



نقش مصالح هوشمند (نانو تکنولوژی) با تأکید بر کاهش مصرف انرژی در صنعت ساخت و ساز

ملیکا سعادت^۱، حسن سجادزاده^{۲*}، سعید کامیابی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی معماری، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی معماری و هنر، واحد همدان، دانشگاه بو علی، همدان، ایران

۳- استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

* شهر: تهران، صندوق پستی: ۱۹۸۱۷۷۶۴۸۳، Saadati.melika.arc@gmail.com

چکیده

امروزه در بین فناوری های نوین ساختمان علمی نوین و بسیار کارآمد با عنوان نانو تکنولوژی مطرح می باشد که از مزایای مهم فناوری نانو می توان به کاربردهای بی شمار آن در صنعت ساختمان اشاره نمود. هدف نهایی از بررسی مواد در مقیاس نانو، یافتن طبقه جدیدی از مصالح ساختمانی با عملکرد بالا می باشد، که می توان به عنوان مصالحی با عملکرد بالا و چند منظوره اطلاق نمود. منظور از عملکرد چند منظوره، ظهور خواصی جدید و متفاوت نسبت به خواص مواد معمولی می باشد به گونه ای که مصالح بتوانند کاربردهای گوناگونی را ارائه نمایند. فناوری نانو در صنایع ساختمان هم نقش بسزایی دارد، در این راستا بیشترین سهم را صنایع فولاد، شیشه و بتن ایفا می کنند. از دستاوردهای فن آوری مصالح هوشمند می توان به کاربرد آن در تولید، انتقال، مصرف و ذخیره سازی انرژی با کارایی بالا اشاره کرد. متخصصان علم نانو بر این باورند، فناوری این علم افق های تازه ای رابه دنیای انسان ها بالاخص در زمینه ی مصالح ساختمانی باز خواهد کرد. در این مقاله که تحقیقات آن بر مبنای مطالعات کتابخانه ای و جستجوهای اینترنتی، به روش توصیفی- تحلیلی ارائه می شود؛ سعی بر آن است تا با معرفی نانو موادها و کاربرد آنها در صنعت ساختمان، به چگونگی عملکرد نانو مواد در فناوری های نوین ساختمان با تعریف زیر ساختهای موجود برای پایداری محیط ساخته شده بپردازد.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: ۷ دی ۱۳۹۷

پذیرش: ۲۲ اسفند ۱۳۹۷

ارائه در سایت: ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۸

کلیدواژگان

فناوری های نوین ساختمان

فناوری نانو

مصالح ساختمانی

ذخیره سازی انرژی

نانو تکنولوژی

The role of smart materials (nano-technology) with an emphasis on energy efficiency in the construction industry

Melika Saadati^{1*}, Hasan Sajadzadeh², Saeid Kamyabi³

1- Science and Research Branch of Semnan, Islamic Azad University, Semnan, Iran.

2- Assistant Professor Faculty of Arts and Architecture, National University, Bu Ali Sina, Hamedan, Iran

3- Strategic Center for Energy and Sustainable Development, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

* P.O.B. 1981776483 Tehran, Iran, saadati.melika.arc@gmail.com

Article Information

Original Research Paper

Received 28 December 2019

Accepted 13 March 2019

Available Online 15 May 2019

Keywords

ABSTRACT

Today, in modern technology and highly efficient building new science of nanotechnology is introduced as an important benefit numerous applications of nanotechnology can be noted in the construction industry. The ultimate goal of the study of materials at the nanoscale, finding a new class of materials with high performance, which can be defined as materials

Please cite this article using:

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Melika Saadati, Hasan Sajadzadeh, Saeid Kamyabi, The role of smart materials (nano-technology) with an emphasis on energy efficiency in the construction industry, Journal of Mechanical Engineering and Vibration, Vol. 10, No. 1, pp. 59-69, 2019 (In Persian)

Building new technologies,
nanotechnologies
Materials
energy storage,
nanotechnology

with high performance and multi-functional. The multi-purpose function, the emergence of new and different properties than conventional material properties so that the materials can provide various applications. Nanotechnology in the construction industry also plays an important role in this regard, most of the steel, glass and concrete play. The technological achievements smart materials can be used in the generation, transmission, and consumption of energy storage with high performance noted. Experts believe nano science, technology, science new horizons will open into the human world, especially in the field of construction materials. In this paper, the research is based on literature review and Internet searches, analytical methods are available; We tried to introduce nano-materials and their application building industry, on how the nano-material technologies of building infrastructure with the definition of pay for the sustainability of the built environment.

در فناوری نانو، برای ساخت، دو روش در نظر گرفته می شود: روش ساخت پایین به بالا و روش ساخت بالا به پایین. در روش ساخت پایین به بالا، وسایل و مواد از سطح مولکولی بر اساس اصول شیمی مولکولی ساخته می شوند. درست مانند یک دیوار که از روی هم گذاشتن آجر به آجر ساخته می شود. [1] امروزه فناوری نانو، در ساخت پلیمرهایی با ساختار مولکولی و طراحی تراشه های کامپیوتری کاربرد دارد. همچنین از این فناوری در ساخت مواد آرایشی، انواع پوشش ها و روکش های محافظتی و لباسهای مقاوم و همچنین در صنایع مختلف از جمله صنعت ساختمان، جهت تولید مصالح با ویژگی ها و خصوصیات بهتر در راستای رسیدن به نتایج بهتری به لحاظ مقاومت، حفظ انرژی، عمر مصالح، بهداشت و بسیاری از موارد دیگر استفاده می شود. [1]

حرفه معماری امروزه بیش از هر زمان دیگری با گستره عظیمی از مواد و مصالح رو به رو است اگر چه انتخاب محصولاتی که کمترین اثرات زیست محیطی را به دنبال دارند مهمترین مساله در انتخاب مواد و مصالح پایدار است، ولی باید سایر جنبه های آن همانند زیبایی و کیفیت بصری، قابل مرمت و نگهداری بودن، دسترسی راحت و ارزان به آنها را نیز مد نظر داشت. مصالح در طول چرخه خود بر محیط تاثیر می گذارند و مقیاس تاثیر گذاری آنها می تواند حتی گستره عظیم جهان را نیز در بر گیرد. مثلا استفاده از برخی مواد می تواند به افزایش دمای کره زمین منجر شده و بر آن تاثیر زیادی داشته باشد. در توسعه پایدار مصالح ساختمانی نقش مهمی دارند. این مصالح باید با کیفیت بالایی تولید شوند، دارای مواد سمی نباشند، برگشت پذیر بوده و در طول تمام چرخه زندگی خود، باعث صرفه جویی در مصرف انرژی شوند. این نکته هم راستا با خاستگاه های اقتصادی و اجتماعی توسعه پایدار نیز می باشد. [2]

۱- مقدمه

معرفی علم نانو

نانو علمی است که در آن به مطالعه خواص نانو مواد، تولید و استفاده از آنها در بهبود بخشیدن خواص و ویژگی های مواد استفاده می شود. چرا که بسیاری از خواص ماده در ابعاد نانومتری، متفاوت از خواص در ابعاد ماکروسکوپی می باشد.

