسته می‌شوند. طراحی این برج توسط شرکت آداس ارچتیکس و ساخت آن توسط گروه الفطیم صورت گرفته است.

۷-۳- مصالح هوشمند دارای قابلیت مبادله انرژی

- مصالح هوشمند ساطع کننده نور
- مصالح هوشمند تولید کننده الکتریسیته
- مصالح هوشمند ذخیره کننده انرژی

۷-۳-۱- مصالح هوشمند ساطع‌کننده نور

مولکول‌های درون آنها با تاثیر انرژی‌های روشنایی یا میدان‌الکتریکی برانگیخته شده و از خود نور ساطع می‌کنند. از مهمترین و کاربردی‌ترین آنها در زمینه معماری، مصالح فتولومینس و الکترولومینس‌اند. این پدیده حالتی موقت برای مولکول‌ها است که در انرژی بالا رخ می‌دهد. به‌طوری‌که بخشی از انرژی جذب شده توسط مولکول‌ها به شکل اشعه الکترومغناطیسی مرئی ساطع می‌شود.

مصالح و فرآورده‌هایی هستند که مولکول هایدرون آنها با تاثیر انرژی‌هایی مثل روشنایی یا میدانالکتریکی، برانگیخته شده و از خود نور تولید می‌کنند.این پدیده در واقع یک حالت موقتی برای مولکول‌ها است که بر اثر تاثیر انرژی بالاتر اتفاق می‌افتد که در این زمان بخشی از انرژی جذب شده توسط مولکول‌ها به شکل اشعه الکترومغناطیسی مرئی ساطع می‌شود بدون آنکه حرارت اشعه خارج شود. از این پدیده با عنوان تابناکی یاد می‌کنند. از مهمترین و کاربردی‌ترین آنها در زمینه معماری، مصالح فتولومینس و الکترولومینس هستند.

استفاده از مصالح هوشمند ساطع کننده نور LED : و سلول‌های خورشیدی

۷-۳-۲-مصالح هوشمند ذخیره‌کننده انرژی

این مصالح انرژی را به شکل نور، گرما، هیدروژن یا الکتریسیته در خود ذخیره می‌کنند. مصالح هوشمند ذخیره‌کننده حرارت در این گروه بیشتر مورد توجه‌اند این مصالح نوعی ویژگی ذاتی دارند که آنها را قادر می‌سازد که انرژی را بصورت گرما و یا سرما بصورت انرژی نهانی در خود ذخیره کنند. پر کاربردترین آنها در زیر گروه مصالح تغییر حالت‌دهنده قرار دارند که می‌توانند به عنوان واسطه تنظیم دما عمل کنند .آنها وضعیت خود را از حالت مایع به جامد بوسیله کریستال شدن تغییر داده و میزان مشخصی از انرژی گرمایی که قبلا در درجه حرارت بالاتر ذخیره کرده بودند از خود آزاد نموده و در حالت معکوس با تغییر وضعیت از جامد به مایع در زمان ورود انرژی گرمایی میزان حرارت یا دما را ثابت نگه دارند.

این مصالح و فرآورده‌ها قادرند انرژی را چه به صورت نمایان و چه نهانی در خو د ذخیره نمایند، مثلاً به شکل نور، گرما، هیدروژن یا الکتریسته .این مصالح قابلیت برگشت پذیری نیز دارند. بنابراین این مصالح قادر به ذخیره انرژی بصورت‌های مختلفی هستند. اما در این بین مصالح هوشمند ذخیره کننده حرارت (گرما) بیشتر مورد توجه بوده‌اند. این مصالح نوعی ویژگی ذاتی دارند که آنها را قادر می‌سازد که انرژی را بصورت گرما یا سرما (معکوس گرما) بصورت انرژی نهانی در خود ذخیره کنند. این مصالح در معماری دارای کاربرد و مورد توجه بسیار هستند. پرکاربردترین آنها که با عنو ان مصالح تغییر حالت دهنده مشهور هستند. به آن دسته از مصالح و فرآورده‌هایی اطلاق می‌شود که می‌توانند به عنوان واسطه تنظیم دما عمل کنند مثلاً به عنوان عنصر واسطه ذخیره سرما یا گرمای نهانی تنظیمات دمای داخل اتاق مصالح پی سی ام این ویژگی را دارند که وضعیت خود را از حالت مایع به جامد بوسیله کریستاله شدن (بلوره شدن) تغییر دهند و میزان مشخصی از انرژی گرمایی که قبلاً در درجه حرارت بالاتر ذخیره کرده بودند، از خود آزاد کنند و در حالت معکوس با تغییر وضعیت از جامد به مایع در زمان ورود انرژی گرمایی میزان حرارت یا دما را ثابت نگه دارند. ذکر این نکته ضروری است که مصالحی با ظرفیت ذخیره حرارتی بالا یا اتلاف حرارتی پایین در این دسته از مصالح هوشمند جای نمی‌گیرند.

