

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، شماره سوم، پاییز ۸۷
(یادداشت پژوهشی)

بررسی نقش فن آوری نانو در کاهش آلودگی های زیست محیطی صنعت ساختمان

مهناز محمودی^۱
محمد هادی بهبودی^۲
سیده حدیثه صدیق ضیابری^۳

تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۱/۲۷

امروزه از فن آوری های مختلف به منظور ایجاد آسایش بیشتر و صرفه جویی در هزینه ها به خصوص در مصرف منابع انرژی بهره های فراوان برده می شود. نانو تکنولوژی علم ساختمان اتم به اتم مواد جدید با خواص مورد نظر است که هنوز در آغاز راه خود در جهان قرار دارد و آینده بسیار روشنی برای آن پیش بینی می شود. این علم با کنترل مواد در مقیاس مولکولی، گشایش اسرار طبیعت در تمام عرصه ها را نوید می دهد. از جمله دست آوردهای فراوان این فن آوری، کاربرد آن در تولید، انتقال، مصرف و ذخیره سازی انرژی با کارایی بالا و کاهش آلودگی های زیست محیطی است که تحول شگرفی را در این زمینه ایجاد می کند.

استفاده از فن آوری نانو جهت تهیه مصالح مناسب و با ویژگی های مورد نظر در بخش های مختلف ساختمان، برای کاهش مصرف انرژی به صورت مستقیم و غیر مستقیم نقش به سزایی خواهد داشت. امروزه با بهره گیری از این فن آوری می توان مفهوم معماری هماهنگ و همساز با طبیعت را گسترش داد و همانند معماری سنتی ایران البته با تلفیق تکنولوژی روز راه حل های منطقی و مناسبی جهت فراهم نمودن شرایط آسایش انسان، ابداع و آرایه نمود.

در این پژوهش چگونگی بهره گیری از نانوتکنولوژی در زمینه های ذیل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

۱- بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها ۲- پاک سازی هوای فضاهای مسکونی ۳- دستیابی به مصالح تجدیدپذیر که ضمن مقاومت بالا حداقل آسیب را به محیط زیست وارد می کند. تحقیق انجام گرفته بر مبنای مطالعات کتابخانه ای و جستجوهای اینترنتی است. روش تحقیق نیز توصیفی- تحلیلی می باشد و بخشی از تحقیق براساس نمونه های آزمایشگاهی انجام گرفته است. در مقاله با شیوه کمی و کیفی به مباحث مربوطه پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: فن آوری نانو، آلودگی زیست محیطی، صنعت ساختمان، نانو آلومینیوم

۱- دکتری معماری با گرایش انرژی و معماری. عضو هیات علمی واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی

۲- دانشجوی کارشناسی، مهندسی عمران، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

روش تحقیق

تحقیق انجام شده بنیادی است و سعی شده است در آن به کشف ماهیت تاثیر گذاری مواد در مقیاس نانو بر بخش هایی از عناصر ساختمانی پرداخته شود. به طور کلی دو روش اصلی تحقیق در به انجام رسانیدن آن راهگشا بوده است که عبارتند از روش توصیفی و روش تحلیلی - مقایسه‌ای در بخش هایی که فن آوری نانو یا مفاهیم مربوط مطرح و به دستاوردهای سایر محققان اشاره می‌شود روش کار توصیفی است. در بخش هایی که تاثیر مواد نانو بر بتن با بررسی نمونه های آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفته، روش تحلیلی است. در تحلیل‌های انجام شده که به مقاومت کششی و خمشی مربوط می‌شود تحلیل منطقی است و قضاوت و نظر شخصی محققان در نتیجه تأثیر گذار نیست.

کاربرد فن آوری نانو در زمینه انرژی و ساختمان

فن آوری نانو، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواص است که در آن سطوح ظاهر می شود. از همین تعریف ساده بر می‌آید که فن آوری نانو یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست. با توجه به مصرف بی رویه انرژی های تجدیدناپذیر و آسیب های زیست محیطی، وضعیت انرژی جهان در مرحله بحرانی قرار دارد که چاره اندیشی در این زمینه راهگشایی برای بقا و حفظ محیط برای نسل آینده خواهد بود. کاربرد فن آوری نانو در تحول سایر فن آوری ها، تاثیر به سزایی بر سلامت و آسایش مردم دارد. امروزه کشورهای مختلف با بهره گیری از فن آوری نانو و تلفیق آن با سایر تخصص ها به دستاوردهایی رسیده اند که از آن جمله می‌توان به هزینه های تولید و نگه داری کمتر، مصرف انرژی پایین و طول عمر بیشتر اشاره کرد. فن آوری نانو معیارها و استانداردهایی را به وجود می آورد که کشورهایی که در تولید محصولات آن تاخیر داشته باشند نمی توانند جایگاهی مناسب در علم و آینده داشته باشند.

