

کاربرد مصالح هوشمند در معماری

دکتر محسن وفامهر . استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده معماری و شهرسازی

Dr.vafamehr@gmail.com

مهندس سجاد نازی دیزجی . کارشناس ارشد معماری، عضو هیات علمی دانشگاه غیرانتفائی دیلمان لاهیجان

sajadnazi@yahoo.com

چکیده:

علم و تکنولوژی با بکار گیری مواد و مصالح استاندارد پیشرفتهای حیرت انگیزی در زمینه های مختلف نموده است. از جمله این موارد تولید موادی هستند که خصوصیتی قابل دستکاری دارند. برخی از اینگونه مواد قابلیت تغییر شکل یا اندازه در معرض حرارت را دارند و بعضی دیگر تحت اثر مغناطیس از حالت مایع به حالت جامد تبدیل می شوند. این مواد، مواد هوشمند نامیده میشوند. هدف از این مقاله بررسی انواع، خصوصیات و کاربرد مواد و مصالح هوشمند در معماری و صنعت ساختمان است.

واژه های کلیدی:

مصالح هوشمند، معماری نوین، تکنولوژی جدید، صنعت ساختمان

مقدمه:

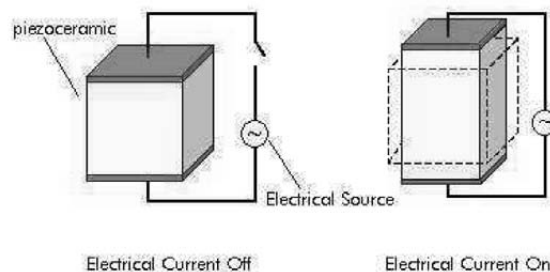
تکنولوژی با استفاده از مصالح هوشمند توانمندی جدیدی را به نمایش می گذارد که در طیف وسیعی از بخشها چون ساختمان، پزشکی، انرژی، محیط، نساجی، صنایع غذایی و.. کاربرد دارند. این نوع از مواد خاص محیط پیرامونشان را درک کرده و نسبت به آن واکنش نشان میدهند. یک یا چند خصوصیت آنها به صورت معناداری تحت تاثیر عوامل کنترل شده خارجی از قبیل فشار، دما، رطوبت، الکتروسیسته و تاثیرات مغناطیسی تغییر میابد. برخی از این مواد حتی توانایی بازسازی و تعمیر خود را دارند که باعث افزایش عمر آنها میشود. بی شک استفاده از فن آوریهای نوین در صنعت ساختمان متناسب با محیط پیرامون ساختمانها باعث دوام، ماندگاری و کارکرد موثرتر ساختمانها خواهد بود. ساختمانها بخش مهمی از ثروت ملی ما محسوب می شوند. معمار آلمانی آکسل ریتر میگوید: "استفاده از مواد مصالحی که خصوصیات آنها تحت اثر گرما، نور یا رطوبت تغییر پیدا میکنند موجب انقلابی در معماری خواهد شد. ساختمانهای آینده قادر خواهند بود که رنگ، اندازه و شکل خود را در تبادل با محیط پیرامون تغییر دهند. معماران آینده قادر به طراحی ساختمانهایی خواهند بود که هندسه آنها مطابق با وزن انسانهایی که درون ساختمان هستند تغییر یابند."

اینک به بررسی انواع و خصوصیات این مواد پرداخته و در ادامه کاربرد آنها را در ساختمان بررسی خواهیم کرد.

تعاریف و خصوصیات مواد هوشمند

فیزوالکتریکها (piezoelectric): موادی هستند که تحت اثر بار و فشار وارده به آنها ولتاژ الکتریکی تولید می نمایند. این خصوصیت به صورت معکوس نیز عمل می کند بدین معنا که الکتروسیسته منجر به ایجاد تنش در اینگونه مواد خواهد بود. بنابراین سازه های ساخته شده از اینگونه مواد تحت اثر ولتاژ الکتریکی به صورت مناسبی خم شده یا انقباض پیدا کنند. (مطابق تصویر شماره ۱)

آلیاژها و پلیمرهای حافظه دارشکلی: این مواد بعد از اینکه تحت اثر فشار یا حرارت تغییر شکل دادند دوباره قابلیت بازگشتن به شکل اولیه خود را دارند. این ماده یک ماده جامد و سبک وزن برای فعال کننده های مرسوم از قبیل هیدرولیک، پنوماتیک و سیستم های موتوری می باشد. آلیاژهای حافظه دار همچنین دارای کاربردهایی در پزشکی و هواشناسی دارند. سه نوع اصلی این آلیاژها مس+روی+آلومینیم+نیکل و مس+آلومینیم+نیکل و نیکل+تیتانیوم می باشند. این نوع آلیاژها حافظه های شکلی متفاوتی دارند و به روشهای گوناگونی تغییر شکل می دهند. دو نوع معمول تغییر شکل آنها در دو روش یک مرحله ای و روش دو مرحله ای است. تغییر شکل شماتیک این نوع آلیاژ در تصویر شماره ۲ نمایش داده شده است. شروع از حالت فلزی و سخت (a) یک تغییر برگشت پذیر برای حالت تک مرحله ای و یا یک تغییر شکل با برگشت پذیری سخت برای روش دو مرحله ای (b) حرارت دادن ماده (c) سرد کردن دوباره آن (d)