فناوری نانو یک زمینه بین رشته ای است که در محدوده علوم کاربردی مختلفی نظیر فیزیک، مواد، الکترونیک و غیره وارد شده است. فناوری نانو، خود به تنهایی یک علم نیست؛ بلکه با استفاده از آن می توان به کاربردی کردن علوم مختلف کمک کرد. فناوری نانو به سه صورت تعریف می شود:

۱- فناوری نانو تحقیقات و مطالعه ی مواد و خصوصیات آنها در محدوده ۱-۱۰۰ نانومتر را در بر می گیرد.

۲- با کمک فناوری نانو ساختارهای نانویی را می توان خلق کرد که خصوصیات آنها با ساختارهای ماکروسکوپی همان مواد متفاوت است.

۳- با کمک فناوری نانو نمی توان از طریق کنترل خصوصیات، در آنها تغییراتی ایجاد کرد.

زمانی که مواد در مقیاس نانو مطالعه و بررسی می شوند، واکنش ها و رفتار آنها در مقایسه با حالتی که مطالعه در سطح مولکولی انجام می شوند کاملا متفاوت است؛ چرا که در این قلمرو خصوصیات فیزیکی مواد تغییر می کند. این درست مانند این است که توپی را در محفظه ای بیندازید و توپ دیگری را از آن محفظه بیرون آورید! تفاوت در قلمرو نانو به اندازه ای است که حتی رنگ، نقطه ذوب، خصوصیات شیمیایی و غیره مواد در خارج از این محدوده کاملا متفاوت است.

۱. کاهش مصرف منابع غیر قابل تجدید
 ۲. توسعه محیط طبیعی
 ۳. حذف یا کاهش مصرف مواد سمی و یا آسیب رسان بر طبیعت، در صنعت ساختمان سازی
 تکنیک های ساختمان سازی تلاشی در جهت تأمین کیفیت یکپارچه، از نظر اقتصادی، اجتماعی و محیطی است. استفاده معقول از منابع طبیعی و مدیریت مناسب ساختمان سازی به حفظ منابع طبیعی محدود و کاهش مصرف انرژی کمک نموده (محافظت از انرژی) و باعث بهبود کیفیت محیطی می شود. کیفیت اساس طراحی پایدار می باشد. کیفیت مطلوب بدون توجه به طبیعت فراهم نمی شود و همچنین استفاده از مصالح با قابلیت ماندگاری طولانی نیز باید در نظر گرفته شود. رسیدن به استانداردهای بالای کیفیت، امنیت و آسایش که در واقع سلامت انسانها را تأمین می کند از مهمترین اهداف معماری پایدار است که رسیدن به چنین شرایطی با استفاده از مدیریت کارآمد و به کارگیری آخرین تکنولوژی ها صورت می گیرد.

۲- روش تحقیق

این پژوهش در راستای دستیابی به بهره گیری از تکنولوژی نانو در شاخه معماری می پردازد. در راه رسیدن به این مهم، به بیان داده ها به روش توصیفی - تحلیلی و تطبیقی - کاربردی و هم بستگی اقدام نموده و از طریق یک سری مطالعات کتابخانه ای و در جهت پی بردن به اصول معماری صورت گرفته است. به همین منظور در ابتدا مفاهیم اصلی مرتبط با موضوع ارزیابی و تعریف شده اند و سپس ضمن ذکر اهمیت و جایگاه نقش نانو در صنعت ساختمان را بمرور بررسی قرار می دهیم. در ادامه، با استفاده از پژوهش های پیشین و دیدگاه های اندیشمندان و صاحب نظران تأثیرات به کارگیری از مصالح ساختمانی را در معماری مورد تحلیل قرار می دهیم. امید است که با این تلاش بتوانیم نقشی در شناخت و به کارگیری مصالح نانو در ساخت فضاهای مدرن داشته و گامی ارزشمند در راستای صرفه جویی در انرژی برداشته باشیم.

۳- پیشینه تحقیق

از عهد ماقبل تاریخ، زندگی بشر با توانایی او در استفاده از مصالح، متحول شده است و بر همین اساس است که تاریخ دانان، عرصه های مختلف را با نام هایی همچون عصر سنگ عصر برنز عصر آهن و مواردی این چنین نامگذاری کرده اند. شاید ده ها هزار سال بعد آیندگان درباره پیشرفت های ۵۰ سال گذشته انسان در زمینه

فناوری نانو با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد را از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، ظرفیت بار و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب شیمیایی به وجود می آورد. بسیاری از خواص یک ماده از قبیل رنگ، استحکام و شکنندگی قابل کنترل می گردد. امکان تهیه مصالح مناسب و با ویژگی های مورد نظر در بخشهای مختلف ساختمان و تاسیسات و تجهیزات سرمایی و گرمایی وابسته به آن با توجه به نیازها و خواسته های ما، برای کاهش مصرف انرژی به صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش بسزایی خواهد داشت. در بخش مواد و مصالح ساختمانی و تاسیسات ساختمانی می توان به عمر زیاد، ضربه پذیری زیاد، شکنندگی کم و تغییر شکل های ناچیز اشاره نمود. به طور مثال می توان به نمونه هایی از کاربرد های فناوری نانو اشاره کرد. ساخت مصالح بسیار مقاوم در برابر نشست که می تواند در ساخت تاسیسات مورد نیاز ساختمانی به کار گرفته شود، بهبود عملکرد لوله های انتقال آب، بالا بودن بازده الکتریکی و مکانیکی تاسیسات ساختمان ها، مقاوم سازی مصالح، عدم نیاز به عایق کاری جداگانه در این گونه مصالح و پاسخگویی به شرایط مختلف اقلیمی کشور. ساخت شیشه های خود تمیزشونده که حتی مشکل تمیزکاری پنجره ها بخصوص در ساختمان های بلند را از میان بر می دارد، با کمک فناوری نانو حاصل شده است و برای ساختمان ها می توان علاوه بر جلوگیری از اتلاف انرژی در بخشهای مختلف و استفاده بهینه انرژی در ساختمان، به حفظ و نگهداری ساختمان برای مدت طولانی و مقاوم سازی آن حتی برای حوادث غیرمترقبه (با صرفه اقتصادی) دست یافت. [3]