سیستم نما عبور کرده و علاوه بر گرم نمودن فضای داخل باعث گرم شدن پانل‌های پی سی ام می‌شود. این، گرما هیدرات نمک را از حالت جامد به مایع تبدیل کرده و گرمای حاصله به صورت گرمای نهانی در سیستم ذخیره می‌شود .زمانی که حرارت اتاق از ۲۶ درجه سانتیگراد پایین‌تر می‌آید مثلاً در طول شب یا روزهای ابری آنگاه هیدرات نمک متبلور شده و انرژی گرمایی ذخیره شده خود را در اتاق آزاد می‌کند.

مزیت دیگر این سیستم این است که وضعیت شارژ بودن یا نبودن این سیستم ذخیره کننده حرارت از ظاهر بصری آن قابل مشاهده است به این ترتیب که اگر نما مات به نظر برسد، هیدرات نمک شارژ نشده است. یعنی ذخیره حرارتی ندارد و اما اگر

نما حالت شفاف یا نیمه مات داشته باشد هیدرات نمک در نما شارژ بوده و ذخیره حرارتی آن پر است. شکل ۳ مصالح هوشمند ذخیره‌کننده انرژی را نشان می دهد.

شکل ۳: مصالح هوشمند ذخیره‌کننده انرژی

۸- مصالح هوشمند تغییر رنگ‌دهنده

این مصالح قادرند رنگ یا مشخصه‌های بصری خود را در پاسخ به یک یا چندین محرک خارجی به صورت برگشت‌پذیر تغییر دهند. سه دسته از این مصالح شامل مصالح فتوکرومیک، ترموکرومیک و الکتروکرومیک در کاربردهای معماری بسیار مورد توجه‌اند. از میان اولین پروژه‌هایی که در آنها از مصالح فتوکرومیک در پوشش ساختمان استفاده شده بود می توان طرح ورودی موزه هنرهای مدرن مونیخ را نام برد. مصالح الکتروکرومیک نیز در معماری شیشه‌های الکترواپتیکال کاربرد دارند.

همانطور که از اسم این مصالح پیداست آنها قادرند رنگ یا مشخصه‌های بصری خود را در پاسخ به یک یا چندین محرک خارجی به صورت برگشت پذیر تغییر دهند .این مصالح با توجه به محرک انگیزاننده خود انواع مختلفی را شامل می‌شوند ولی تعدادی از آنها که در کاربردهای معمارانه بسیار مورد توجه‌اند شامل مصالح فتوکرومیک، ترموکرومیک و الکتروکرومیک هستند. این مصالح با قرار گیری در برابر نور با تغییر رنگ ار خود واکنش می‌دهند. شکل ۴ تصویرمصالح هوشمند تغییر رنگ‌دهنده را نشان می ده.د..

شکل ۴: تصویرمصالح هوشمند تغییر رنگ‌دهنده

هم اکنون مصالح فتوکرومیک یا به صورت رنگ دانه‌های فتوکرومیک، شیشه‌های فتوکروم یک و پلاستیک‌ها یا پلیمرهای فتوکرومیک در دسترس هستند. استفاده از این مصالح در معماری و در پوشش نمای بناها باب شده است. هر چند که در ابتدا بکارگیری این مصالح بخاطر جنبه زیبایی آنها بود (بخاطر طیف رنگی که در برابر نور ایجاد می‌نمودند.)
کاربرد مصالح الکتروکرومیک نیز در معماری شیشه‌های الکترواپتیکال هستند .مصالح الکترواپتیکال با قرارگیری در معرض اشعه خورشید مشخصه بصری یعنی میزان شفافیت خود را تغییر می‌دهند.