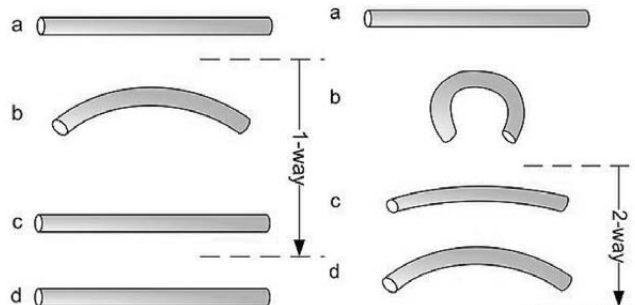
تصویر شماره ۱: الکتروسیسته منجر به ایجاد تنش در فیزوالکتریکها می شود. (<http://en.wikipedia.org>)

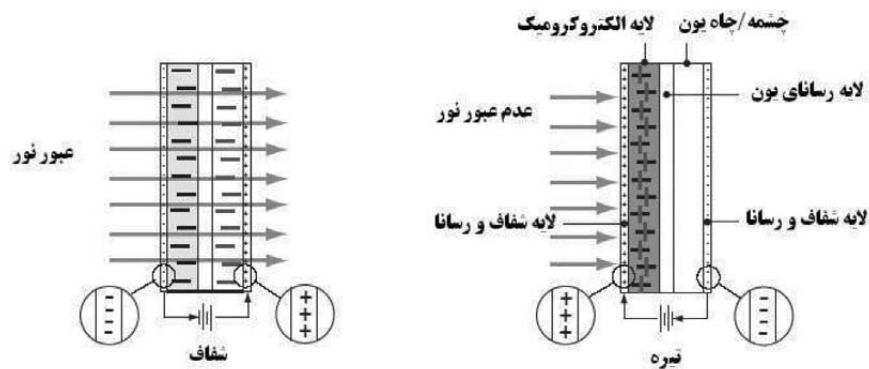
تصویر شماره ۲: آلیاژهای حافظه دار شکلی به دو روش تغییر شکل می دهند. (<http://en.wikipedia.org>)

آلیاژها حافظه دار مغناطیسی: موادی هستند که در معرض میدان های مغناطیسی تغییر شکل می دهند.

پلیمرهای حساس به میزان PH محیط: موادی هستند که تحت تاثیر تغییرات در PH محیط پیرامونشان دچار تورم و یا فروپاشی می شوند. پلیمرهای واکنش دهنده به دما: موادی هستند که تحت تاثیر میزان دمای محیط قرار می گیرند.

هالوکرومیک ها: این مواد به طور معمول در اثر تغییر اسیدیته محیط تغییر رنگ می دهند. یک کاربرد پیشنهادی اینگونه مواد تولید رنگهایی هستند که به هنگام زنگ زدن فلز زیر آنها تغییر رنگ بدهند.





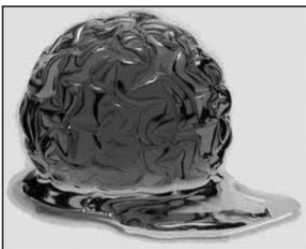
تصویر شماره ۳: لایه های مختلف پنجره های الکتروکرومیک
<http://www.parfo.com>

تصویر شماره ۴: سندیهای گرمایی از رنگهای ترموکرومیک استفاده می کنند که با دمای بدن تغییر رنگ می دهند و پس از مدتی به حالت ابتدایی بر می گردند. <http://www.parfo.com>
 (com)



سیستم های رنگ زا: این مواد در واکنش به تغییرات الکتریکی، نور و حرارت تغییر رنگ می دهند و سه دسته را شامل می شوند:

الف: الکتروکرومیک ها: موادی هستند که رنگ و یا میزان کدروی آنها تحت تاثیر الکتریسیته تغییر میابد. به عنوان مثال پنجره های الکتروکرومیک به وسیله الکتریسیته روشن یا تاری می شوند. این مواد از یک جزء تشکیل نشده اند و معمولاً به صورت چند لایه از مواد هستند که با یکدیگر کار می کنند. (تصویر ۳)
ب: ترموکرومیک ها: موادی هستند که در اثر حرارت و دمای محیط تغییر رنگ می دهند. نکته مهم این است که این تغییرات بازگشت پذیرند و با تغییرات دما دچار این تغییرات می شوند. (تصویر ۴)



ج: فتوکرومیک ها: موادی که در واکنش به نور تغییر رنگ می دهند. به عنوان مثال عینک های آفتابی که در نور خورشید رنگ آنها تیره تر می شود.

سیال غیر نیوتنی: مایعی است که چسبناکی آن در واکنش به نوعی از نیرو و فشار اعمال شده تغییر میابد. برخی از این سیالها وقتی با سرعت زیاد یک نیرو را تحمل می کنند موقتاً تبدیل به جامد می شوند.

مواد فتو مکانیکال: این مواد در معرض نور تغییر شکل می دهند.