از فناوری نانو به عنوان «روا نکننده» و «رنسانس فناوری» یاد می شود. ورود محصولات متکی «جریان سرمایه گذاری بر این فناوری جهشی بس عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و توانایی های دفاعی و زیست محیطی به همراه خواهد داشت و موجب بروز جا به جایی های بزرگ اقتصادی خواهد شد. [1]

۲- معماری پایدار

در راستای کاربرد مفاهیم پایدار و توسعه پایدار در معماری، مبحث «معماری پایدار» یا «معماری سبز» کوششی است برای حفظ محیط زیست، آسایش برای انسانها، ساختمانی که کمترین ناسازگاری و مغایرت را با محیط طبیعی پیرامون خود و در پهنه وسیع تر با منطقه و جهان دارد، «ساختمان سبز» یا «پایدار» نامیده می شود که هدف از طراحی این ساختمان ها کاهش آسیب بر روی محیط، منابع انرژی و طبیعت است و شامل قوانین ذیل می باشد:

پیمایشی و غیره، نتوانسته حوزه مشخصی برای این فناوری تعیین کند.

اولین بار ریچارد فاینمن در سال ۱۹۵۹ طی سخنرانی خود با بیان امکان به راه اندازی فرایندی برای دستکاری اتمها و مولکولها با استفاده از ابزارهای دقیق، سبب شد تا افکار به سمت توسعه چنین امکانی متمایل شوند. در سال ۱۹۷۴، پروفیسور نوریو تانیگوچی، مدرس دانشگاه علوم توکیو، نخستین بار واژه "فناوری نانو" را بکار گرفت. او در مقاله ای با نام "مفهوم اساسی فناوری نانو" اشاره می کند که فناوری نانو اساساً مجموعه ای از فرایندهای تفکیک، ادغام و تشکیل مواد در حد یک اتم یا یک مولکول است. در دهه ۱۹۸۰، ایده ی این تعریف به طور وسیع تر توسط دکتر درکسلر (نویسنده کتاب موتورهای خلقت) مورد بررسی قرار گرفت.

فناوری نانو و نانوعلوم، در اوایل دهه ۱۹۸۰ با تولد علم کلاستر و اختراع میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی آغاز به کار کرد. این توسعه، سبب کشف فولرین در سال ۱۹۸۶ و نانولوله های کربنی طی چند سال بعد شد.

۴- یافته های تحقیق:

در این قسمت به به کارگیری مصالح نانو در پیشرفت علم معماری در جهت پایداری بهتر و طولانی مدت تر می پردازیم.

۴-۱- کاربرد مواد نانو در ساختمان سازی:

۴-۱-۱- نانو کابل ها:

کابل های فولادی با استحکام بالا در ساخت پل ها به خصوص پل های معلق مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از کابل های قوی باعث کاهش هزینه ها و زمان ساخت سازه ها می شود. مطالعات و تحقیقات در زمینه اصلاح فاز سمنتیت (Fe₃C) فولاد در ابعاد نانو باعث تولید کابل های قوی شده است. [7]

۴-۲- بتن:

بتن ماده ای با ساختار نانو، چند فازی و با اجزا مختلف است. این ساختار شامل فازهای نامنظم کریستالی از ابعاد میکرومتر تا نانومتر می باشد. [۵] فاز غیر بلوری و نانو ساختار کلسیم-سیلیکات-هیدرات (C-H-S) باعث ایجاد چسبندگی می شود که اجزا بتن را به هم می چسباند. [9]

علوم (مانند فیزیک، شیمی، زیست شناسی) و فناوری (مانند مهندسی و دانش رایانه) بنویسند که این پیشرفت ها که در آستانه هزاره ی سوم میلادی رخ می دهد) نیز براساس نحوه استفاده ما از مصالح بنا نهاده شده است.

تفاوت اصلی نسل های هوشمند یعنی انسان های متفکر با نسل های پیشین در این بوده که آنان قابلیت طراحی و ساختن داشته اند. ساختن مستلزم استفاده از مصالح است. مصالح و مواد بود که مردمان پیشرفته تر را از پیشینیان متمایز می کرد و به راستی نامگذاری اعصار و دوران تاریخ بشری مانند عصر سنگ، عصر مس برنز و عصر آهن براساس مصالح غالب آن زمان انجام شده است. [4]

هموماً با توجه به دوره زمانی دستیابی بشر به عناصر و مواد کشف شده، تقسیم بندی ادوار زندگی بشر صورت می گیرد؛ در عین حال مهمترین و مفیدترین یافته های بشر، وجه تسمیه همان دوره نیز می شود. ادوار تاریخی از عصر سنگ آغاز شده و به ترتیب عصر برنز، عصر آهن و ... می باشند. عصر جدید را با توجه به کشف مواد هوشمند و قابلیت های بالقوه آن می توان عصر "مواد هوشمند" نامید. [5]

بی شک استفاده از فناوری های نوین در صنعت ساختمان متناسب با محیط پیرامون ساختمان ها باعث دوام، ماندگاری و کارکرد مؤثرتر ساختمان ها خواهد بود. ساختمان ها بخش مهمی از ثروت ملی ما محسوب می شوند. معمار آلمانی آکسل ریتر می گوید "استفاده از مواد و مصالحی که خصوصیات آنها تحت اثر گرما، نور یا رطوبت تغییر پیدا می کنند موجب انقلابی در معماری خواهد شد. ساختمان های آینده قادر خواهند بود که رنگ، اندازه و شکل خود را در تبادل با محیط پیرامون تغییر دهند. معماران آینده قادر به طراحی ساختمان هایی خواهند بود که هندسه آنها مطابق با وزن انسان هایی که درون ساختمان هستند تغییر یابند. [6]