۹- مصالح هوشمند با قابلیت تغییر و مبادله مواد درونی

این مصالح دارای ترکیبات قابل بازگشت‌اند که مواد را در فرم مولکول و به شکل گاز، مایع یا جامد با فرایندهای مختلف فیزیکی یا شیمیایی در خود محصور و یا اینکه آزاد می‌کنند. عملکرد این مصالح به گونه‌ای است که با قرار گرفتن در برابر انواع گاز، بخار آب، آب و یا حتی محلول‌های آبدار واکنش نشان می‌دهند. به طور عمده در نمای خارجی و یا داخلی ساختمان‌ها استفاده می‌شوند و معروفترین آنها مصالحی‌اند که خود به خود تمیز می‌شوند. همچنین به صورت پوشش‌ها و لایه‌هایی با قرار گرفتن روی سطوح ساختمان آلاینده‌های موجود در هوا را بی‌اثر کرده و از بین می‌برند. از مهمترین کاربردهای آنها در معماری می توان به ضد آب نمودن نما، تمیز نمودن خود نما، بالا بردن کیفیت هوای فضای داخل، از بین بردن آلودگی هوای اطراف، جاذب صدا و ایجای بوی معطر در فضا اشاره نمود.
نمونه‌ای از مصالح هوشمند که به مصالح خود پاک شونده معروفند دی اکسید تیتانیوم است. این ماده در معرض اشعه ماورای بنفش نور خورشید به یک ماده به شدت فعال و واکنش پذیر تبدیل می شود که از چسبیدن باکتری ها و کثیفی ها بر روی دیوارها و ساختمان ها جلوگیری می‌کند و منجر به پاکسازی آسان توسط آب باران می‌شود. مصالح خود پاک‌شونده کاربردی‌ترین مواد در حیطه طراحی شهری‌اند که می‌توانند به پاکیزگی شهرهای بزرگ و کاهش آلودگی هوا کمک شایانی نمایند.

می‌توانند مواد را در فرم مولکول و به شکل گاز، مایع یا جامد با فرایندهای مختلف فیزیکی یا شیمیایی، در خود محصور و یا اینکه آزاد کنند .عملکرد این مصالح به صورتی است که با قرار گرفتن در برابر انواع گاز، بخار آب، آب و یا حتی محلول‌های آبدار، با چسباندن آنها به سطح داخلی خود و یا اضافه کردن آنها به حجم خود واکنش نشان دهند. این مصالح با خصوصیات ذکر شده به طور عمده می‌توانند در نمای خارجی یا داخلی ساختمان‌ها استفاده شوند و معروفترین آنها مواد و مصالحی هستند که خودبخود تمیز می‌شوند و همچنین پوشش‌ها و لایه‌هایی هستند که با قرار گرفتن روی سطوح ساختمان آلاینده‌های موجود در هوا را بی‌اثر کرده و از بین می‌برند. به طور کلی این متریال‌ها با انجام فرآیندهای درونی خاص خود می‌توانند خصوصیات و ویژگی‌های زیر را از خود نشان دهند.
ضد آب نمودن نما، تمیز نمودن خود نما، بالا بردن کیفیت هوای فضای داخل، از بین بردن آلودگی هوای اطراف، جاذب صدا، ایجاد بوی معطر در فضا
نمونه‌ای از مصالح ضد آب در این دسته بنتونیت است. که از مهمترین فرآورده‌های معدنی مورد استفاده در مصالح ساختمانی است .