یک نانومتر یک هزارم میکرون یا حدود ۱۰۰۰۰۰ برابر کوچکتر از موی انسان است. بنیانگذار این فن آوری را ریچارد فینمن (فیزیک دان آمریکایی برنده جایزه نوبل) می دانند که ایده ساخت هر چیز با چیدن اتم ها کنار یکدیگر را مطرح نمود(۱). این ایده خیلی وسوسه انگیز بود و امروزه در حال محقق شدن است. به طور کلی، در یک تقسیم بندی عمومی، محصولات نانو مواد را می توان به صورت های زیر بیان کرد: لایه‌های نازک که می تواند جامد و یا مایع باشد. لایه های جامد به صورت فیلم‌هایی با ضخامت نانو برای موارد الکترونیکی کاربرد دارد. لایه‌های مایع نیز به عنوان پوشش هایی برای محافظت اشیا در برابر واکنش های ناشی از مجاورت با سایر مواد و یا قرار گیری در محیط زیست استفاده می‌شود. محصولات نانو به صورت پودر و یا الیاف بسیار نازک نیز به کار می رود. منظور از یک ماده نانو این است که ساختار آن و اندازه کریستال های تشکیل شونده و یا سازمان اتمی آن ها در کل بدنه در مقیاس نانو شکل گرفته باشد.

فن آوری نانو منجر به تغییراتی شگرف در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب خواهد شد و پساب و آلودگی را کاهش خواهد داد. همچنین فن آوری‌های جدید، امکان بازیافت و استفاده مجدد از مواد، انرژی و آب را فراهم خواهد کرد. در زمینه محیط زیست، علوم و مهندسی نانو، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای در درک مولکولی فرآیندهای مقیاس نانو که در طبیعت رخ می‌دهد تاثیر بگذارد. این فن آوری می‌تواند در درمان مسایل زیست‌محیطی از طریق کنترل انتشار آلاینده‌ها، در توسعه فن آوری‌های «سبز» که محصولات جانبی ناخواسته کمتری دارند، استفاده شود. لازم به ذکر است، فن آوری نانو توان حذف آلودگی‌های کوچک از منابع آبی و هوا و اندازه‌گیری مداوم آلودگی در مناطق بزرگ را دارد.

در این مقاله سعی می‌شود تا با تکیه بر صنعت ساختمان و نقشی که در آلودگی های زیست محیطی دارد به مواردی از کاربردهای فن آوری نانو برای حل معضلات صنعت ساختمان پرداخته شود.

تشکیل شده و سنگین و گران قیمت هستند. علاوه بر منازل، این فن آوری جدید می‌تواند روزی در تلفن‌های همراه، لپ‌تاپ‌ها و حتی خودروها مورد استفاده قرار گیرد.

کاربرد نانو فن آوری در ساختمان های سبز

رابطه انسان با جهان طبیعی به دلیل رخ دادن طیف وسیعی از بحران های محیطی در رده مقوله های خاص و گاه آزار دهنده در آمده است. در سطح وسیع، موضوع توسعه پایدار و استفاده از فن آوری نانو در راس برنامه اکثر کشورها قرار گرفته است. در ساختمان های سبز همگرایی بین فن آوری نانو و حساسیت محیطی وجود دارد. امروزه پژوهشگران به این نتیجه رسیده اند که " فن آوری نانو برای ساختمان های سبز است" استفاده از فن آوری نانو در بخش های مختلف ساختمان بایستی در هنگام طراحی و اجرا توسط معماران و مهندسان مد نظر قرار گیرد.

فن آوری نانو تغییر بنیانی مسیری است که موجب ساخت مواد و ابزارهایی با ویژگی های مورد نیاز خواهد شد. امکان سنتز بلوک های ساختمانی نانو با اندازه و ترکیب به دقت کنترل شده و سپس چیدن آن ها در ساختارهای بزرگتر، که دارای خواص و کارکرد منحصر به فرد باشد، انقلابی در مواد و فرآیندهای تولید آن ها، ایجاد می‌کند. محققان قادر به ایجاد ساختارهایی از مواد خواهند شد که در طبیعت نبوده و شیمی مرسوم نیز قادر به ایجادشان نبوده است. به عنوان برخی از مزایای نانو ساختارها می‌توان به مواد سبک تر، قوی تر و قابل برنامه ریزی، کاهش هزینه‌ی عمر کاری از طریق کاهش دفعات نقص فنی، ابزارهایی نوین بر پایه ی اصول و معماری جدید، اشاره کرد(۴).

تحقیقات در حوزه کامپوزیت ها و مدیریت ضایعات و بازیافت به مرحله ای رسیده که ساختمان سازی با استفاده از ضایعات بومی یا مواد بازیافتی را امکان پذیر کرده است. این رویکرد ها به ویژه در کشور های رو به توسعه، کاربردهای کم هزینه بیشمار پیدا می کند. مثلا هندی ها با استفاده از الیاف طبیعی و ضایعات صنعتی-کشاورزی، ماده ای برای عایق

در زمینه انرژی، فن آوری نانو می‌تواند به طور قابل ملاحظه ای کارایی، ذخیره سازی و تولید انرژی را تحت تأثیر قرار داده مصرف انرژی را پایین بیاورد. با توجه به تغییرات عمده ای که در فن آوری روشنایی در ۱۰ سال آینده رخ می دهد، می توان نیمه هادی های مورد استفاده در دیودهای نورانی(LED) را به مقدار زیاد در ابعاد نانو تولید کرد. در آمریکا در ساختمان ها، تقریباً ۲۰٪ کل برق تولیدی، صرف روشنایی اعم از لامپ های التهای معمولی و فلوروسنت می شود. مطابق پیش بینی ها در ۱۰ تا ۱۵ سال آینده، پیشرفت هایی از این دست می تواند مصرف جهانی را بیش از ۱۰٪ کاهش دهد که ۱۰۰ میلیارد دلار در سال صرفه جویی و ۲۰۰ میلیون تن کاهش انتشار کربن را به همراه خواهد داشت(۲).

