

مروری بر کاربردهای فناوری نانو در مهندسی عمران

و محیط زیست

امیر بهشاد¹، جعفر آویزش²

1- کارشناس ارشد سازه

2- کارشناس ارشد مکانیک

ambeshad@yahoo.com

چکیده

مواد با ساختار نانو با توجه به قابلیت‌های فراوانی که از خود نشان داده اند، مورد توجه بخش صنعت و دانشگاه در دهه های اخیر قرار گرفته اند. در این میان صنعت ساختمان با توجه به نیازهای خود چه از نظر استحکام، مقاومت و دوام و نیز کارایی بالا از استفاده کنندگان مهم مواد نانو ساختار به شمار می رود. عایق کاری بهتر ساختمانها، کاهش سی درصدی آلاینده های کربنی حاصل از لوازم خانگی نمونه هایی از کاربردهای کنونی این فناوری در حوزه عمران و محیط زیست است.

کلمات کلیدی: فناوری نانو، بتن، فولاد، مواد نانو کامپوزیت، آلاینده ها.

1- مقدمه

مواد نانو به عنوان موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها (طول، عرض و ضخامت) زیر 100 nm باشد، تعریف شده اند. یک نانومتر یک هزارم میکرون یا حدود 100000 برابر کوچکتر از موی انسان است. به طور کلی در یک تقسیم بندی عمومی، محصولات نانو را می توان به صورت زیر بیان نمود، [1]: فیلمهای نانو لایه برای کاربردهای عمدتاً الکترونیکی، نانو پوششهای حفاظتی برای افزایش مقاومت در برابر خوردگی، حفاظت در مقابل عوامل مخرب محیطی، نانوذرات به عنوان پیش سازنده یا اصلاح ساز پدیده های شیمیایی و فیزیکی و نانو لوله ها. پیشرفتهای اخیر در زمینه مواد و فرآیندها، همچنین دستکاری آنها در مقیاس نانو چشم اندازی از تولید مواد در اندازه ماکرو و محصولات جدید را پیش روی ما قرار داده است و فناوری نانو تا کنون به حوزه برخی مواد ساختمانی از جمله بتن، فولاد، شیشه و

جوشکاری وارد شده است و به همین دلیل مهندسی عمران به نوبه خود یکی از ذی نفعان فناوری نانو به شمار می رود. برای نمونه از برخی از دستاوردهایی که تا کنون کسب شده اند، می توان به بتن تقویت شده با استفاده از فناوری نانو که قویتر و بادوام تر از بتن های معمولی بوده و آسان تر هم جایگذاری می شود، فولادی با دوام بیشتر و در نهایت شیشه های خود تمیز کننده اشاره نمود. افزایش نگرانی از تغییرات جوی ناشی از آلاینده های کربنی محصولات ساخت بشر، دولت ها را بر آن داشته تا روشهایی برای کاهش و یا حداقل ثابت نگه داشتن سطح این آلاینده ها بیابند. در این میان، فناوری نانو در حال تبدیل شدن به ابزار اصلی مقابله با تغییرات آب و هوایی است. از نانو کامپوزیت ها برای کاهش آلاینده های خودروها و کاستن وزن آنها استفاده شده است.

2- نگاهی به وضعیت فناوری در کشورهای مختلف

مرکز انتقال فناوری (TTC)، اخیرا به موضوع تجاری سازی فناوری نانو در جهان پرداخته است. طی سالهای آتی ژاپن از نظر سرمایه گذاری دولتی در فناوری نانو از ایالات متحده پیشی خواهد گرفت. اما اگر میزان سرمایه گذاری دولتهای ایالتی را نیز در نظر بگیریم، آمریکا همچنان با اختلاف قابل توجهی نسبت به سایر کشورها، در جهان پیشگام است. آلمان در مقایسه با دیگر کشورهای اروپایی سرمایه گذاریهای کلانی را در حوزه فناوری نانو انجام می دهد. این کشور با سرمایه گذاری سالانه 330 میلیون یورویی تقریبا به اندازه تمام کشورهای اروپایی، در تحقیق و توسعه فناوری نانو سرمایه گذاری می کند. کشورهای اروپایی در چارچوب برنامه هفتم تحقیق و توسعه اتحادیه اروپا تا سال 2013 سالانه حدود 600 میلیون یورو در حوزه فناوری نانو سرمایه گذاری خواهند کرد، [2]. دولتهای حوزه اقیانوس آرام منابع مالی قابل توجهی را صرف تحقیق و توسعه علم و فناوری نانو می کنند. این کشورها در مقایسه با همتایان اروپایی خود، علاقه بیشتری به این حوزه داشته و در حال تسخیر بازارهای آن هستند. بسیاری از کشورهای حوزه اقیانوس آرام، فناوری نانو را به عنوان یکی از اولویت های اصلی در برنامه های علم و فناوری خود برگزیده اند. در ایران نیز در چند سال اخیر توجه مسئولان به سرمایه گذاری در این زمینه جلب شده است. اما در مقایسه با کشورهای توسعه یافته میزان سرمایه گذاری در کشورمان در زمینه فناوری نانو بسیار ناچیز است.