نمونه دیگر در این دسته از مصالح هوشمند که به مصالح خود پاک شونده معروفند، دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) است. این ماده دارای خواص و ویژگی‌های منحصر به فردی است. به طوری که به هنگام قرارگیری در معرض اشعه ماورای بنفش نور خورشید، به یک ماده بشدت فعال و واکنش پذیر تبدیل می‌شود. واکنش پذیر شدن و فعالیت شیمیایی شدید این ماده در مجاورت اشعه ماورای بنفش، می‌تواند از چسبیدن باکتری‌ها و کثیفی‌ها بر روی دیوارها و ساختمان‌ها جلوگیری کند و سبب می‌شود تا این آلودگی‌ها با بارش یک باران، به آسانی از روی دیوارها شسته و پاک شوند. تولید گسترده و انبوه مصالح خودپاک شونده و استفاده گسترده آن در ساختار ساختمان‌ها و پنجره‌ها در مناطق گوناگون، سبب می‌شود که از این پس بتوانیم در

شهرهایی زندگی کنیم که از نما و سیمای بسیار تمیز، پاکیزه و درخشانی برخوردارند و نیازی به تمیز کردن نمای دیوارها و پنجره‌ها به طور دوره‌ای نخواهد داشت. این ویژگی مصالح خود پاک شونده از مهمترین کاربرد این مصالح در حیطه طراحی شهری است که می‌توانند به پاکیزگی شهرهای بزرگ و کاهش آلودگی هوا در آنها کمک شایانی نماید.

طراحی برج های اژدها در سئول، از جدیدترین پروژه‌های معماری مدرن در این کشور به حساب می‌آید. این دو آسمان‌خراش، تقریباً با یک طرح یکسان به وجود آمده‌اند. بلندترین برج این مجموعه ۴۵۰ متر ارتفاع دارد. از ویژگی‌های مصالح این طرح می‌توان به شیشه‌های هوشمند اشاره کرد که با تنظیم نور در محیط داخل و از بین بردن گرد و غبار، در کم کردن هزینه نظافتی و کنترل محیط زیست نقش به سزایی دارد. شکل ۵ تصویر برج های اژدها در سئول-کره جنوبی را نشان می دهد.

شکل ۵: تصویر برج های اژدها در سئول-کره جنوبی

۱۰- خصوصیات

مواد هوشمند و یا انطباق پذیر خود به دو گونه هوشمند و نیمه هوشمند قابل تقسیم می‌باشند. در مواد هوشمند در برابر محرک‌های فیزیکی یا شیمیایی تغییرات بازگشت پذیر فیزیکی و شیمیایی ایجاد می‌شود. این تغییرات در مواد کاملاً هوشمند به صورت نامتناهی بازگشت پذیر است. در صورتی که مواد نیمه هوشمند توانایی محدودی در تعداد دفعات تغییرات دارند، یک محرک می‌تواند چند تغییر در ماده ایجاد نماید و یا چند محرک مختلف می‌توانند موجب تغییر خاصی در ماده گردند. محرک‌های عمده عبارتند از: تغییر محیط شیمیایی، میدان مغناطیسی و الکتریکی، فشار، حرارت، نور و اشعه ماورا بنفش. تغییرات حاصل، بازده وسیعی را پوشش می‌دهد. برخی از این تغییرات عبارتند از:

۱. تغییر شکل، ابعاد، سطح و بافت به صورت همگن یا موضعی.
۲. تغییر در جریان الکتریکی و تولید جریان الکتریسیته که به عنوان مثال در کفسازی امکان پر رفت‌وآمد برای تولید جریان برق استفاده می‌شود.
۳. تغییر رنگ و شفافیت که در ایجاد محرمیت و بستن فضا کاربرد دارد.
۴. تغییر نوفه و کنترل نوفه مزاحم
۵. تولید بوی خوش بر اثر تحریکات خارجی
۶. قابلیت اصلاح، ترمیم، تقویت و خود تمیز کنندگی که امروزه کاربرد وسیعی در آسمان خراش‌ها یافته‌اند.
۷. قابلیت جذب یا انتشار نوعی مولکول، اتم یا ماده‌ای خاص که در سه حالت ماده که به ویژه برای کاهش آلودگی محیط و تولید مواد مطلوب و ضروری مانند تصفیه هوا و یا آب کاربرد دارد.

۸. امکان تبادل انرژی مانند مواد تغییر فاز دهنده که در پوسته بنا برای کنترل دمای محیط داخلی کاربرد دارند و این مواد حرارت را از محیط گرفته و با تغییر فاز به حالت مایع یا گاز، آن را به صورت نهان در خود ذخیره می‌کنند و در هنگام کاهش دمای محیط با تغییر فاز مجدد، حرارت را به محیط بازپس می‌دهند.