انرژی ارزان قیمت خورشیدی به آسانی با استفاده از فن آوری نانو می‌تواند مورد بهره برداری قرار گیرد. محققان با تقلید از طبیعت درصد تولید انرژی خورشیدی ارزان قیمت و پایدار هستند.

محققان فن آوری نانو از جمله پروفیسور نیت لوئیس استاد موسسه فن آوری کالیفرنیا در حال بررسی مواد نانو مقیاسی هستند، که از معماری چمن و فتوسنتز صورت گرفته در آن برای گرفتن و ذخیره سازی انرژی از خورشید تقلید می‌کنند. این دانشمند و همکارانش توانسته اند در یک تیم تحقیقاتی نانو ذرات کوچک را در محصولات روزمره ساده و ارزانی همچون رنگ خانه و سفال سقف وارد نموده و نحوه تولید انرژی خورشیدی را متحول سازند. محققان عقیده دارند: مقدار انرژی که در یک ساعت از خورشید به زمین می رسد بیش از کل انرژی است که بشر در طی یک سال مصرف می‌کند(۳).

بنابراین برای یافتن یک جایگزین برای سوخت‌های فسیلی که سازگار با محیط زیست باشد، فن آوری نانو روش‌هایی عملی پیش رو می‌گذارد تا هر ماده ارزانی همچون رنگ به پیل و باتری خورشیدی مبدل شود. رنگ‌ها، سقف‌ها یا توفال‌هایی که ظاهری معمولی داشته و با فن آوری نانو توانمند شده اند، می‌توانند جایگزین پیل‌های خورشیدی سیاه‌رنگ شیشه مانندی شوند که به طور معمول از سیلیس بلوری

ها را نیز از بین می برد و انرژی کمتری برای گرم نگه داشتن یا سرد نگه داشتن ساختمان ها مصرف می کند. این پوشش ها که با استفاده از سیستم نانو طراحی شده، باعث تمیزی و سلامت ساختمان ها و همچنین سلامت مردم و محیط زیست می شود. این عایق ها بسیار جذب کننده است برای این که نانو ذراتی که در آن ها وجود دارد از استعداد زیادی برای جذب نور و تولید الکترون ها برخوردار است. براساس تحقیقات انجام یافته، استفاده از عایق های سیلیکونی بر پوشش های اکسید تیتانیوم ارجح می باشد، زیرا برای تولید جریان، ایجاد الکترون ها در دهنه آن به سختی فراهم می شود.

در واقع هنگامی که نور به وسیله بخش هایی از اکسید تیتانیوم جذب می شود از بخشی به بخش دیگر می رسد تا الکترون ایجاد شود، نانو لوله های کربن الکترون ها را جمع آوری می کند و برای آن ها یک مسیر مستقیم فراهم می کند تا تأثیرات سلول های خورشیدی را بهبود ببخشد. نانو لوله ها از تخته بندی که ذرات اکسید تیتانیوم را ته نشین می کند استفاده می نماید. در سیستم جدید نانو لوله های کربن اکسید تیتانیوم تنها نورهای فرابنفش را جذب می کند که این مورد از جمله معایب آن به شمار می آید و می بایست ذرات نانو در این زمینه اصلاح شود که طیف نورهای قابل دید را نیز جذب کند.

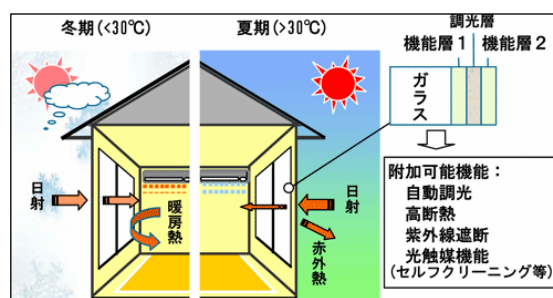
کاربرد نانو فن آوری در پاک سازی هوای فضاهای مسکونی

هوای داخل خانه ها و ساختمان ها می تواند بسیار بیشتر از هوای بیرون ساختمان ها آلوده باشد و از آن جا که مردم اکثر زمان خود را درون فضاها به سر می برند، احتمال به خطر افتادن سلامت افراد در هوای آلوده داخل ساختمان ها بیشتر از بیرون است. آلودگی هوای داخل ساختمان ها خطری است که باید چاره ای برای آن اندیشید.

امروزه با ساخت دستگاهی این مشکل حل شده است و در این دستگاه با استفاده از نوعی نانو ذره های فوتوکاتالیستی به نام نانو بریز (Nano Breeze)، پاک سازی و تصفیه هوای

کاری بام ساخته اند. هلندی ها هم رویکرد خانه سازی ارزان قیمت را برای کشورهای رو به توسعه ارایه کرده اند که از یک پوسته قابل انبساط استفاده می کند (۵).