تصویر ۵: یک ماده سیال غیر نیوتنی که در دانشگاه میشیگان تهیه شده است. <http://www.cs.ualberta.ca>

جدول شماره ۱: تقسیم بندی تعدادی از مواد هوشمند و واکنش مواد نسبت به تغییرات محیطی (نگارندگان)

ماده هوشمند	نام انگلیسی	تغییر محیطی	واکنش ماده هوشمند به محیط
فیروالکتریکها	piezoelectric	بار فیزیکی وارد شده بر ماده	تولید جریان الکتریکی
آلیاژهای حافظه دارشکلی	Shape memory alloys	فشار یا حرارت	برگشت به شکل اولیه
آلیاژها حافظه دارمغناطیسی	Magnetic shape memory	میدان مغناطیسی	تغییر شکل
پلیمرهای حساس به PH	pH-sensitive polymers	تغییرات در PH محیط	تورم و یا فروپاشی
پلیمرهای واکنش دهنده به دما	Temperature-responsive polymers	تغییر دما	تغییر ماده
هالوکرومیک ها	halochromic	تغییر اسیدبته محیط	تغییر رنگ
سیستم های رنگ زا	Chromogenic systems	تغییرات الکتریکی، نور و حرارت	تغییر رنگ
سیال غیر نیوتنی	Non-Newtonian fluid	نیرو و فشار اعمال شده	تغییر چسبناکی سیال و تبدیل به جامد
مواد فتو مکانیکال	Photomechanical Materials	در معرض نور	تغییر شکل
مواد خود ترمیم	Self-healing materials		توانایی تعمیر صدمات وارده به خود

مواد خود ترمیم: این مواد وقتی به صورت معمولی استفاده شوند توانایی تعمیر صدمات وارده به خود را دارند که در نتیجه طول عمر این مواد بسیار افزایش میابد. معمولا ویژگیهای خاصی از یک ماده مهندسی شده به مرور زمان تحت تاثیرات محیطی یا بخاطر کارکردهای خاصی تنزل پیدا کرده و دچار خرابی می شوند. این خرابی ها معمولا در مقیاس میکروسکوپی شروع شده و نیاز به بازرسی مکرر و تعمیر دارند تا از پیشرفت صدمات جلوگیری شود. مواد خود ترمیم کاربردهای پزشکی دارند. در مورد استفاده مواد خود تعمیر در ساختار بتن نیز تحقیقاتی صورت گرفته است. در جدول شماره ۱ تقسیم بندی تعدادی از مواد هوشمند و واکنش آنها به تغییرات محیطی ارائه شده است.

مصالح و معماری: رابطه بین معماری و مصالح تا قبل از انقلاب صنعتی رابطه ای ساده و زیبا بود، انتخاب مصالح به صورت تجربی و بر اساس سودمندی و کاربرد و در دسترس بودن و خصوصیات ظاهری آنها انجام می شد سنگهای بومی پی ها و دیوارها را شکل می دادند و سنگ مرمرهایی با کیفیت بصورت پوششی زیبا برای ساختمانها بکار گرفته می شدند. در ضمن مصالح ساختمانی استاندارد سازی نشده بودند بنابراین سازندگان و معماران ناگزیر به اعتماد به درک ظاهری از خصوصیات و عملکرد مصالح بودند. اساسا دانش مصالح شناسی از طریق شهود و تجربه بدست می آمد، سازندگان بزرگ آنها بودند که به این دانش دست یافته و مهارتهای ضروری کار با این مصالح را اغلب از طریق آزمون و خطا های متعدد بدست می آوردند.

نقش مصالح به صورت قابل توجهی در طول اتفاقات انقلاب صنعتی تغییر کرد و به جای استفاده تجربی از مصالح، معماران شروع به استفاده از مصالح مهندسی شده کردند. در حقیقت تاریخ معماری مدرن می تواند از نگاه تاریخ مواد و مصالح معماری بررسی شود. در شروع قرن نوزدهم استفاده از فولاد و شیشه در ساختمانهای بلند گسترش یافته و بر خلاف گذشته نمای ساختمانها به صورت یک عنصر فرمال مطرح گردید و نهایتا معماران امروز اغلب به مصالح ساختمانی به صورت جزیی از روند طراحی می نگرند. و در قرن بیستم روی مصالحی کار کردند که میتوان خصوصیات آن را برای یک نیاز کاملا تعریف شده مهندسی کنند. حتی مصالح هوشمند خصوصیتی قابل تغییر دارند و بنابراین برای نیازهای کوتاه مدت و گذرا نیز پاسخ گو هستند بطور مثال مصالح فتو کرومیک رنگ خود را زمانی که در برابر نور قرار میگیرند تغییر می دهند.

خصوصیات مواد: مواد غالبا از طریق خصوصیاتشان قابل تشخیص هستند برخی از این خصوصیات درونی و بعضی دیگر بیرونی هستند. ویژگی درونی مواد براساس ساختار مولکولی مبتنی بر ترکیبات شیمیایی آنها می باشد و تعریف یک ماده خاص همه خصوصیات درونی آن را مشخص می کند برای مثال مقاومت در مواد بستگی به نیروهای اتمی و پیوستگی مولکولی و نیروهای بین مولکولی که ساختار ماده را تشکیل می دهد دارد. نیروهای بیشتر بین اتمها باعث مقاوت و سختی بیشتر در مواد می شوند.

این نیروها مستقیما تعیین کننده نقاط جوش و ذوب ماده می باشند. ماده ای مثل الماس با نیروهای بین مولکولی زیاد علاوه بر اینکه یکی از سخت ترین مواد موجود در طبیعت است بلکه به صورت خارق العاده ای نقطه ذوب بالایی نیز دارد. به علاوه مقاومت یک ماده به خصوصیات درونی آن وابسته است. خصوصیات مکانیکی شامل مدول الاستیک و سختی و خصوصیات فیزیکی آن شامل رسانایی بار حرارتی و خصوصیات شیمیایی آن شامل واکنش پذیری ظرفیت شیمیایی و قابلیت حل شدن در مایعات، خصوصیات بیرونی مواد مستقیما به ترکیب درونی مواد وابسته نیستند خصوصیات بصری (اپتیکال) یک ماده، قابلیت انعکاس، انتقال پذیری و قابلیت جذب همانند خصوصیات آکوستیکی مواد ویژگی های بیرونی مواد می باشند. صیقلی کردن سطح بیرونی یک فلز در انعکاس پذیر بودن آن تغییر ایجاد خواهد کرد. بعضی از ویژگی های بیرونی یک ماده به مسایل انرژی محیط بستگی دارند به عنوان مثال رنگ یک ماده یک ویژگی منحصر بفرد ماده نبوده و به صورت کامل وابسته به نور تابشی در محیط خود می باشد.