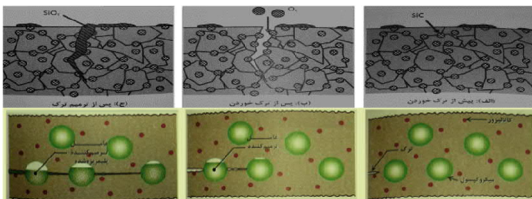
علم نانو و علوم مرتبط با آن چندان جدید نیستند، چرا که صدها سال است که شیمیدانان از تکنیک هایی در کار خود استفاده می کنند که بی شباهت به تکنیک های امروزی نانو نیست. پنجره های رنگارنگ کلیساهای قرون وسطی، شمشیرهای یافت شده در حفاری های سرزمین های مسلمانان، همگی گویای این مطلب هستند که بشر مدت هاست که از برخی شگردهای این فناوری در بهینه کردن فرایندها و ساخت اشیاء با کیفیت بهتر، بهره می برده است؛ اما تنها به دلیل پیشرفت کم فناوری و نبود امکانات امروزی مانند میکروسکوپ نیروی اتمی، میکروسکوپ تونلی

سلسیوس، همساز بودن با انواع رشته ها و فیبرهای موجود، قابلیت استفاده با نانو مواد های موجود مثل نانو سیلیکا و مشخصات غیر سمی بتن، می توان به صورت موثر برای ساختن ماده ای جدید با قابلیت های فوق العاده به کار رود. یکی از کاربردهای مهم این مواد جدید برای پوشش بتن است، پوشش های پایه سیمانی موجود می بایست ضخیم بوده و برای بهبود چسبندگی آن ها نیاز به افزودن مواد پلیمری است. نانو سیمان ها یک الگوی جدید در این حیطه ارائه خواهند داد. می توان با مواد و تکنیک های جدید، پوشش های نانو متری با مشخصه های خاص مثل مقاومت در برابر سایش، مقاومت در برابر حرارت و پوشش ها با خاصیت الکتریکی تولید کرد، همچنین می توان پوشش هایی ساخت که حرارت کمتری تولید کنند و در نتیجه اصطکاک کاهش یابد. پوشش ها می توانند خود تمیز شوند و خود ترمیم کننده باشند. سطوح بودن ترک دیگر یک آرزوی دور از دسترس نیست. با تکنولوژی نانو، تصور ما از بتن متحول خواهد شد. [10]

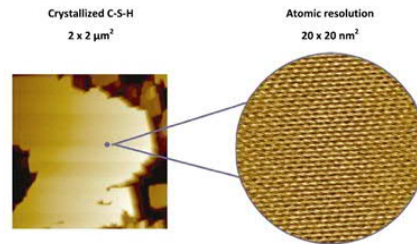


شکل ۳- الف) پوشش خود تمیز شونده، ساخته شده با نانو ذرات [10] ب) برج MM در یوکوهامای ژاپن با سطح خود تمیز شونده ۲-۴-۱ بتن های خود ترمیم شونده:

یکی از نگرانی های مهندسين در مورد بتن، ترک خوردن آن است. ترک ها باعث نفوذ مواد مضر، کاهش عمر بتن و کاهش عملکرد سازه ای آن می گردد. اخیراً تحقیقاتی انجام شده که در آن ریز کپسول های حاوی پر کننده های ترک در مخلوط بتن قرار داده می شود. زمانی که در بتن ترک ایجاد می شود این کپسول ها شکسته شده و مواد داخل آن فضای ترک را پر می کند.



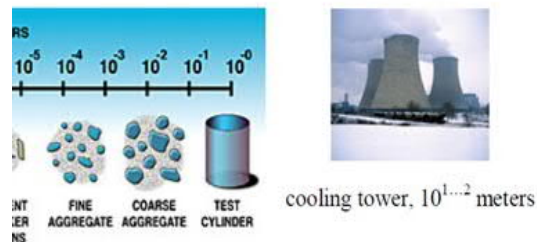
شکل ۴- نمونه هایی از فرایندهای خود ترمیم شونده [11]



شکل ۹- ساختار نانو مقیاس از کریستال C-H-S [9]

بتن در مقیاس نانو شامل ملکول ها، سطوح (دانه ها و فیبرها) و پیوندهای شیمیایی است. مشخصاتی که این مقیاس را توصیف می کنند شامل: ساختارهای ملکولی، گروه های عمل گر سطحی (surface functional groups)، طول پیوندها، مقاومت (انرژی) و دانسیته می باشد. ساختار غیر بلوری و فاز های کریستالی و محدوده های میان فازی، در این مقیاس به وجود می آیند. مشخصات و فرایندها در مقیاس نانو، تعامل بین ذرات و فازها در مقیاس میکرو و اثرات بارهای اعمالی و کلا محیط پیرامون در مقیاس ماکرو، را تعریف می کند. به عبارت دیگر تمامی مشخصات مهندسی در یک توده بتن به فرایندهایی مربوط است که در نانو مقیاس اتفاق می افتد. [9]

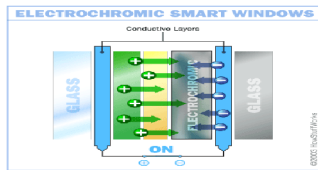
فعالیت های تحقیقاتی اخیر در زمینه نانو تکنولوژی در بتن شامل: بررسی ذاتی هیدراسیون در سیمان، تاثیر اضافه کردن نانو سیلیکا به بتن، اضافه کردن نانو ذرات به سیمان، بتن و پوشش های سیمانی و مشاهده تاثیرات آن ها بر رفتار و مشخصات ایجاد شده است. [10]



شکل ۲- مقیاس اجزا مختلف بتن و یک کاربرد آن [10]

در دنیای امروز بتن بعد از آب پر استفاده ترین ماده در جهان محسوب می شود. با استفاده از ویژگی های منحصر به فرد این ماده مثل: عمل آوری در دمای معمولی، خزش کم، قابلیت شکل گیری در قالب های پیچیده، مقاومت حرارتی تا دمای ۶۰۰ درجه

۳-۴ شیشه:



شکل ۵- تصویر شبیه سازی شده از شیشه های الکتروکرومیک (انواع ذخیره سازی یونی) [۱۱]