دانشمندان با استفاده از فن آوری نانو نوعی جدید از شیشه های خود تمیز شونده را اختراع کرده اند. این ماده می تواند به طور اتوماتیک، لایه آلوده ته نشین شده و چسبیده به سطح شیشه را تجزیه کند. همچنین می تواند گازهای مضر را اکسید و باکتری ها و ویروس های گوناگون موجود در هوا را استرلیزه نماید. مورد دیگر شیشه های جاذب حرارت است که این نوع شیشه ها با افزودن نانو ذرات به صفحه ای متورق و محبوس کردن آن بین دو شیشه صاف ساخته می شود (شکل ۱).



شکل ۱- نگاهی به شیشه های جاذب حرارت

(ماخذ: www.greentechforum.net)

یکی از راه های استفاده از فن آوری نانو در ساختمان های سبز استفاده از نانو متریال هایی است که با استفاده از آن ها از اتلاف انرژی در داخل ساختمان جلوگیری کرده اند. معماران زیادی تلاش کرده اند که در ساختمان ها از عایقی استفاده کنند که با استفاده از انرژی خورشید و تصفیه پیشرفته آب و هوا برای کاهش اتلاف انرژی در داخل ساختمان مفید باشد.

استفاده از دیوار از جنس نانو لوله های کربنی که لایه نازکی از جنس اکسید تیتانیوم دارد و سفید رنگ است و ذرات بسیار کوچکی در آن به کار رفته است، به عنوان عایق پیشنهاد می شود. این پوشش ها ضد آب و در برابر خوردگی مقاوم است و شفا دهنده محیط می باشد چون هوای آلوده اطراف ساختمان

(۷). نکات مطرح شده که گویای مزایای استفاده از اکسید تیتانیوم به جای تصفیه کننده های الکتریکی است، اهمیت بهره گیری از فن آوری نانو برای پاک سازی هوای فضاهای مسکونی را خاطرنشان می سازد.

کاربرد فن آوری نانو در صنعت بتن

مبنای عمر ساختمان ها در طراحی ۵۰ سال بوده ولی عمر مفید بناهای موجود در کشور به طور معمول ۱۵ سال می باشد که متأسفانه عمر بسیار کمی است. در حال حاضر در جهان به دنبال افزایش عمر مفید سازه ها می باشند و بایستی پس از ۱۵ سال تخریب شده و دوباره ساختمان جدیدی ساخته شود. بخشی از فضاهای اطراف شهر مملو از نخاله های ساختمان های تخریبی است که با توجه به عدم تجزیه این نخاله ها در طبیعت حجم بسیار بزرگ و انباشته ای در اطراف شهر ها را اشغال می نماید که هم جلوه نامناسبی داشته و هم آلودگی بسیاری برای محیط زیست انسانی، جانوری و گیاهی ایجاد می نماید حال برای حل این معضل دو راهکار پیش رو است:

- ۱- افزایش عمر مفید ساختمان تا از افزایش این نخاله ها جلوگیری به عمل آید.
- ۲- به کار گیری مجدد نخاله های ساختمانی در ساخت ساختمان های نوین.

برای پیشبرد راهکار اول بایستی بتوان عمر مفید سازه ها خصوصاً سازه های بتنی را افزایش داد که در این راستا افزایش مقاومت بتن برای استحکام سازه و در عین حال افزایش میزان دوام و پایداری بتن برای جلوگیری از خوردگی آرماتورها و عمر طولانی تر نقش بسیار مهمی را ایفا می نماید. استفاده از فن آوری نانو در این زمینه بسیار راهگشا است که در ادامه به آن اشاره می شود. خواص فیزیکی و شیمیایی مواد نانو (در شکل های متعددی که وجود دارد از جمله ذرات، لیاف، گلوله و غیره) در مقایسه با مواد میکروسکوپی تفاوت اساسی دارد. تغییرات اصولی که وجود دارد نه تنها از نظر

درون اتاقها انجام می گیرد. این دستگاه گازهای مضر ناشی از سوخت یا دود توتون، ذرات آلرژیک، بوی کپک زدگی یا ماندگی و دود پلاستیکها، رنگها، عطرها و تمیزکنندهها را تجزیه می کند. این محصول مواد شیمیایی آلی فرار (VOCs) و آئروسولهای زیستی (HEPTA) را اکسید می کند. غلظت این مواد شیمیایی آلی فرار در داخل خانهها می تواند تا ده مرتبه بیشتر از بیرون خانه باشد.

بلورهای اکسید تیتانیوم نیمه رسانا که فقط ۴۰ نانومتر اندازه دارد، به وسیله فوتونهای ماورای بنفش شارژ و رادیکالهای آزاد تولید می کند که این عامل آلودگی های آلی را به دی اکسید کربن و آب تبدیل می کند. این فرآیند تحت عنوان اکسیداسیون با فوتوکاتالیزورها شناخته شده است. این دستگاه هیچ فیلتری برای جایگزینی یا صفحات جمع کننده برای تمیز کردن ندارد و اوزون نیز تولید نمی کند. فیلترهای هیپا آلودگی ها را به دام انداخته ولی نمی تواند آن ها را اکسید کند. فیلترها نیاز به جایگزینی دارد که هزینه زیادی را به بار می آورد.