۱۱- انواع مصالح هوشمند

مصالح هوشمند از نظر کارکرد به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

- مواد کروموژنیک
- مواد پیزوالکتریک
- آلیاژهای دارای حافظه
- .MR و مگنتاهستاتیک ER مصالح الکتروهوستاتیک

۱۱-۱- مصالح کروموژنیک

مصالح کروموژنیک خاصیت نوری خود را در پاسخ به محرک‌های خارجی (میدان الکتریکی، تزریق یون، شدت نور و دما) تغییر می‌دهند. دامنه این تغییر از شفافیت کامل و انعکاس جزیی تا جذب یا پخش کل نور مریی گسترده است. به این ترتیب مصالح الکتروکرومیک، ترموکرومیک، فتوکرومیک، هالوکرومیک در زیر مجموعه این مواد قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن عامل محرک بین انواع مصاح این مصالح (فتوکرومیک پاسخ گو به شدت نور و ترموکرومیک ترموتروپیک پاسخ گوبه دما) و مصالح کریستال‌های مایع(EC وGC) باید تفاوت قائل شد. به این ترتیب مزایای کنترل خودکار و کنترل انتخابی مصالح مشخص می‌شود. به عبارت دیگر برخی مصالح کرموژنیک قابلیت کنترل انتخابی داشته و از این نظر تفاوت عمده‌ای با مصالح فتوکرمیک و ترموکرومیک دارند. زیرا این تغییرات مصالح فتوکرومیک و ترموکرومیک هر چند ممکن است در برخی موارد مطلوب نباشد، به صورت خودکارانجام می‌شود. اما مصالح کروموژنیک e توسط کاربر قابل کنترل هستند و به سیستم مدیریتی ساختمان نیز می‌توانند متصل شوند. مصالح الکتروکرومیک موادی هستند که با استفاده از جریان الکتریکی تغییر رنگ یا شفافیت می‌دهند) مانند کریستال‌های مایع.) شاید این مصالح مناسب ترین نوع برای کنترل انرژی در ساختمان‌ها باشند. شیشه‌های ساخته شده با این مصالح سریعاً از حالت شفاف به کدر تغییر یافته و نور را پراکنده می‌سازند. عملکرد اولیه آنها ایجاد محرمیت وکنترل خیرگی است. تغیر رنگ مصالح تروکرومیک به تغییرات دما بستگی دارد. مصالح هالوکرومیک حساس به PH)) مصالحی هستند که در نتیجه تغییر میزان اسیدیته تغییر رنگ می‌دهند. یکی از موارد استفاده برای رنگ‌هایی است که می‌توانند برای تعیین خوردگی در فلز زیرین خود تغیر رنگ دهند.

مصالح فتوکرومیک به تغییرات نور پاسخ می‌دهند بر خلاف مصالح الکتروکرومیک وبه صورت دستی نمی‌توانند کنترل شوند. مثلاً در یک روز آفتابی سرد که کسب گرمای خورشیدی بیشتر محسوس است ممکن است یک پنجره فتوکرومیک تاریک شود. اگر عامل محرک تغییر رنگ، محرکی به صورت انرژی مکانیکی باشد، مواد تغییر رنگ دهنده را مکانوکرومیک و چنانچه این عامل محرک، به وسیله تغییر در محیط شیمیایی پیرامونی ایجاد شود، ماده تغییر رنگ دهنده راکموکرومیک می‌نامند.

۱۲- کاربرد موادهوشمند

اهمیت مواد هوشمند هنگامی مشخص می‌شود که نقش آنها را در ایجاد سیستم‌های سازگارتر در نظر آوریم. این مصالح اساس کار سایر سیستم‌های حسگر، سازگار و کنترل شده را تشکیل می‌دهند. هدف نهایی، ساخت موادی با هوشمندی مواد موجود در طبیعت است. با ایجاد خواص مورد نظر در سطح مولکولی، می‌توان مواد ابر هوشمند ساخت که قادرند نقش نظام‌های هوشمند موجود را ایفا، کنند. یک سیستم ساختمانی هوشمند پیشرفته می‌تواند علاوه بر کنترل سیستم ایمنی، انتقال بار،