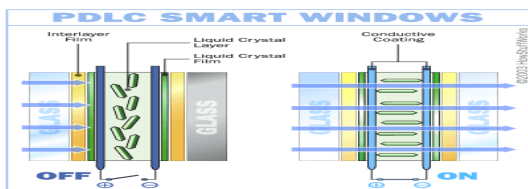
۳-۴-۱ شیشه های هوشمند (نوع کریستال مایع):

ساختمان درونی این شیشه تشکیل شده از دو لایه شفاف قلع به عنوان الکترومی باشد که لایه ای از کریستال مایع بین آنها ساندویچ شده است. با گذراندن جریان الکتریسیته از فیلم کریستال مایع شیشه شفاف می شود. با قطع جریان کریستال ها با جهت گیری تصادفی خود در فضا موجب پخش کردن نور، و در نتیجه مات شدن شیشه می شوند. (شکل ۱۰)

این تکنولوژی کاربردهای فراوانی دارد. به عنوان مثال شیشه ای را تصور کنید که قابلیت تغییر از حالت شفاف به حالت کدر، توسط یک کلید را داشته باشد. می توان از این شیشه برای پنجره خانه (در حالت نیاز به ایجاد عدم دید)، برای جلوی فروشگاه ها در شب و همچنین حمام استفاده کرد. با وجود اینکه استفاده از این شیشه خصوصی هنوز متداول نشده است اما نمونه های زیادی از آن در تمام دنیا وجود دارد.



شکل ۶- از شیشه های الکتروکرومیک می توان برای داشتن محیط های مجزا استفاده کرد.



شکل ۷- نمایش نحوه عملکرد شیشه های الکتروکرومیک (انواع فیلم کریستال مایع) [12]

۳-۴-۲ پنجره های هوشمند (آرایه های نانوسیمی پلی آنیلین):

حدود یک سوم انرژی یک ساختمان از طریق پنجره ها هدر می رود. به همین دلیل تلاش برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها بر روی پنجره ها متمرکز شده است. مطالعات زیادی برای یافتن روش های ذخیره انرژی صورت گرفته و نیاز به ذخیره انرژی باعث شده تا انواع جدیدی از پنجره های شیشه ای در ساختمان ها و همچنین در دیوارهای سالن کنفرانس در اداره ها به کار برده شود. این تکنولوژی کاربردهای فراوانی دارد. به عنوان مثال شیشه ای را تصور کنید که قابلیت تغییر از حالت شفاف به حالت کدر، توسط یک کلید را داشته باشد. می توان از این شیشه برای پنجره خانه (در حالت نیاز به ایجاد عدم دید)، برای جلوی فروشگاه ها در شب و همچنین حمام استفاده کرد. با وجود اینکه استفاده از این شیشه خصوصی، هنوز متداول نشده است اما نمونه های زیادی در تمام دنیا وجود دارد. اما پنجره های هوشمند موجود، از پنجره های الکتروکرومیک گرفته تا پنجره های با ذرات معلق، همگی به کمک ما شتافته تا به طریق هوشمند به کنترل و بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان ها و اماکن عمومی کمک کند.

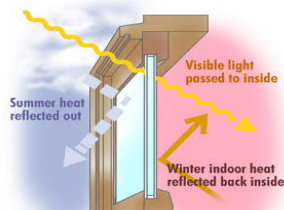
تصور کنید که در یکی از گرم ترین روزهای آفتابی در تابستان، نور خورشید مستقیماً به اتاق شما می تابد و هیچ راه گریزی به جز استفاده از پنجره هایی با شیشه های دودی برای متعادل تر کردن گرما و نور اتاق ندارید. همچنین دوست دارید تا تنها زمانی که نور شدت دارد شیشه درست مانند عینک های فتوکرومیک دودی شوند.

شیشه های الکتروکروماتیک دسته ای از شیشه ها هوشمند از الکتروکروماتیک ها بهره می برند. الکتروکروماتیک ها موادی هستند که رنگ آنها در اثر جریان الکتریکی تغییر می کنند. جریان الکتریسته با ایجاد واکنش شیمیایی سبب تغییرات خصوصیات مواد می شود و کاری می کند تا آنها نور را جذب یا منعکس کنند. امروزه از صنعت الکترونیک در ساخت این نوع از شیشه های پنجره استفاده می شود.

نور خورشید به شیشه ها می تابد، اما از طرفی جریان الکتریکی برقرار شده، سبب می شود تا یون ها از لایه ذخیره یونی به سمت لایه هدایت یونی حرکت کرده و به لایه الکتروکروماتیکی رجعت کنند و شیشه را شفاف نمایند. با قطع الکتریسته فرآیند برعکس عمل کرده شیشه مجدداً تیره می شود. یکی از ویژگی مواد الکتروکروماتیکی قابلیت تنظیم آنهاست به طوری که می توان شدت کدری آنها را با تغییر مقدار جریان تنظیم کرد.

۳-۴-۴ شیشه های کم گسیل با پوشش نانویی جهت کاهش مصرف انرژی:

در این راستا می توان با استفاده از روکش های نانویی بر روی شیشه پنجره ها، آن ها عایق و تبادل حرارتی را بهینه کرد و اصطلاحاً به شیشه خاصیت کم گسیل (Low emission) اضافه کرد. در این صورت نقش آنها در کاهش مصرف انرژی غیر قابل انکار خواهد بود.



شکل ۹- شیشه های کم گسیل باعث مدیریت انرژی می شوند.

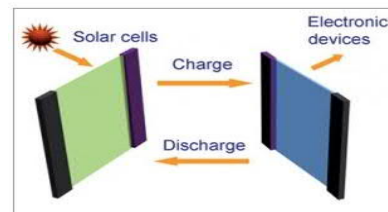
پوشش نانویی در شیشه های کم گسیل، اجازه عبور بخش مرئی طیف نور خورشید را می دهند، اما طیف حرارتی (امواج مادون قرمز) و امواج مضر (ماوراء بنفش) را منعکس و فیلتر می کنند. این شیشه ها انتقال حرارت ناشی از اختلاف دما که ترکیبی از پدیده های هدایت، جابجایی و تابش است را به مقدار زیادی کاهش می دهند و همچنین انتقال حرارت تابشی (کسب انرژی خورشید) را نیز تحت کنترل دارند. با توجه به مشخصات مذکور، استفاده از این نوع شیشه، مزایایی از جمله آسایش حرارتی در زمستان و تابستان، کاهش هزینه سالانه انرژی، جلوگیری از ورود اشعه های مضر خورشید همراه با تأمین روشنایی مناسب برای ساختمان و در نتیجه کاهش هزینه مورد نیاز برای روشنایی، را در بر دارد.