تصفیه کننده های الکترونیکی هوا نیز شامل یونیزه کننده ها و تولیدکننده اوزون می باشد. یونیزه کننده ها غبارها را باردار می کند که در سطح اتاقها یا روی صفحات فلزی جمع می شوند و غالباً نیاز به تمیز کردن دارد. این یونیزه کننده ها نمی تواند گازها یا بوها را برطرف کند و ممکن است اوزون نیز تولید کند. قدرت اکسید کنندگی اوزون به اندازه قدرت اکسید کنندگی فوتوکاتالیست های اکسید تیتانیوم نمی باشد و سمی بوده و می تواند تنگی نفس را حادتر کند. نانو بریز هیچ ماده خطرناکی برای پوست و چشم تولید نمی کند. تصفیه کننده هایی که از نور ماورای بنفش استفاده می کند، از پرتوهای ماورای بنفش نوع C برای کشتن میکروبها با نابود کردن DNA آن ها استفاده می کند که این پرتوها برای تمام موجودات زنده خطرناک است. در صورتی که نانو بریز از لوله های نوری ماورای بنفش A استفاده می کند. سطح بیرونی این لوله ها از یک لایه نازک فوتوکاتالیستی اکسید تیتانیوم پوشانده شده است، که همه نور ماورای بنفش را جذب می کند

• **نانو سیلیس آمورف (Nano silice amorf)**

در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروف ترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پر کنندگی بتن با عملکرد بالا ایفا می کند. محصول معمولی همان سلیکیافیوم یا میکرو سیلیکا می باشد که دارای قطری در حدود ۰/۱ تا ۱ میلی متر است و دارای اکسید سیلیس حدود ۹۰٪ می باشد (۸). می توان گفت که میکروسیلیکا محصولی است که در محدوده بالای اشل اندازه نانو متر جهت افزایش عملکرد کامپوزیت مواد سیمانی به کار برده می شود. محصول نانو سیلیس متشکل از ذراتی است که دارای شکل گلوله ای بوده و با قطر کمتر از ۱۰۰ نانو متر یا به صورت ذرات خشک پودر یا به صورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشد، که مایع آن معمول ترین نوع محلول نانو سیلیس است. این نوع محلول در آزمایش های مشخص در بتن خود تراکم (SCC) به کار گرفته شده است. "نانو سیلیس معلق کاربردهای چند منظوره فراوانی از قبیل خاصیت ضد سایش، ضد لغزش، ضد حریق و ضد انعکاس سطوح دارد" (۹).

• **نانو لوله ها (NANOTUBES)**

معمولاً الیاف برای مسلح کردن و اصلاح عملکرد مکانیکی بتن به کار برده می شود امروزه از الیاف فلزی، شیشه ای، پلی پروپیلین، کربن و غیره در بتن برای مسلح کردن استفاده می شود. نانو لوله های کربنی به عنوان مصالح ساختمانی با عملکرد بالای چند منظوره می تواند نقش مهمی داشته باشد. نانو لوله های کربنی دارای تراکم بسیار کم نسبت به فولاد و آلومینیوم می باشد. مقاومت کششی و فشاری نانو لوله های کربنی نیز نسبت به سایر مواد ساختمانی بسیار بالا است.

نانو آلومینیوم و بتن

با به کارگیری فن آوری نانو در بتن می توان مقاومت فشاری بتن را تا حدود زیادی افزایش داد که این روش با ساخت نمونه های آزمایشگاهی با استفاده از نانو ذرات مورد بررسی قرار

کوچکی اندازه بلکه از نظر خواص جدید آن ها در مقیاس نانو می باشد.

براساس مطالعات انجام یافته در مورد تاثیر نانو ذرات بر مقاومت خمشی و فشاری ساروج سیمان، اضافه کردن نانوذرات سیلیکا و نانو ذرات آهن و آلومینیوم به ملات سیمان باعث بهبود مقاومت فشاری و خمشی ملات نسبت به ملات معمولی گردیده است. با به کارگیری این نوع مصالح در ساختمان ها می توان بر یکپارچگی و مقاومت آن ها افزود.

در ادامه به ۳ نوع کاربرد مواد نانو که در صنعت بتن از آن ها می توان بهره برد اشاره می شود و سپس نتایج بررسی های آزمایشگاهی آورده می شود که چگونگی استفاده از نانو آلومینیوم و نانو سیلیس و تاثیر آن ها بر مقاومت بتن را نشان می دهد.