3- برخی از کاربردهای فناوری نانو در مهندسی عمران

3-1. فناوری نانو و بتن

یکی از نتایج مطالعه بتن در مقیاس نانو این است که با استفاده از نانو ذرات سیلیس می توان تراکم ذرات در بتن را افزایش داد که این منجر به افزایش چگالی میکرو و نانو ساختارهای تشکیل دهنده بتن و بهبود ویژگی های مکانیکی می شود، [3]. خاکستر فرار یکی دیگر از مواد مورد استفاده در ساخت بتن است. استفاده از این ماده علاوه بر افزایش دوام و استحکام بتن، میزان مصرف سیمان را کاهش می دهد. در صورت افزودن نانو ذرات سیلیس به بتن ساخته شده با خاکستر فرار، با وجود اینکه قسمتی از سیمان مصرفی با سیلیس جایگزین می شود، چگالی و استحکام بتن و مخصوصا مقاومت کوتاه مدت بتن افزایش چشمگیری می یابد، [4].

اضافه کردن نانو ذرات اکسید آهن به بتن نشان داده است که این ذرات علاوه بر افزایش مقاومت بتن، خستگی بتن را از طریق اندازه گیری مقاومت الکتریکی برشی امکان پذیر می سازد. نوع دیگری از ذرات افزودنی به بتن در جهت بهبود ویژگی های آن، دی اکسید تیتانیم است؛ دی اکسید تیتانیم یک رنگدانه سفید است که می توان از آن به عنوان یک روکش بازتاب کننده مطلوب استفاده نمود. نانو لوله های کربنی از جمله نانو ذرات دیگری با ویژگی های قابل توجهی هستند که تحقیقات برای بررسی مزایای حاصل از اضافه نمودن آنها به بتن در حال انجام است. نانو لوله ها دارای مقاومت کششی بیش از هر نوع الیاف بتنی شناخته شده می باشند.

یکی از چالشهایی که در زمینه مهندسی عمران بوجود آمده است، تولید بتن با عملکرد بالا می باشد. این نوع بتن مقاوم از نوع مصالح کامپوزیت است. خواص، رفتار و عملکرد بتن بستگی به مواد تشکیل دهنده آن دارد. بنابراین، مطالعات بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید بسیار حائز اهمیت می باشد. در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروفترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پرکنندگی بتن با عملکرد بالا ایفا می کند. محصول نانو سیلیس متشکل از ذراتی است که دارای شکل گلوله ای بوده و با

قطر کمتر از 100 نانومتر یا به صورت پودر و یا به صورت معلق در مایع محلول قابل پخش می باشد، [5]. از خواص نانو سیلیس می توان به خاصیت ضد سایش، ضد لغزش، ضد حریق و ضد انعکاس سطوح اشاره کرد. آزمایشات نشان می دهد که واکنش مواد نانو سیلیس با هیدروکسید کلسیم در مقایسه با میکروسیلیس بسیار سریعتر انجام می گیرد. نانوسم (nanocem) یک تحقیق جدید در اروپا است که بر روی مراخل توسعه اصول فنی نانو در مواد سیمانی متمرکز شده است.

3-2. فناوری نانو، فولاد و جوشکاری

ارتباط میان استحکام و نرمی یکی از موضوعات با اهمیت در مورد فولاد است. Sandvik Nanoflex از هر دو ویژگی مورد نظر یعنی مدول یانگ بالا و همچنین استحکام زیاد با هم برخوردار است، [4]. همچنین به علت وجود ذرات نانو متری بسیار سخت در ساختار فولادی در برابر خوردگی نیز بسیار مقاوم است. استفاده از میلگردهای فولادی ضد زنگ ساخته شده با کمک فناوری نانو در سازه های بتنی، به علت بالا بودن هزینه به محیط های پر مخاطره تبدیل شده است. فولاد MMFX₂ در عین دارا بودن خواص مکانیکی فولاد معمولی، دارای ساختاری نانو مقیاس است که آن را در برابر خوردگی مقاوم می سازد.