۴-۴-۴ پوشش های کاربردی:

برای حفظ استحکام ساختمان و وسایل داخل آن می توان از انواع پوشش ها استفاده کرد. از جمله این پوشش ها می توان به پوشش هایی اشاره کرد که بر روی سقف ساختمان ها قرار می گیرند و در زمستان و تابستان با تغییر رنگ خود به تیره یا روشن باعث حفظ انرژی می شوند. همچنین می توان با استفاده از دسته دیگری از پوشش ها مانع تخریب ابنیه تاریخی شویم و حتی باعث جلوگیری از فرسایش چوب، انواع بتن و اسکلت های فلزی گردیم. همه این موارد با استفاده از دانش نانو ممکن می شود و در این مقاله با تمامی موارد فوق آشنا خواهیم شد.

اخیراً دانشمندان، موفق به ساخت پنجره هایی شدند که در آن از ابرخازن ها استفاده شده بود. این ابرخازن ها درون پنجره های الکترونیکی قرار داده شده اند؛ پنجره هایی که قادر به تغییر رنگ هستند. زمانی که تابش نور خورشید شدید است، این پنجره ها نور را جذب کرده و در خود ذخیره می کنند، زمانی که ظرفیت این پنجره ها تکمیل شد، شیشه ها تاریک شده و عبور نور را محدود می کند. با این کار مقدار نور ورودی به خانه و دمای آن تحت کنترل در می آید و از سوی دیگر انرژی ذخیره شده در آن را می توان برای استفاده در ادوات الکترونیکی دیگر نظیر نمایشگرهای تلویزیونی به کار گرفت. با مصرف انرژی ذخیره شده در پنجره هوشمند توسط دیگر ادوات، خازن ها تخلیه شده و دوباره با جذب نور خورشید شارژ می شوند.

این پنجره های هوشمند از آرایه های نانوسیمی پلی آنیلین ساخته می شوند که روی یک فیلم شفاف رسوب داده شده اند؛ فیلم های شفاف، خود توسط لایه های رسانا پوشانده شده اند. این نانوسیم ها به وسیله یک ژل الکترولیتی پوشانده می شوند تا به عنوان الکتروود مورد استفاده قرار گیرند. دو الکتروود به صورت ساندویچی دور هم پیچیده می شوند تا یک ساختار جدید ایجاد شود. [12]



شکل ۸- شیشه هایی که نور خورشید را به الکتروسیسته تبدیل کرده و در ابر خازن ذخیره می کنند. [12]

۳-۴-۳ شیشه های محافظت شده در برابر آتش:

در مورد جداره های شیشه ای نیز، فناوری نانو به بهبود عمل حفاظت در مقابل آتش کمک می کند. در زمینه مقابله با آتش، همیشه برای شیشه یک نکته منفی وجود دارد و آن شکنندگی، شعله ور شدن و نشر دود ناشی از ذوب شیشه در هنگام وقوع حریق است. با استفاده از نانو ذرات، می توان شیشه های ضد حریق به وجود آورد که در اثر حرارت، یک پوشش اسفنج مانند (فوم مانند) را تشکیل می دهند که محافظت بهتری را در برابر آتش انجام می دهد. این جداره ها در مقایسه با نمونه های قبلی (تکنیک های گذشته) تقریباً ۵۰ درصد سبکتر هستند و اثر ضد حریق آنها ۲ برابر است

۴-۴-۱- محافظت در برابر خراشیدگی:

می توان با استفاده از نانوذرات سختی همچون دی اکسید سیلیس، روکش های مقاوم در برابر خراشیدگی تولید کرد. به عنوان مثال، می توان این نانوذرات را در یک بستر آلی وارد کرده و مقاومت رنگ لاک را در برابر خراشیدگی افزایش داد.

۴-۴-۲- نگهداری آثار باستانی و میراث فرهنگی با پوشش های نانویی:

آثار باستانی و بناهای تاریخی به عنوان سازه های بارز و میراث هر کشوری به شمار می روند. لذا لازم است که این بناها در مرحله اول به خوبی مرمت و بازسازی شوند و در مرحله بعدی از آن ها محافظت دائمی به عمل آورد.

فناوری نانو با ایجاد پوشش های پیشرفته جهت محافظت سطوح ابنیه، می تواند آنها را از تخریب با عوامل محیطی و تخریب توسط بازدیدکنندگان، به طور دائمی محافظت کند.

نانوپوشش های ابر آبگریز و ضد لک و همچنین مقاوم به جوهر و رنگ جهت جلوگیری از نوشتن یادگاری و تخریب که موسوم به AntiGraffiti نیز هستند، که می توانند ابنیه تاریخی و مهم و همچنین ساختمان های تجاری و اداری با نماهای گران قیمت را حفظ و حراست کنند.

امروزه محصولات ضد دست نوشته زیادی وجود دارد که به صورت شیمیایی مواد معدنی ابنیه باستانی ترکیب شده و در برابر خراش و شرایط بد آب و هوایی نیز مقاوم است. این مواد که در برابر اشعه UV نیز مقاومند، اجازه چسبیدن رنگ و دیگر ذرات آلاینده را به سطح بنا نمی دهند.

۴-۴-۳- استفاده از فناوری نانو جهت ایجاد سقف ساختمان:

یکی از مهم ترین بخش های یک واحد ساختمانی که نقش به سزایی در عملکرد بهینه ساختمان دارد، سقف و پوسته ساختمان است. استفاده از تکنولوژی های برتر در این بخش، یکی از مزایای رقابتی پیمان کاران ساختمان ها است.

فناوری نانو با استفاده از آبروژل ها تاکنون در این بخش نوآوری هایی داشته و کمک هایی مانند مقاوم سازی، عایق سازی حرارتی و رطوبتی، خاصیت خودتمیزشوندگی و از بین بردن آلودگی ها را به این بخش از ساختمان داده است. از طرفی پیشرفت های به وجود آمده در کوچک کردن ابعاد و افزایش راندمان سلول های خورشیدی به وسیله فناوری نانو، زمینه استفاده از سطح وسیع سقف ساختمان ها جهت تأمین انرژی آنها را نیز فراهم کرده است.