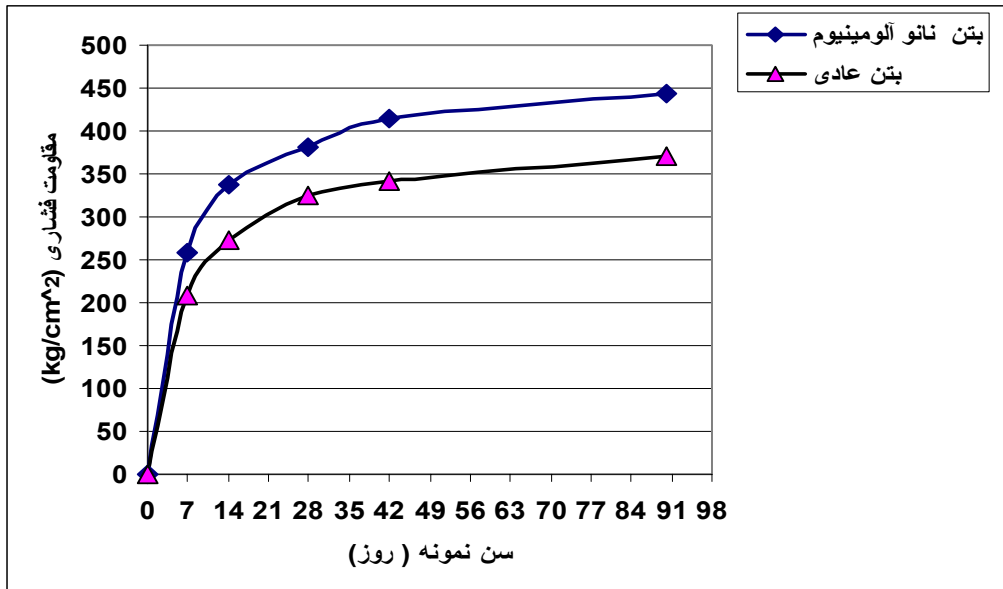
• **بتن با عملکرد بالا (HPC)**

منظور از این نوع بتن، بتن با مقاومت بالاست و برای افزایش مقاومت در طرح اختلاط آن از مواد ترکیبی استفاده می شود و به همین لحاظ جزو مصالح کامپوزیتی و چند فازی و مرکب و پیچیده محسوب می شود. برای عملکرد بهتر بتن بایستی نانویی در ترکیب بتن و سیمان لحاظ گردد که علاوه بر چسبندگی بیشتر، پیوستگی و یکپارچگی آن را نیز افزایش دهد. مطالعات بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید و کاربرد آن ها بسیار حائز اهمیت است. روش معمولی برای توسعه بتن با عملکرد بالا اغلب شامل پارامترهای مختلفی از جمله طرح اختلاط بتن معمولی و بتن مسلح با انواع مختلف الیاف می باشد.

بتن با عملکرد بالای چند منظوره (MHPC)، علاوه بر عملکرد، دوام و خواص مکانیکی بهتر، خواص اضافه دیگری را دارا است، از جمله می توان خاصیت الکترو مغناطیسی و قابلیت به کار-گیری در سازه های اتمی (محافظت از تشعشعات) و افزایش موثر بودن آن در حفظ انرژی ساختمان ها را نام برد.

مقدار افزایش مقاومت بتن در سنین مختلف نسبت به بتن عادی در نمودار ۱ نشان داده شده است

گرفته است و نتایج نشان می دهد با استفاده از درصد بهینه از نانو آلومینیوم می توان مقاومت فشاری بتن را افزایش داد که

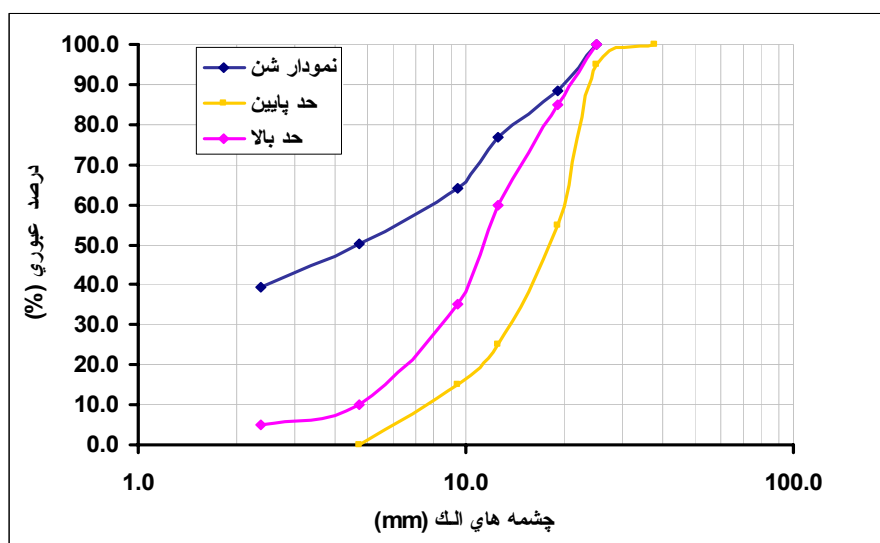


شکل ۱- مقایسه مقاومت فشاری بتن عادی و بتن دارای نانو آلومینیوم

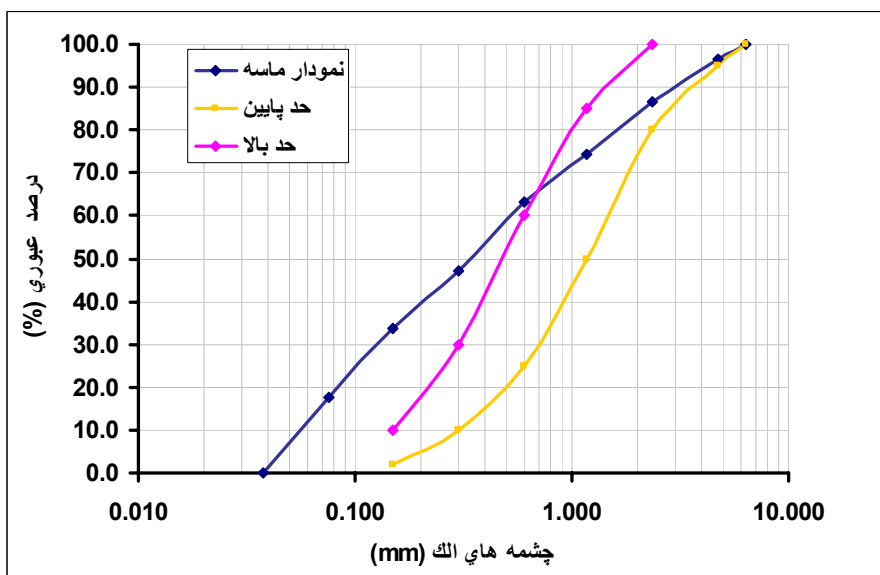
با توجه به وجود معضل نخاله های ساختمانی برای محیط زیست یافتن آوردن راهکاری در جهت استفاده از این مواد می تواند کمک شایانی به کاهش آلودگی های محیط زیست ناشی از ساختمان بنماید. در این تحقیق بررسی در مورد استفاده مجدد از نخاله های ساختمانی در ساختار بتن به جای سنگدانه صورت گرفته است.