تغییرات در خواص یک ماده می تواند به صورت تغییر ترکیبات ماده و یا تغییر در ساختار میکروسکوپی آن باشد هر دو نوع تغییر از طریق اعمال انرژی به ماده امکان پذیر می باشد. اعمال انرژی به یک ماده در حالت های گوناگونی امکان پذیر می باشد که معمولا در مورد مصالح هوشمند به شکل های الکتریکی، شیمیایی، حرارتی، مکانیکی و تابشی می باشد. در

ضمن بیشتر مواد تغییرات خصوصیات مشابهی از خود را به هنگام اعمال انرژی تجربه می کنند حرارت در فولاد نورد شده داغ موجب تغییر در ساختار میکروسکوپی فولاد شده و ویژگی های آن را تغییر می دهد، تغییرات مصالح هوشمند اغلب برگشت پذیر بوده و این مواد ویژگی های نخستین خود را بازمی یابند. لازم به ذکر است که تمامی خصوصیات مواد اعم از درونی یا بیرونی، هوشمند یا غیرهوشمند در پنج دسته تقسیم بندی می شوند: مکانیکی، حرارتی، الکتریکی، شیمیایی، و بصری (اپتیکال)

مشخصه های اصلی مواد هوشمند: ویژگی های اساسی مصالح هوشمند شامل قابلیت تغییر در خصوصیات، قابلیت تبادل انرژی و قابلیت تغییر در اندازه و برگشت پذیری می باشند.

الف- قابلیت تغییر در خصوصیات: این دسته از مصالح هوشمند بیشترین کاربردهای بالقوه در زمینه معماری را دارند این نوع مواد در واکنش به تغییر در وضعیت محیط پیرامون ماده، تغییر در خصوصیات شیمیایی، حرارتی، مکانیکی، مغناطیسی و بصری (اپتیکال) را تجربه می نمایند. تغییرات در محیط پیرامون ممکن است از طریق اعمال انرژی بر ماده ایجاد شوند، تمامی مواد با قابلیت تغییر در رنگ از قبیل ترموالکتریک ها، الکترو کرومیکها، فتوکرومیکها و غیره جز این دسته از مواد هوشمند می باشند.

ب- تبادل انرژی: گروه دیگری از مصالح هوشمند که انتظار می رود کاربردهای گسترده ای در زمینه معماری داشته باشند دسته مواد هوشمندی با قابلیت تبادل انرژی می باشند این مواد که می توان آنها را مواد قانون اول (ترمودینامیک) نامید انرژی ورودی به ماده را به شکلی دیگر از انرژی تبدیل می نمایند، یک انرژی خروجی در تطابق با قانون اول ترمودینامیک، در ضمن راندمان تبدیل انرژی برای مصالح هوشمند فتو ولتاییک ها و ترمو الکتریکها بسیار کمتر از تکنولوژی های معمول می باشد. برای مثال ارتباط مستقیم بین انرژی ورودی و خروجی در بسیاری از مواد هوشمند از قبیل فتو ولتاییک ها، پیروالکتریک ها و فیزوالکتریکها باعث می شود به عنوان سنسورهای محیطی فوق العاده قابل استفاده باشند...

بسیاری از مواد دسته بندی شده بالا خصوصیتی از برگشت پذیری را نیز از خود نشان می دهند بعنوان مثال فیزوالکتریکها در اثر بار وارده جریان الکتریکی تولید می کنند و یا در اثر عبور جریان تغییر شکل می دهند.

تیپ بندی مصالح هوشمند: به طور کلی مواد هوشمند به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند. دسته اول: موادی که یکی از خصوصیات آن (شیمیایی، مکانیکی اپتیکال الکتریکی مغناطیسی یا حرارتی) در واکنش به تغییرات محیطی و بدون نیاز به کنترل خارجی عوض می شوند. دسته دوم: مواد یا تجهیزاتی که برای هدف معینی نوعی از انرژی را به نوع دیگری از انرژی تبدیل می نمایند.

کاربردهای مصالح هوشمند در سازه

سازه ها در تعامل با بارهای مختلف مثل باد و زمین لرزه و یا حتی بارهای مرده و زنده رفتارهای متفاوتی از خود نشان می دهند. اعضای خاصی از سازه خم شده یا تمایل به پیچش دارند، اتصالات تمایل به بریده شدن پیدا می کنند، همه سازه ها در تمام طول مدت وارد شدن بارهای دینامیکی از قبیل بار باد و زلزله به اشکال مختلفی دچار سرگردانی می شوند، طراحان صدها سال است روی این پدیده ها مطالعه می کنند و تا کنون تخصص طراحی سازه یکی از پیچیده ترین تخصص هاست، آنها بر مبنای آنالیزهای سازه بوسیله مدل سازی های کامپیوتری قادرند حتی رفتارهای یک سازه پیچیده را تحت اثر بارها پیش بینی کنند. با این وجود هنوز مشکلات فراوانی بر سر راه طراحی امن و موثر سازه ها در مقابل بارهای باد و زلزله که آثار دینامیکی پیچیده ای بر سازه ها تحمیل می کند وجود دارد، مساله مصالح هوشمند چشم انداز جدیدی برای حل بعضی از مسایل و مشکلات قبلی می باشد.