۵-۴- کاشی های تغییر رنگ دهنده برای جلوگیری از هدررفتن انرژی:

اگر تابه حال در یک روز آفتابی با پای برهنه به پشت بام خانه ی خود رفته باشید، با سوزش پای خود متوجه این پدیده می شوید که سطوح تیره گرما را جذب می کنند. این پدیده در زمستان می تواند برای ما خوب باشد؛ چرا که باعث کاهش هزینه ی سوخت می گردد. اما در تابستان با گرم تر کردن خانه، باعث استفاده ی بیش از حد از سیستم خنک کننده گردیده و خوشایند نمی باشد. دلیل این که بیشتر مردم تمایل به پشت بام های به رنگ سفید دارند، این است که از نظر بهینه سازی مصرف انرژی، مناسب تر می باشند. مسئله ی هدررفتن انرژی، مسئله کوچکی نیست که بتوان آن را نادیده گرفت.

استیو چو، وزیر انرژی امریکا، که از طرفداران سرسخت رنگ سفید برای پشت بام ساختمان ها می باشد، در این رابطه می گوید: در صورتی که پشت بام های تمام ساختمان های دنیا به رنگ سفید درآید، انتشار گازهای گلخانه ای در طول بیست سال را به اندازه ی یک سال تولید جهانی کاهش می دهد. اما برخی دیگر معتقدند که مثلاً در شهرهای شمالی و سردسیر دنیا، اتلاف زمستانی می تواند مهم تر از بهره ی تابستانی باشد. بنابراین راه حل ایده آل، آن است که در گرما از رنگ سفید و در سرما از رنگ مشکی برای پشت بام استفاده شود.

دانشجویان دانشگاه MIT، کاشی هایی را ابداع کرده اند که بر مبنای تغییر دما، تغییر رنگ می دهد؛ یعنی به هنگام گرم شدن، سفید شده و بخش اعظم گرمای خورشید را منعکس می کنند و موقع سرد شدن نیز سیاه شده و گرما را جذب می کنند.

در این طرح از محلول آبی نوعی پلیمر تجاری که معمولاً در ژل های مخصوص مو به کار می رود، استفاده شد. نمونه ی اولیه ی این محلول، در محفظه ای بین لایه های شیشه و پلاستیک و نمونه های بعدی بین لایه های پلاستیکی انعطاف پذیر با یک لایه ی سیاه در پشت محفظه قرار داده شد.

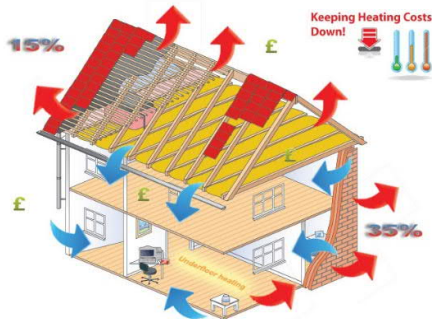
زمانی که دما از حدی پایین تر باشد (با تغییر فرمولاسیون می توان این دمای حدی را، تغییر داد)، پلیمر به صورت محلول باقی مانده و سطح سیاه از میان آن رویت می شود، و می تواند نور خورشید را بهتر جذب کند. اما هنگامی که دما بالا می رود، پلیمر متراکم شده و به قطرات کوچکی تبدیل می گردد که این قطرات به دلیل کوچک بودن، نور را پخش نموده و سطح سفیدی را ایجاد می کنند که گرمای خورشید را بازمی گرداند.



شکل ۱۱ - مقایسه دو بنای چوبی که یکی از آنها با پوشش های ضدحریق پوشش داده شده [13]

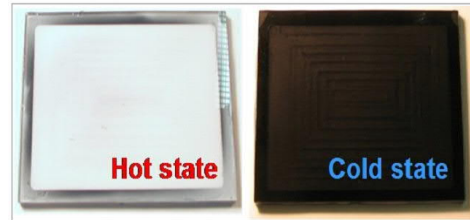
۷-۴-۲- روکش های عایق حرارتی:

مبنای مواد عایق، بر دارا بودن تعداد زیادی از حفرات است که تا حد امکان بتوانند هوا را در میان خود نگه دارند. مواد عایق، از خاصیت رسانش پایین هوا استفاده کرده و جلوی جریان آزاد هوا را می گیرند. بنابراین چگالی این مواد از اهمیت بالایی برخوردار است. هر چه چگالی کمتر باشد، هوای بیشتری درون ماده محدود شده و در نتیجه خاصیت عایق بندی آن افزایش می یابد. توانایی عایق بندی یک ماده مشخص همانند پشم شیشه را می توان با ضخیم کردن لایه عایق افزایش داد.



شکل ۱۲- میزان و منابع اتلاف انرژی در ساختمان

در این عرصه، مواد نانوحفره ای ویژگی های بسیار جالبی ارائه می دهند. آئروژل های سیلیکایی پایین ترین رسانایی و چگالی را در میان مواد جامد دارا هستند. برخی این مواد را دود منجمد شده می نامند. رسانایی حرارتی آنها می تواند تا حد $0.16/0 \text{ W/(m.K)}$ پایین بوده و چگالی $0.005 - 0.2$ گرم بر سانتی متر مکعب داشته باشند.



شکل ۱۰ - کاشی هایی با روکش پلیمری که متناسب با دمای هوا تغییر رنگ می دهند

۶-۴- افزایش ماندگاری چوب با استفاده از فناوری نانو:

قطع بی رویه درختان و دسترسی کمتر به چوب، در کنار شرایط آب و هوایی خاص، مانند گرم و مرطوب و دیگر عوامل محیطی که در طی گذشت زمان ممکن است باعث از بین رفتن کارایی چوب گردد، ما را به استفاده از فناوری های نوین که باعث بهبود این مواد و افزایش طول عمر آنها می شود، ناگزیر می کند. استفاده از نانوپوشش هایی نظیر انواع پوشش های اپوکسی در جهت بهبود خواص و افزایش عمر چوب از دیگر کاربردهای فناوری نانو در حوزه ساختمان است. با استفاده از این فناوری می توان خواصی مثل تمیز کنندگی، لکه بری، ظاهر واضح و افزایش کیفیت و کارایی سطوح و کف های چوبی را در ساختمان ها به وجود آورد.