به علت ناهمگن بودن نخاله های ساختمانی، باید قبل از استفاده تکه های بزرگتر تا حد امکان خرد شود به گونه ای که بتوان به جای سنگدانه معمولی استفاده نمود. این سنگدانه های خرد شده همانند شن و ماسه دانه بندی شده و با توجه به شبیه شدن نمودار دانه بندی نخاله های ساختمانی به دانه بندی سنگدانه های معمولی، برای استفاده در بتن مناسب لازم را دارا بود. نمونه ای از دانه بندی مورد نظر در نمودارهای ۲ و ۳ نمایش داده شده است

همان گونه که در نمودار فوق نمایش داده شده است مقاومت بتن با استفاده از مواد نانو آلومینیوم حدود ۲۵ - ۲۰٪ افزایش نشان می دهد بنابراین برای افزایش عمر مفید ساختمان در جهت جلوگیری از تخریب ساختمان و کاهش آلودگی های زیست محیطی می توان از این روش استفاده نمود. در بررسی دوام و پایداری بتن با استفاده از مواد نانو نیز با ساخت نمونه های آزمایشگاهی و اندازه گیری میزان نفوذپذیری بتن مشخص گردید که با استفاده از مواد نانو تیتانیوم میزان نفوذپذیری بتن کاهش یافته و در نتیجه بر میزان دوام و پایداری بتن افزوده می شود. بدین جهت برای جلوگیری از نفوذپذیری یون کلر در بتن و تخریب و خوردگی آرماتور و در نتیجه افزایش عمر مفید ساختمان استفاده از مواد نانو تیتانیوم در بتن توصیه می گردد.



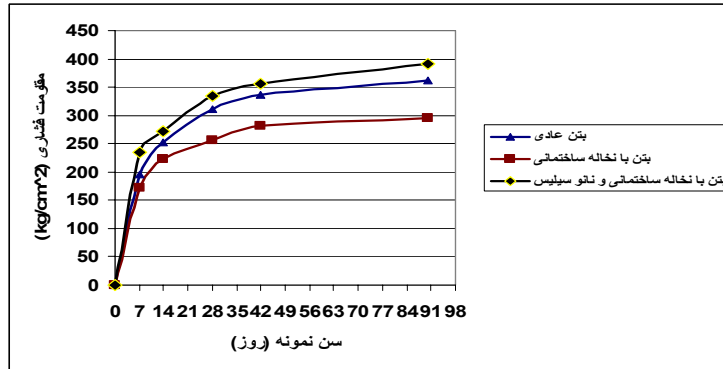
نمودار ۲- نمودار دانه بندی شن نخاله های ساختمانی



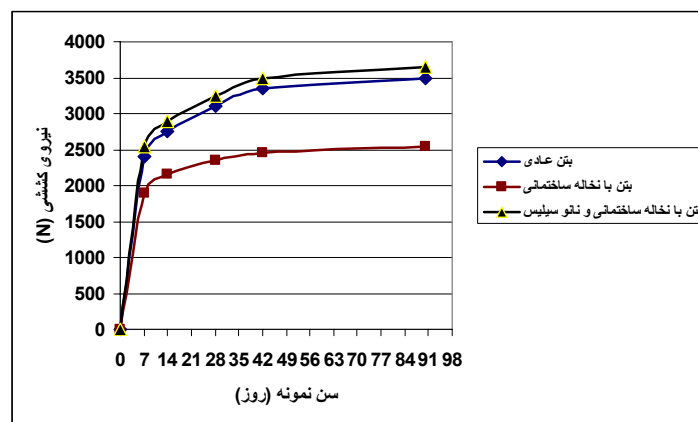
نمودار ۳- نمودار دانه بندی ماسه نخاله های ساختمانی

نانو سیلیس به همراه نخاله های ساختمانی در مقایسه با بتن های معمولی و همچنین در مقایسه با بتن های ساخته شده با نخاله های ساختمانی بدون استفاده از مواد نانو دارد. در نمودار ۴ تا ۶ مقایسه بین میانگین نتایج مقاومت فشاری، کششی و خمشی نمونه های ساخته شده در سنین مختلف نمایش داده شده است