اخیرا محققان در صددند با بررسی امکان استفاده از نانو مواد در فرآیند های جوشکاری و همچنین جوشکاری مواد در مقیاس نانو، باب جدیدی در زمینه ارتباط فناوری نانو با جوشکاری مواد بگشایند. الکترودهای مبتنی بر فناوری نانو، که دارای دمای کاری بسیار پایینی نسبت به الکترودهای جوشکاری موجود می باشند، در ازای حرارت اندک، اتحاد مولکولی مستحکمی را بین مولکولهای دو قطعه فلز ایجاد می کند و عملکردی شبیه چسب های حرارتی معمولی خواهند داشت. این الکترودها تاثیر شگرفی بر فناوری جوشکاری خواهند داشت، چون اعوجاج بسیار ناچیزی را در فلزات ایجاد می کند، [6]. کاربرد و حجم زیاد جوشکاری در صنایع دریایی می تواند عاملی برای تاثیر فوق العاده فناوری نانو در این زمینه باشد. براد نلسون و همکارانش در کشور سوئد تحقیقاتی بر روی یک روش جدید جوشکاری انجام داده اند. آنها توانستند کوچکترین قطعه ساخته شده توسط بشر تا زمان خویش را بسازند. آنها با استفاده از یک تکنیک جدید جوشکاری که آن را جوشکاری نقطه ای رباتیک نام نهادند توانستند عملیات جوشکاری را در مقیاس نانو متر انجام دهند. گوردیو و همکارانش نیز بر روی یک روش دیگر نانو جوشکاری کار کردند. در این روش به یک میکروسکوپ الکترونیکی نیاز است که برای بیشتر محققان در سطح جهان قابل دسترسی است. درون میکروسکوپ اشعه الکترونیکی مقدار اندکی از اجزای پایه کربنی را به اطراف کربن های آمورف نمونه های تحت بررسی منتقل می کند. Kim Sj و Jong Dj بر روی جوشکاری نانو ذرات طلا به کمک لیزر تحقیقاتی را انجام داده اند. Shengyong Xu و همکارانش به طور مشترک بر روی پروژه ای تحت عنوان جوشکاری سیلیکون و نانو سیمهای فلزی با اشعه های چگال کار نموده اند. آنها نشان دادند که از یک پرتو الکترونیکی چگال برای ایجاد چاله ها و فاصله ها در مقیاس اتمی و نانو متری در نانو سیمها می توان استفاده کرد تا بتوان نانو سیمها را جوش داد و اتصالات فلز-فلز و یا فلز-شبه هادی را ایجاد نمود و پوسته اکسیدی را از سطح نانو سیم کریستالی زدود. گروهی از دانشمندان دانشگاه لوئیزیانا توانستند به وسیله جوشکاری اشعه الکترونی نانو لوله های کربنی تک جداره را به هم اتصال دهند و یک اتصال مولکولی را بسازند. گروهی از پژوهشگران بر روی یک تکنیک دیگر جوشکاری در مقیاس نانو کار کرده اند. آنها در این تکنیک از جرقه های با دمای بالای واکنش های شیمیایی، درون نانو حفره ها استفاده کردند. از این تکنیک می توان برای اتصال و جوشکاری اجزاء در مقیاس نانو استفاده کرد. محققان با این روش توانستند یک واکنش ترمیت با دمای بالا در یک فیلم از جنس آلومینیوم با ضخامتی در حد نانو متر که حفرات آن توسط اکسید آهن پر شده است، ایجاد نمایند، [6].

3-3. مواد نانو کامپوزیت

مواد نانو کامپوزیت اولین بار در دهه 1970 معرفی شدند. هر چند تحقیقاتی در دو دهه گذشته برای توسعه تجاری این مواد صورت گرفته است؛ ولی رشته نانو کامپوزیت پلیمر هنوز در مرحله جنینی و آغاز راه می باشد. نانو آلومینا بهترین ساختار نانویی است که افق جدیدی را در صنعت سرامیک نوید می دهد. از ذرات نانویی غیر فلز مانند نانو سیلیکا، نانو زیرکونیا در ساخت سرامیکها استفاده شده است. از دیگر مواد نانو کامپوزیت می توان به نانو لوله های کربنی اشاره کرد، که از آنها می توان به عنوان تقویت کننده بتن مسلح استفاده کرد، [7].