یکی از جذابیتها در بحث سازه برای بسیاری از طراحان، طراحی سازه هایی است که در مقابل بارهای باد و زلزله تعامل فعال داشته باشند. مقایسه بین کارکرد سازه یک ساختمان یا پل هنوز هم موضوع مهمی در بررسی و تعریف سازه های هوشمند می باشد. آغاز توجه عملی به سازه هوشمند بوسیله مجموعه تکنیکهایی است که "مونیتورینگ سلامت سازه ای" نامیده می شود. ایده ساخت سازه هایی که نقصان های درونی خود را به استفاده کنندگان سازه خبر دهند ایده بسیار جذابی

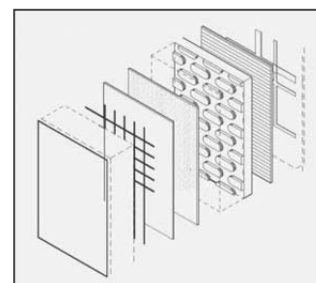
است همانطور که بدن ما زمانی که استخوانی شکسته می شود رگ به رگ می شود. یکی از هیجان انگیزترین پیشرفتهای جدید در این حوزه تکنولوژی است که پوسته هوشمند نامیده می شود که قابلیت فرستادن پیغامهایی از بدنه خود را دارند. به عنوان مثال آزمایشهایی با فیزو الکترونیکهایی در مقیاس میکروبی انجام شده که در قالب سطوح ساییدگی های موجود در آن را خبر می دهند، به عبارت دیگر مصالح سازه ای هوشمند مصالحی خواهند بود که مشکلات درون سازه را تشخیص داده و گزارش می دهند. مواد هوشمند در سازه به دو صورت سیستم انفعالی و سیستم فعال مورد استفاده قرار می گیرند، هدف از کاربرد سیستم انفعالی به صورت معمول به حداقل رساندن تاثیر عوامل ناخواسته از طریق ساده ترین واکنشهای مواد می باشد و سیستم فعال عموماً به معنی کنترل پدیده های ناخواسته بوسیله استفاده از نیروها و سایر تکنولوژیها می باشد.

مونیتورینگ سلامت سازه:

منشا آسیبهای سازه ای بسیارند و بوسیله نیروهای محیطی خارجی گوناگونی از قبیل زمین لرزه ، بادها و دمای بسیار بالای محیط و بار اضافی و ارتعاشات بوجود می آیند بعضی وقتها آسیبهای سازه ای منشا کارخانه ای و یا مشکلات حین اجرا شامل مصالح یا اتصالات ناکافی دارند، کارایی سازه ای ممکن است بخاطر گذشت زمان یا تغییراتی که بر اثر عوامل محیطی در خواص مکانیکی مواد بوجود می آید به خطر افتند. (مدول الاستیسیته بعضی مواد زمانی که در یک محیط مرطوب قرار می گیرند کاهش می یابد).

در طول سالها ی متمادی تکنیکهای بسیاری برای ردیابی، ارزیابی و نظارت آسیبهها و خرابی های سازه ها بوجود آمده اند که بعضی از آنها در کارگاه و بعضی دیگر در کارخانه مورد استفاده قرار می گیرند. پیشرفتهای اخیر در زمینه مصالح هوشمند بصورت موثری این تواناییها را افزایش داده است. محققان ژاپنی فوکودا و کوزاکا از دانشگاه شهر اوزاکا استفاده از مواد هوشمند در ردیابی آسیبههای سازه ای را در چهار زمینه فیبر های نوری ، فیزو الکترونیکها ، مگنتوستریکتیوها (موادی که بر اثر مغناطیس الکترونیکی تغییر شکل می دهند) و تکنولوژی پایداری الکترونیک مورد تحقیق قرار داده اند. فیبر های نوری جاسازی شده در سازه می توانند برای ارزیابی شکستها، خمش های خطرناک، ارتعاشات، تنش ها و سایر پدیده ها در مصالح سازه ای مورد استفاده قرار گیرند. اندازه گیری ارتعاشات و تنشها بسیار مشکل تر از گسیختگیها و خمشهای ساده می باشد. در بعضی موارد تکنولوژیهای فوق از کمک کامپیوترها بهره می گیرند. در همه موارد اندازه گیری بر مبنای آنالیز نور گذرانده شده از فیبر های نوری جاسازی شده در سازه ها انجام می گیرد.

دومین رویکرد در سیستم ردیابی آسیبهها در پژوهشهای محققان ژاپنی استفاده از فیزو الکترونیکها هستند، چنانچه قبلاً گفته شد بار وارد بر این مواد سیگنالهای الکترونیک قابل اندازه گیری تولید می کنند، این مواد می توانند برای پدیده های استاتیکی و دینامیکی مورد استفاده قرار گیرند، فیزو الکترونیکها همچنین در نظارت مستمر بر ارتعاشات سازه ای نیز کاربرد دارند، بازبینی مستمر ارتعاشات یک سازه کمک موثری برای تشخیص و ردیابی آسیبههای سازه ای فراهم می آورد.