۷-۴-۷- روکش ها

۷-۴-۱- روکش های انسدادی(مقاوم در برابر آتش):

ثابت شده است که افزودنی های نانو همچون نانوذرات رس (Clay) می توانند به عنوان عوامل ضدآتش در پلیمرها به کار رفته و یا عملکرد عوامل ضدآتش فعلی را بهبود بخشند. این نانوکامپوزیت ها در اثر سوختن، پوسته ای غیرقابل اشتعال تولید می کنند که به عنوان مانعی در برابر گازهای ناشی از حرارت عمل می کنند. به علاوه این افزودنی ها از چکیدن پلیمرهای در حال سوختن جلوگیری می کنند. و در نهایت با ایجاد یک لایه ضد نفوذ مانع رسیدن اکسیژن به بستر در حال سوختن می شوند. که هر سه مورد برای مهار آتش ضروری هستند.

تجهیزات مناسب ساختمانی ما را در ایجاد سیستم ساختمانی با رویکرد حفظ انرژی و پایداری محیط ساخته شده یاری می رساند.

جدول ۱ کاربرد مصالح هوشمند و نوین در ساختمان ها

(منبع: نگارنده)

ویژگی مواد	مواد و مصالح نوین و هوشمند	عناصر و فضاهای معماری
- شیشه های ضد آتش - خود تمیز شونده - تغییر فاز و رنگ	- نانو سیلیکا - دی اکسید تیتانیوم - شیشه های کریستال مایع	فضای خورشیدی و دیوار ترمومب
- ضد مه گرفتگی، خود تمیز شونده - تغییر	- الکترومیک - فوتوکرومیک - ترموکرومیک	پنجره ها و شیشه ها
- تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریکی - خود تمیز شونده	- فوتوولتاییک - دی اکسید تیتانیوم	تولید انرژی (سایه بان ها و روشنایی ها)
- تغییر رنگ - مقاوم در فضاهای پر رفت	- ترموکرومیک - پوشش های رزینی پایه اپوکسی - موزاییک های رابری	کفپوش راهروها و فضاهای داخلی

۶- مراجع

- [۱] Building and housing research center (In Persian)
- [۲] Site Housing Research Center (In Persian)
- [۳] Mining Journal, the second number, Persian date Aban 1382 (In Persian)
- [۴] M.Golabchi, K.Taghizadeh, E.Soroosh niya, Nano technology in architecture and engineering building, Tehran: Daneshgah Tehran, 1390. (In Persian)
- [۵] A.Araei, Journal of smart materials and their applications in engineering. automobile industry, NO 41. (In Persian)
- [۶] M.Vafamehr, M.Nazi dizaji, The use of smart materials in architecture, International Journal of Civil Engineering, NO (74), 1389 (In Persian)
- [۷] <http://www.nanoforum.org>
- [۸] Florence Sanchez, Konstantin Sobolev, "Nanotechnology in concrete – A review", Construction and Building Material Journal, Vol 24, pp 2060–2071 (۲۰۱۰),



شکل ۱۳- نمایش قدرت عایق های حرارتی جدید بر پایه آبروژل های سیلیکایی [13]

این مواد، با استفاده از فرایند سل ژل (رجوع شود به بخش سنتز نانو مواد مقالات سنتز نانو ذرات به روش سل ژل) تولید می شوند. با این حال آبروژل سیلیکایی بسیار شکننده بوده و تولید آن بسیار گران است. بنابراین، عایق های انعطاف پذیرتر و ارزان تری تولید شده اند که توانایی عایق بندی بسیار بالایی داشته و می توانند بسیار باریک تر از مواد عایق معمول باشند. از جمله این مواد می توان به فیبرهای عایق اشاره کرد.

۵- نتیجه گیری

ما انسان ها امروزه در جامعه ای زندگی می کنیم که هر روز نسبت به روز پیش از امنیت و آسایش بیشتری می خواهیم برخوردار باشیم و می تواند سهم به سزایی از این نیاز در قالب ساخت و ساز خلاصه شود منظور از ساخت و ساز به کار گیری یک معماری اصولی در جهان است معماری پایدار شاخه ای از معماری است که در آن به کیفیت و صرفه جویی و حفاظت زیستی تأکید می شود. بحث پایداری ، پایداری در مصالح می باشد. پس پایداری را قبل از هر چیز باید در مصالح مورد بررسی قرار دهیم . از معیارهای مهم در جهت حفظ پایداری زیست محیطی، بالا بردن دوره ی عمر مفید مواد و مصالح ساختمانی و استفاده ی موثر از منابع انرژی است.

ساختمان ها ، نقش حیاتی در توازن مصرف انرژی در جهان ایفا می کنند. فناوری نانو اگرچه در ابتدای راه است، اما در عرصه های مختلف سبب ساز تحولات مثبتی در پایداری زیست محیطی شده است. بیشترین کاربرد نانو مواد در معماری ومهندسی ساختمان ، را می توان در بحث بازدهی انرژی بیشتر ساختمان پیدا کرد. فناوری نانو، با استفاده از ابزار فنی نوینی که در اختیار ما قرار می دهد، می تواند از پس تغییرات اقلیمی برآمده و به ماکمک کنند تا از میزان انتشار گازهای گلخانه ای در آینده بکاهیم. همچنین با ارائه راهکارهای موثر در جهت تولید مصالح مناسب و کارآمد و

- [۹]Chong KP, Garboczi EJ, "Smart and designer structural material systems", Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 4, No. 4, pp417-430.(۲۰۰۲) ,
- [۱۰]Perumalsamy Balaguru, Ken Chong, "Nanotechnology and concrete research oppotunities", Proceedings of ACI Session on "Nanotechnology of Concrete: Recent Developments and Future Perspectives" Denver, USA, pp 15-28(۲۰۰۶) ,
- [۱۱]http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0078308291/223251/smart_windows_VT.swf
- [۱۲] Integrated energy storage and electrochromic function in one flexible device: an energy storage smart window, Kai Wang , Haiping Wu , Yuena Meng , Yajie Zhang and Zhixiang Wei, Energy & Environmental Science Journal, Issue 8, 2012.
- [۱۳]Special Committee of nanotechnology development, monitoring and reporting of nanotechnology in industry, Karbrdfnavry nanotechnology in the construction industry (Germany). (In Persian) HMSO, London, pp. 1-8, 1996.