گرمایش، تهویه مطبوع و ... اثر بارهای باد و زلزله را اندازه‌گیری نموده و سیستم‌های ضد ارتعاش را در مقابل نیروهای محرک خارجی به کار اندازد. با عرضه مواد هوشمند توانمندی‌ها و امکانات نو در اختیار مهندسان و طراحان قرار خواهد داد. با پیشرفت‌های اخیر در این زمینه برای ایجاد سازه‌های هوشمند مناسب نیازهای امروز و رو به رشد آینده باید چشم دوخت. از مهمترین مصالح هوشمند موجود در صنعت ساختمان می‌توان به بتن و شیشه هوشمند مورد کاربرد در ساختمان‌ها اشاره کرد. در ادامه چند نمونه از مواد هوشمند رایج در نمای ساختمان به صورت موردی بررسی می‌گردد.

۱۲-۱- شیشه هوشمند

در سه دهه آخر قرن ۲۰ تغییرات وسیعی در صنعت شیشه ایجاد شد. در دهه ۶۰ و ۷۰ افزودن رنگ‌هایی برای کاهش اتلاف حرارتی و خیرگی مرسوم شد. این روند در سال‌های بعد به ایجاد فیلم‌های شفاف شیشه از اکسید فلزات، فیبر شیشه، واحدهای رزینی، تیوب‌های اکرلیک، کریستال‌های مایع، ائروژل‌ها و شیشه کاری کرموژنیک منجر شد. این شیشه‌ها به صورت دینامیکی با شرایط اقلیمی متغیر خارجی و نیازهای ساکنین تطبیق داده می‌شود. ایجاد این سیستم‌ها گام بلندی به سمت طراحی پوسته پایدار ساختمان است که نور در آن فاکتور اساسی بوده و علاوه بر کاهش مصرف انرژی، شفافیت و آسایش را به همراه دارد.

۱۲-۲- شیشه‌های ترموکرومیک

با استفاده از پوشش‌هایی از مصالح ترموکرومیک می‌توان نوعی شیشه هوشمند ساخت که بدون مسدود کردن نور، گرما را سد می‌کند. توانایی پوشش برای تغیر وضعیت بین جذب و انعکاس نور به معنی استفاده از مزایای گرمایش خورشید در شرایط زمستانی و انعکاس در دماهای بالاتر و جلوگیری از گداختگی فضاهاست. ضمن آنکه در هر دو حالت نور مریی مطلوب جهت روشنایی فضا وجود دارد.

۱۲-۳- شیشه‌های الکتروکرومیک

در این سیستم (EC)، واحد شیشه با استفاده از فیلم‌های شفاف با ضخامت ۲۰۰ یا ۳۰۰ نانومتر با شدت‌های رنگی متفاوتی در طیف، مرئی از شفاف تا آبی تیره تغییر می‌کند. واحد شیشه برای تغییر میزان شفافیت مطلوب با توجه به مقادیر مختلف انتقال حرارتی به جریان برق متصل می‌شود. پس از قطع جریان، تغییر حالت نوری حفظ می‌شود و نیازی به جریان مداوم برق نیست. وقتی که رنگ شیشه تیره می‌شود تابش حرارتی کاهش یافته و بیشتر اشعه عبوری در طیف مادون قرمز فیلتر می‌شود.

۱۲-۴- شیشه‌های گازوکرومیک

سیستم گازوکرومیک GC از سه قسمت اصلی تشکیل شده است: یک واحد شیشه عایق شده گازوکرومیک IGU یک فیلم ازWO3است. با قرارگرفتن فیلم GC در معرض فشار ضعیف هیدروژن به رنگ آبی درمی آید وانتقال مرئی را از۶۷ تا۱۶وبه طورمشابه انتقال انرژی خورشیدی ۶۰تا۱۲ کاهش می‌دهد.