تصویر شماره ۶: طرح شماتیک دیوار چند بنیایی مایک دیویس

تصویر شماره ۷: آلبازهای حافظه دار شکلی به دو روش تغییر شکل می دهند. (<http://en.wikipedia.org>)



بتن هوشمند

افزودن فقط نیم درصد فیبر کربن در بتن باعث افزایش رسانایی الکتریکی بتن می شود، اعمال بار بر این بتن با کاهش تماس بین هر فیبر از شبکه اطرافش موجب کاهش رسانایی الکتریکی آن می شود، با حذف بار بتن رسانایی اولیه خود را باز میابد، بخاطر همین ویژگی بتن فوق بتن هوشمند نامیده می شود. این نوع بتن خاص در عین حال که بعنوان مصالح سازه ای استفاده می شود به عنوان سنسور نیز عمل می کند. بتن هوشمند همچنین می تواند در کف جاده ها برای اندازه گیری میزان ترافیک و برای تشخیص زمین لرزه مورد استفاده قرار گیرد.

کاربردهای مصالح هوشمند در معماری

سیستم های ناماسازی

سیستم های ساختمانی ناماسازی و مخصوصا نماهای شیشه ای مشکلات بیشماری برای طراحان بوجود می آوردند. تبادل نور و انرژی در نما همیشه دو سویه است، انتقال گرما ممکن است از داخل ساختمان به بیرون باشد ضمن اینکه تابش به سمت داخل انجام می گیرد، نور ورودی به ساختمان باید با دید به بیرون در تعادل باشد. مشکل نماهای شیشه ای تا قرن بیستم همچنان لاینحل مانده بود زیرا کاربرد نماهای شفاف و سبک وزن تر نیاز به پیشرفت بعضی از تکنولوژی ها داشت. به مدد تکنولوژی های نوین، نماها با غشای نازکی پوشانده شدند که قابلیت تشعشع کم، بازتابندگی نور خورشید در جبهه بیرونی ساختمان و عدم بازتابندگی در قسمت های داخلی ساختمان داشتند، سیستم های مدیریت انرژی مانع تابشهای اضافی خورشیدی شدند و سیستم های پوسته ای دولایه با جزییات استادانه که ساختمان را به صورت دولایه از شیشه می پوشانند، در نتیجه همه مسایل فوق با ظهور و پیشرفت مصالح هوشمند هیچ گروه ساختمانی و معماری دیگر به اندازه طراحان و مهندسان سیستم های ناماسازی ساختمان از این نوع مصالح نوین استقبال نکردند. مصالح هوشمند به عنوان تکنولوژی منحصر بفردی برای تهیه همه نماهای ویژه در نظر گرفته شد دیوار چند بنیانی مایک دیویس (تصویر ۶) عبارت از لایه نازکی بود که از لایه های الکتروکرومیک ها، فتوولتاییک ها، شیشه رسانا، تشعشع کننده های حرارتی صفحات ریز جریان هوا و .. ترکیب شده بود که به عنوان یک مدل متعالی برای ناماسازی طراحی شده است. در سال ۱۹۸۴ آقای رینر بانهام تاریخدان و نظریه پرداز پیشنهاد ساخت یک شیشه قابل کنترل و خودتنظیم را داده بود. پیش بینی او خیلی دور از دسترس نبود. پیشرفتهایی که در زمینه نما و پنجره های هوشمند انجام شد باعث بازدهی بیشتری در مصرف انرژی گردید و بیشترین و بهترین بخش از سرمایه گذاری دلاری در مصرف مصالح هوشمند برای ساختمانها روی این دو سیستم متمرکز گردید. می توان گفت پنجره ها و نماها عناصر بصری ویژه ای برای ساختمانها به حساب می آیند و در حقیقت مسولیت اصلی مهندسان معمار در طراحی می باشند.

۸-۲- پنجره های هوشمند

کلمه پنجره هوشمند به هر سیستمی اطلاق می شود که دارای سطح تعامل با محیط بوده اعم از اینکه این پنجره واقعی یا صرفا یک عنصر بصری باشد.

پنجره های هوشمند عموما دارای حداقل یکی از کاربردهای ذیل می باشند:

- کنترل دید: کاربرد مواد قابل تغییر برای کنترل دید یکی از مهمترین و رشد یافته ترین کاربرد مواد هوشمند در ساختمانهاست، پانلهای ویژه ای که از حالت شفاف به حالت مات تغییر پیدا می کنند در عین حال که اجازه عبور نور می دهند دید را بوسله تغییر در ماده معتدل می نمایند. یک کاربرد این نوع مواد برای ویتترین فروشگاهها می باشد، کالاها می توانند به صورت انتخابی به نمایش گذاشته شوند در بعضی مواقع این مواد شفاف بوده و در بعضی مواقع دیگر مثلا زمانی که فروشگاه بسته است مات شده و دید به داخل ویتترین را محدود می کنند.

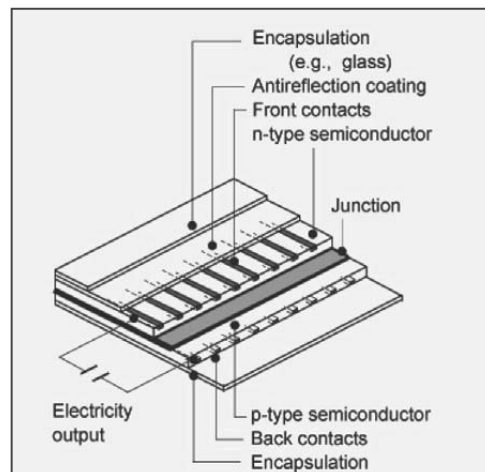
- کنترل انتقال حرارتی: انتقال حرارتی بوسله تابش در مواقع مناسب (تابستان) می تواند به حداقل رسیده و در سایر موقعیت ها افزایش یابد.