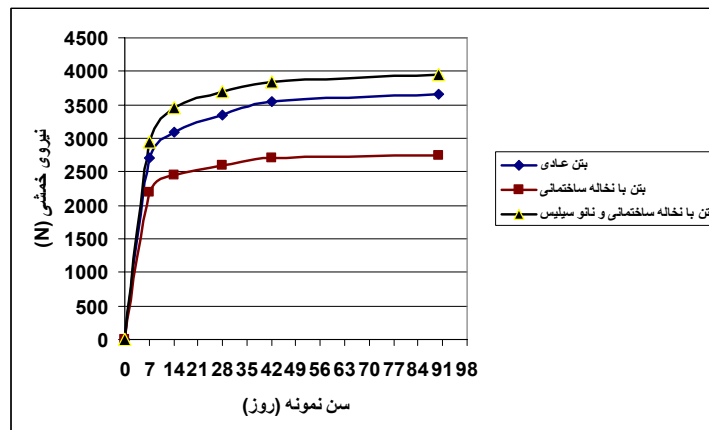
از طرفی برای جبران کمبود چسبندگی کم بین سیمان و نخاله های ساختمانی با توجه به ایجاد چسبندگی بالا بین سیمان و سنگ دانه ها توسط مواد نانوسیلیس از این مواد استفاده شده است که باعث چسبندگی کافی بین سنگدانه ها و سیمان گردیده است. بررسی شکست نمونه های مختلف ساخته شده نشان از افزایش مقاومت فشاری بتن در اثر استفاده از مواد



نمودار ۴- مقایسه مقاومت فشاری



نمودار ۵- مقایسه مقاومت کششی



نمودار ۶- مقایسه مقاومت خمشی

نتیجه گیری

هدف نهایی از بررسی مواد در مقیاس نانو، یافتن طبقه جدیدی از مصالح ساختمانی با عملکرد بالا است، که آن ها را می توان به عنوان مصالحی با عملکرد بالا و چند منظوره اطلاق

همان گونه که در نمودار های فوق نیز نمایان است نانو سیلیس توانسته است مقاومت فشاری، کششی و خمشی بتن را افزایش دهد، لذا در جهت کاهش آلودگی محیط زیست و بازیافت نخاله های ساختمانی، در صنعت ساختمان استفاده از نانو سیلیس به همراه نخاله های ساختمانی پیشنهاد می گردد.

2. Energy and Nanotechnology: available on <http://www.hupaa.com/forum/viewforum.php?f=17>
<http://moein-omran.blogfa.com/>
2006/09/02 7:30am
3. Nanotechnology: available on <http://tco.ir/nano/Farsi/Publication/Articles/Countries/US/usa.htm>
<http://www.nanotechnology.com/blogs/blognano/> 2007/02/05 11:30am
4. Nano Secrets: available on <http://www.civilica.com/index.php>
2007/03/04 10:00 pm
۵. منبع شماره ۱. ص ص ۲۶-۲۳
6. Philip.A, Silberg and james Shnither, 2003, world revolution in biotechnology and nano technology and IT, oxford press, uk, pp 45-48
7. Nanotechnology in Concrete industry: available on <http://www.greentechforum.net/greenbuild/>
<http://www.technologyreview.com/>
2007/05/27 11:00 am
8. Nanotechnology and concrete: available on <http://oldtebyan.net/tebaspx;nId=39834> 2008/02/02 6:45 pm
9. about nano technology: <http://www.karajneeds.com>
2007/05/27 hh:50am

نمود. منظور از عملکرد چند منظوره، ظهور خواص جدید و متفاوت نسبت به خواص مواد معمولی می باشد به گونه ای که مصالح بتواند کاربردهای گوناگونی را داشته باشد.

با توجه به صنعتی بودن اکثر شهرها و گسترش آلودگی های زیست محیطی به ویژه آلودگی هوا، فن آوری نانو با بهره مندی از بلورهای اکسید تیتانیوم و نانو ذره های فوتوکاتالیستی نانو بریز، راهکاری حیاتی برای پاک سازی فضاهای سکونتی محسوب می شود. ضمن این که فن آوری نانو در ساخت شیشه های خودتمیز شونده، استرلیزه کننده هوا و جذب حرارت گامی در راستای اهداف توسعه پایدار به شمار می آید. همچنین می توان با بهره گیری از نانوالومینیوم مقاومت کششی، فشاری و خمشی بتن را افزایش داد و با استفاده از نانوسیلیس ها بازیافت نخاله های ساختمانی را جهت همساز شدن صنعت ساختمان با محیط زیست ممکن ساخت.

در نگاه اول شاید به علت قیمت بالای مواد نانو استفاده از این مواد در صنعت ساختمان توجیه اقتصادی نداشته باشد اما با نگاه عمیق تر و بررسی دقیق تر به این مسئله می توان دریافت که استفاده از نانو ذرات در صنعت ساختمان به خصوص در مورد هزینه های کاهش آلودگی های محیط زیست از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. به طور مثال با بررسی این که هزینه های اقتصادی ساخت مجدد یک بنا بسیار بیشتر از هزینه های مصرف نانو ذرات برای استحکام و مقاوم سازی ساختمان های در حال ساخت است. به همین ترتیب هزینه جمع آوری و نابودی نخاله های ساختمانی نیز به مراتب بیشتر از هزینه استفاده مجدد از آن ها با کمک گرفتن از مواد نانو است.

منابع

۱. برنامه پیشگامی ملی نانو تکنولوژی آمریکا در سال مالی ۲۰۰۴، ۱۳۸۳، ترجمه کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی، دفتر همکاری های فن آوری ریاست جمهوری، تهران، ص ص ۴۶-۲۰