۱۲-۵- شیشه‌های خود شو

پس از یک تحقیق ۴ ساله توسط محققان شرکت پیلینگتون و چندین شرکت بزرگ سازنده شیشه در نقاط مختلف دنیا ساخته شدند. شیشه‌های خود شستشو در سطوح پایین هوشمندی قرار می‌گیرند. در فرایند ساخت این شیشه بر روی سطوح آن پوششی شفاف از نوع سخت اعمال می‌شود که با انجام یک فرایند شیمیایی باعث عدم اتصال مواد آلی و ذرات آلودگی چسبنده به شیشه می‌شود. شیشه‌های خود شو با استفاده از دو فرایند همزمان باعث تمیز نگه داشتن سطح شیشه می‌شوند:

الف- به علت اینکه لایه روی سطح شیشه، خاصیت فوتوکاتالیک (استفاده از نور برای انجام واکنش (دارد، باعث از بین بردن اتصال آلودگی‌های موجود روی سطح شیشه با شیشه می‌شود.
ب- خاصیت دوم این روکش که همزمان با خاصیت فتوکاتالیک به وسیله نورUV فعال می‌شود. خاصیت هیدروفیلیک (آب دوستی) است. این ویژگی باعث می‌شود که آب روی سطح شیشه به صورت ورق پخش شود بنابراین به راحتی روی سطح شیشه جاری و پخش می‌شود و سطح شیشه را تمیز می‌کند.

پوشش خود تمیز شونده اتیلن تترافلوئور اتیلن

بیش از بیست و پنج سال است که فویل‌ها برای مسقف کردن سازه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. امروزه این سیستم ابتکاری که در آن شفافیت و وزنِ سبک با ویژگی‌های عایق کاری بسیار عالی و طول عمر زیاد ترکیب شده و در توسعهٔ معماری، پیشگام است.

۱۳-مقایسه بین مصالح هوشمند با سنتی

ویژگی های اساسی که مصالح هوشمند را از مصالح سنتی که در معماری بکار برده می شود ، متمایز می کند شامل:

- موقتی بودن : آنها به بیش از یک رویداد محیطی واکنش نشان می دهند ؛
- فوریت : آنها به موقع از خود واکنش نشان می دهند
- خود بکاراندازی : هوشمندی مواد و مصالح بیشتر درونی است تا بیرونی
- مستقیم بودن : واکنش نسبت به رویداد فعال کننده ، موضعی رخ می دهد
- به گزینی :واکنش آنها صریح و قابل پیش بینی است ؛

مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح ''**انعطاف پذیر** ''و ''**تطبیق پذیر** ''نیز شناخته می شوند و این به دلیل ویژگی خاص آنها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی می باشد.

۱۴- نتیجه گیری

معماری دنیای امروز توجه ویژه ای به مقوله پایداری و صرفه جویی در مصرف انرژی در زمینه های مختلف به خصوص در بخش زیست محیطی دارد، از طرفی معماری ساختمان اولین و مهمترین رابط بین ساختمان و محیط پیرامونش است. بطور کلی، توجه به معماری ساختمان یکی از مهمترین ملزومات در بخش کاهش مصرف انرژی می باشد. لذا معماری در ساختمان بیشترین اتلاف انرژی را داراست و مهمترین بخش از بناست که می تواند شرایط آسایش داخلی و مطلوب را برای انسان فراهم کند. بنابراین در این تحقیق سعی بر اینست با تکیه بر کاربرد مصالح هوشمند توجه ویژه به معماری ساختمان به هدف مورد نظر دست یافت. با توجه به مطالب ارائه شده در این مقاله، می توان به این نتیجه رسید که استفاده از مصالح هوشمند در معماری ساختمان ها ، با توجه به نوع و موارد مصرف آن؛ مزیت های زیر را داراست:

- صرفه جویی در مصرف انرژی
- صرفه جویی در هزینه های وارده بر ساختمان
- جلوگیری از ورود اشعه های زننده
- ایجاد تنوع و زیبایی

تنها می بایست این موضوع را متذکر شد که استفاده از مصالح هوشمند با توجه به هزینه اولیه بالای آن نسبت به مصالح رایج در بناهایی توصیه می شود که مصرف انرژی در آنها بالاست مانند برج ها، بیمارستان ها، ساختمان های بلند و ... همچنین بهتر است این مصالح در بخش هایی از نما استفاده شود که اتلاف انرژی در آنها بیشتر است.