-کنترل جذب گرما: شفافیت و قابلیت هدایت گرما می توانند به صورت همزمان مورد استفاده قرار گیرند هر زمان که دمای فضای داخل ساختمان بالاتر از دمای بیرون باشد جریان دوسویه برقرار می شود انرژی تابشی به داخل فضا منتقل می شود در حالیکه انرژی حرارتی داخل به سمت بیرون هدایت می شود. تغییر در میزان جذب شیشه ها نهایتاً روی رسانایی خالص آنها تاثیر گذاشته و موجب تغییر در حالت تعادل این جریانها خواهد شد.

مواد بسیاری از قبیل فتوکرومیک ها، ترموکرومیک ها، الکتروکرومیک ها، کریستالهای مایع و سیستم ذرات معلق قابلیت استفاده در ساخت پنجره های هوشمند را دارند. در بسیاری موارد مواد هوشمند قابل استفاده در پنجره ها می توانند بجای یکدیگر استفاده شوند بطور مثال الکترو کرومیک ها، کریستال مایع و موادی با ذرات معلق همگی در کنترل هدایت نور و گرما کاربرد دارند، بیشترین تفاوت این مواد در فعال شدن آنها توسط جریان الکتریسیته یا بوسیله عوامل محیطی است.

در اواخر دهه ۱۹۸۰ زمانی که معماران شروع به تفکر در مورد پنجره های هوشمند کردند آرزوی آنها دستیابی به شیشه هایی بود که مستقیماً به تغییرات محیطی پاسخ گویند. تکنولوژی استفاده از فتوکرومیک ها برای ساخت عینک های آفتابی پیشرفت کرده بود و لنز عینک های آفتابی در معرض تابش نور تیره تر می شد. این تکنولوژی به یاری طراحان ساختمان شتافت. آنها می خواستند ساختمانها را با نماهای شیشه ای بپوشانند که علاوه بر معتدل کردن نور روز از هرگونه تابش های خورشیدی نا خواسته جلوگیری کند. عینک های آفتابی فقط به یک وضعیت پاسخ می دادند در حالی که ساختمانها مجبور به تعامل با وضعیت های چندانگانه ای بودند مخصوصاً شرایطی که بوسیله نوسانات حرارتی محیط بیرون به ساختمان تحمیل می شدند. مشکل سازترین وضعیت در عرضهای جغرافیایی شمالی در زمستان بود که زاویه تابش کم خورشید در عین کم بودن دمای بیرون درخشندگی زیادی تولید میکند. واکنش بهینه برای این دو وضعیت با هم متضادند زاویه خورشید موجب تیره شدن فتوکرومیکها و در عین حال کاهش هدایت تابشی می شد اما کاهش رسانایی از محیط داخل به محیط بیرون نسبتاً این وضعیت را جبران می کرد. نگرانیهایی نیز در مورد رنگ فتوکرومیک ها وجود داشتند. با افزودن شیمیایی مواد جدیدی به فتوکرومیک ها هنوز رنگ شیشه خاکستری یا قهوه ای بود که هیچ کدام رنگ مناسبی برای نمای ساختمانها نبودند. ترموکرومیکها جوابگوی بهتری برای مسایل حرارتی بودند ولی مشکل این بود که بسیاری از طیفهای نوری را از بین میبردند و دید بصری را بسیار محدود می کردند.

در نتیجه این تجربیات و تحقیقات ساختمان سازان به این نتیجه رسیدند که هر ماده ای که برای نمای ساختمان استفاده می شود باید تعامل خوبی با مسایل دید، حرارت و نور داشته باشد، همچنین این مواد در مقابل شستشو مقاوم بوده و بین نور مصنوعی داخل و نور طبیعی بیرون تعادل ایجاد نمایند، بسیاری از اینگونه مواد برای اینکه کارکرد خود را حفظ نمایند نیاز به انرژی الکتریکی دارند آزمایشها نشان دادند که فتوکرومیکها نسبت به کریستال مایع کارکرد بهتری دارند چرا که آنها فقط برای تغییر وضعیت درونی از حالتی به حالت دیگر نیاز به انرژی الکتریکی دارند و برای حفظ حالت دیگر نیازی به انرژی نیست در حالیکه کریستالهای مایع برای باقی ماندن در حالت شفافیت نیز نیاز به انرژی الکتریکی دارند.



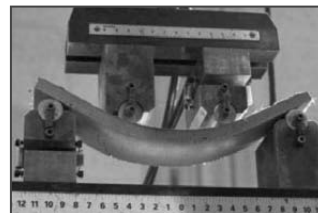
۸-۳- سیستم های انرژی

سه نوع انرژی در یک ساختمان مورد نیاز است حرارتی، مکانیکی و الکتریکی، انرژی حرارتی برای گرم و سرد کردن محیط و سردسازی و گرم سازی آب و پختن مورد نیاز است، انرژی مکانیکی برای فن ها، موتورها، کمپرسورها، پمپ ها و.. مورد نیاز است و انرژی الکتریکی مستقیماً مورد نیاز برای روشنایی و لوازم مربوط به کامپیوتر و تلویزیونها می باشد. بسیاری از تجهیزات مکانیکی نیاز به الکتریسیته دارند و همچنین بر آورده کردن نیازهای حرارتی ساختمان نیز بدون استفاده از برق کاری سخت به نظر میرسد، به نظر می رسد دو نوع انرژی دیگر مورد نیاز ساختمانها نیز مستقیماً به انرژی برق وابسته است.

بطور واضح پیشرفت و سرمایه گذاری روی سیستم هایی که موجب کاهش مصرف در انرژی برق شود بسیار مهم بوده و بخشی از توجه به مصالح هوشمند در این راستاست و توجهی که به سیستم های روشنایی و نماها شده در این بخش نشده است.

تصویر شماره ۸: طرح شماتیک فتوولتائیک

تصویر شماره ۹: بتن خود ترمیم با قابلیت خم شدن



بیشتر توجه ها صرف جایگزینی تولید الکتروسیسته بر مبنای سوخته‌های فسیلی با تولید فتوولتاییکها شده است، شاید تصور شود تولید برق با سوخته‌های فسیلی مسله اصلی ساختمانها نیست اما مساله اصلی در این رابطه کوچک کردن فتوولتاییک ها به اندازه کافی برای استفاده در مقیاس ساختمانها می باشد تا بتوانند بطور مثال در نمای ساختمانها مورد استفاده قرار گیرند. با وجود اینکه فعلا برق حاصل از فتوولتاییک ها قابلیت وصل و استفاده در شبکه برق شهری را ندارد با اینحال فتوولتاییک ها استراتژی خط مقدم برای ساختمان های سبز می باشند. به سیستم های دیگر کاربرد مواد هوشمند از قبیل ترمو الکتريکها در مقایسه با فتوولتاییک ها یی در مقیاس ساختمانی توجه کمتری شده است.

۹- پیشرفت‌های اخیر

۹-۱- دیوارهای خود پاک شونده : شکوفایی جمعیت و روند شهری شدن پس از انقلاب صنعتی ، هجومی از انواع آلاینده ها و مواد سمی خطرناک را برای شهرنشینان سراسر جهان به همراه آورده است و از این رو دانشمندان همواره در پی یافتن راهکارهای جدید برای کاهش انتشار آلاینده ها توام با ایجاد شرایط بهتر برای زندگی جوامع ساکن در شهرهای بزرگ بوده اند. دیوارهای هوشمند که بوسیله دانشمندان سوئدی و فنلاندی ساخته شده اند می تواند به پاکیزگی شهرهای بزرگ و کاهش آلودگی هوا در آنها کمک کند. این مواد قادرند به هنگام قرارگیری در معرض نور خورشید یا باران آلودگی ها را بشویند و در خود حل کنند.

۹-۲- بتن خود ترمیم: پژوهشگران دانشگاه میشیگان نیز دست به تهیه بتونی زدند که قابلیت ترمیم خود را دارد. این نوع بتن در اثر بارگذاری قابلیت خم شدن داشته بجای تعداد کم ترکهای بزرگ تعداد بسیار زیادی ترکهایی با مقیاس میکرومتر پیدا می کند.

نتیجه گیری

تحقیق و پژوهش بر روی مواد جدید افق های جدیدی را فراروی طراحان معمار و سازه قرار می دهد. هوشمند سازی و بطور خاص استفاده از مواد و مصالح هوشمند که نسبت به مسایل محیطی واکنش نشان می دهند موجب صرفه جویی ، تسهیل در تعمیر و نگهداری بناها ، عمر مفید بیشتر ساختمانها، طراحی سازه هایی با امنیت بیشتر و ایجاد آسایش و اطمینان برای ساکنان ساختمانها و طراحی های خلاقانه تر معماری می شود. آنچه مسلم است علوم بشری در زمینه شناخت و تحقیق بر روی مواد و مصالح هوشمند با خصوصیاتی قابل دستکاری در ابتدای راه است و در این زمینه نیاز به پژوهشها، سرمایه گذاریهای بیشتر و همچنین استاندارد سازی و تجارب عملی اینگونه مواد برای مصارف عمومی تر در ساختمانها بیش از پیش احساس می شود.

منابع و ماخذ:

۱. Centuries of Materials ۲۰ S. van der Zwaag (Editor). "Self-healing Materials: an Alternative Approach to Science" ۲۰۰۷. (Dordrecht, The Netherlands: Springer).
۲. Architectural press, ۲۰۰۵, "D. Michelle Addington," smart materials and new technologies.
۳. Duerig T.W, Melton K.N, Stoeckel D., Wayman C.M., Engineering aspects of shape memory alloys, Butterworth heinemann Ltd: London ۱۹۹۰.
۴. T. Fukuda and T. Kosaka 'Cure and health monitoring', in Encyclopedia of Smart Materials, vol. I, ed. M Burle Industries, Inc, ۱۰۰ Fiber-optics: theory and applications, Technical, Memorandum.
۵. Smart Materials and Technologies in Architecture. Harvard Design (۲۰۰۲). M., Kienzl, N. and Schodek, D School Design
۶. High Technology-Vol. ۳, J. Holnicki-szulc and J. Rodellar (eds), Smart Structures.
۷. Detection of impact location and Magnitude for Isotropic plates (۱۹۹۷) Jones, R.T., Sirkis, J.S., and Friebele, E.J.
۸. Using Neural Networks, Journal of Intelligent material systems and Structures