منابع

۱. سلطانی, محمدسجاد؛ رضا یوسفی؛ امیرعباس عموئی و مرتضی جیریایی شراهی، ۱۳۹۸، عملکرد بتن هوشمند به عنوان مصالحی نوین، چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهشهای نوین در عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط زیست، کرج، دانشگاه جامع علمی کاربردی –سازمان همیاری شهرداری ها و مرکز توسعه خلاقیت و نوآوری علوم نوین

۲. امنی, احمدرضا، ۱۳۹۸، بررسی مصالح هوشمند با رویکرد صرفه جویی در مصرف انرژی در راستای انرژی پایدار، ششمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران -دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳. بیگلری, شبنم و کامران رضائی زاده مهابادی، ۱۳۹۸، تاثیر نماهای دو پوسته در کاهش مصرف انرژی با بهره گیری از مصالح و نماهای هوشمند، ششمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران -دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۴. حسنیان مهر, فاطمه سادات و فاطمه کبودی، ۱۳۹۷، بررسی سازگاری زیست محیطی بتن الیافی گرمازاو ضدانفجار به عنوان مصالح هوشمند در صنعت ساختمان، کنفرانس عمران،معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام، تبریز، دانشگاه تبریز - دانشگاه شهید مدنی آذربایجان - دانشگاه علمی کاربردی شهرداری تبریز

۵. توکلی, حمید، ۱۳۹۷، معماری نو و مصالح هوشمند، دومین همایش بین المللی ایده های راهبردی در معماری، شهرسازی، جغرافیا و محیط زیست پایدار، مشهد، موسسه تعاونی دانش بنیان کمرآوش

۶. محلوجی, فاطمه و مهدی اخترکاوان، ۱۳۹۷، نقش پنجره های هوشمند از نوع مصالح نوین بر معماری امروز، *چهارمین همایش بین المللی معماری عمران وشهرسازی در آغاز هزاره سوم*، تهران، دبیرخانه دایمی همایش- انجمن معماری و شهرسازی استان آذربایجان شرقی - دانشگاه سراسری تبریز - دانشگاه هنر تبریز - انجمن معماری و شهرسازی البرز - دانشگاه البرز - کنسرسیوم مطالعاتی نتاکو- موسسه بنا شهر پای

۷. پنجستونی, علیرضا و پریسا کرمی، ۱۳۹۷، مروری بر نقش جایگاه مصالح هوشمند در پایداری ساختمان، اولین کنگره بین المللی صنعت ساختمان با محوریت تکنولوژی های نوین در صنعت ساختمان، تبریز، مجمع مهندسان جوان استان آذربایجان شرقی

۸. حیاتی, سهیلا و حمیدرضا عامری سیاهویی، ۱۳۹۷، بررسی مواد مصالح هوشمند در صنعت ساختمان با تاثیر پذیری از نانوفناوری، اولین کنگره بین المللی صنعت ساختمان با محوریت تکنولوژی های نوین در صنعت ساختمان، تبریز، مجمع مهندسان جوان استان آذربایجان شرقی

۹. جعفریان, محمدرضا؛ مرتضی صفدری زاده و سارا حیدریان، ۱۳۹۷، بررسی تاثیر مصالح هوشمند در بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان، اولین کنگره بین المللی صنعت ساختمان با محوریت تکنولوژی های نوین در صنعت ساختمان، تبریز، مجمع مهندسان جوان استان آذربایجان شرقی

۱۰. شمس, آرش، ۱۳۹۷، بررسی تاثیر نانو مواد مصالح هوشمند بر ساختمان معماری پایدار، اولین کنگره بین المللی صنعت ساختمان با محوریت تکنولوژی های نوین در صنعت ساختمان، تبریز، مجمع مهندسان جوان استان آذربایجان شرقی

۱۱. صباحی, عباس، ۱۳۹۷، مصالح ساختمانی هوشمند، سومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین عمران معماری و صنعت ساختمان ایران، تهران- دانشگاه تهران، دبیرخانه دائمی کنفرانس

۱۲. میرمعصومی, خاطره و حمیدرضا مشتاقیان، ۱۳۹۷، بهره گیری از مصالح نوین و هوشمند در ارتقای ساختمان های پایدار، اولین همایش ملی ساختمان پایدار و انرژی (چالش ها، ضرورت ها و راهکارها)، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)