4- فناوری نانو و محیط زیست

افزایش نگرانی از تغییرات جوی ناشی از آلاینده های کربنی محصولات ساخت بشر، دولت ها را بر آن داشته تا روشهایی برای کاهش و یا حداقل ثابت نگه داشتن سطح این آلاینده ها بیابند. در این میان، فناوری نانو در حال تبدیل شدن به ابزار اصلی مقابله با تغییرات آب و هوایی است. عایق کاری بهتر ساختمان ها با استفاده از آئروژل، کاهش 30 درصدی آلاینده های کربنی حاصل از لوازم خانگی نمونه هایی از کاربردهای این فن آوری است. آئروژل که غالباً با عنوان دوده یخ زده از آن یاد می شود، سبک ترین ماده ساخت بشر است، [8]. وزن آن دو برابر وزن هوا و از مخلوط هوا و سیلیکا تشکیل شده است. عایق کاری خطوط طبیعی انتقال گاز طبیعی مایع، نمونه ای از کاربرد آئروژل ها است. از فناوری نانو در ساخت پیل های خورشیدی نیز استفاده شده است؛ در فناوری های کنونی پیل های خورشیدی مبتنی بر سیلیکون هستند و به روشی مشابه تراشه های رایانه ای تولید می شوند. در نتیجه گران و پرهزینه هستند. استفاده از پیل های خورشیدی از نوع فیلم نازک آلی یا پلاستیکی با توجه به استفاده از مواد ارزان (عمدتاً مبتنی بر نانوذرات و پلیمرها)، نوید بخش به نظر می رسد. افزودن نانو موادی از قبیل اکسید سدیم به سوخت احتراق آن را آسان تر و مدت زمان مصرف را بیشتر می کند. استفاده از ذرات کاتالیزوری چند نانو متری، بازدهی سوخت را به شدت افزایش می دهد. آزمایشهایی که شرکت انگلیسی Oxonica در دراز مدت انجام داده، حاکی از بهبود بازده سوخت تا ده درصد و کاهش انتشار دوده تا پانزده درصد است که در واقع همان کاهش میزان کربن ورودی و خروجی است. اعمال این فناوری در صنایع خصوصی اتومبیل سازی آمریکا می تواند انتشار آلاینده دی اکسید کربن را سی میلیون تن کاهش دهد. ابر خازن ها ابزارهای الکترونیکی هستند که به واسطه کاربرد نانو مواد سطح ویژه آنها افزایش یافته، می توانند چگالی انرژی بیشتری را در مدت زمان کوتاهی در خود ذخیره نمایند. چگالی انرژی قابل ذخیره در این ابر خازن ها صد برابر خازن هایی است که فویل دی الکتریک دارند و چگالی توان آنها هم ده برابر باتری های معمولی است. از این ابر خازن ها می توان در خودروهای پیل سوختی یا چند گانه سوز برقی و ذخیره سریع انرژی تولید شده با سیستم ترمز خودرو استفاده نمود. اگر بخواهیم با فناوریهای موجود باتریهایی بسازیم که بتواند جوابگوی این حجم زیاد از مصرف برق باشد و در مقابل پالسهای توان بالا هم از دوام کافی برخوردار باشد، فضای نسبتاً زیادی اشغال می شود و مدت عمر آن هم کمتر از دو سال خواهد بود؛ اما ابر خازن ها به دلیل چرخه عمر زیادتری که دارند برای این منظور مناسب تر هستند. تصفیه آبهای زیر زمینی با استفاده از فناوری نانو سریعتر و بهتر صورت می گیرد، [9]. دانشمندان در حال بررسی روشهایی جهت کاهش هزینه تصفیه آبهای با استفاده از فناوری نانو هستند.

5- نتیجه گیری

با توجه به مطالب گفته شده در بالا، فناوری نانو نقش بسیار مهمی در توسعه علمی و صنعتی کشورها در آینده خواهد داشت. افزایش قابلیتها و عملکردهای مصالح مورد استفاده در مهندسی عمران و محیط زیست با استفاده از این فناوری نمونه بارزی از توانایی های این فناوری است. بتن تقویت شده با استفاده از فناوری نانو که قویتر و بادوام تر از بتن های معمولی بوده و آسان تر هم جایگذاری می شود، فولادی با دوام بیشتر و در نهایت شیشه های خود تمیز کننده از جمله کاربردهای فناوری نانو در حوزه مهندسی عمران است. کاهش میزان آلاینده ها با استفاده از این فناوری از دیگر کاربردهای مفید آن است. با این امید که کشورمان در آینده نه چندان دور از پیشگامان فناوری نانو در جهان باشد.

مراجع

- [1]. کاربرد مواد نانو ساختار در صنعت ساختمان. دکتر ارژنگ صادقی، رحیم هاشم زاده.
- [2]. نگاهی به وضعیت فناوری نانو در جهان. ترجمه ابراهیم عنایتی. ماهنامه فناوری نانو، سال ششم شماره 121 آبان 1386.

[3]. Application of nanotechnology in construction. W.Zhu, P.J.M.Bartos and A.Porro. Materials and structures, Vol.37, November 2004, PP 649-658.

[4]. مروری بر کاربردهای فناوری در صنعت ساخت و ساز. Surinder Mann. ترجمه مریم سلطانی. ماهنامه فناوری نانو، سال ششم شماره 122 آذر 1386.

[5]. نانو ذرات سیلیکا؛ کاربردهای زیستی. مرتضی آدینه نیا، سمیه رضانیان. ماهنامه فناوری نانو، سال ششم شماره 125 اسفند 1386.

[6]. فناوری نانو و جوشکاری مواد. ابوذر عالمی. ماهنامه فناوری نانو، سال هفتم شماره 127 اردیبهشت 1387.

[7]. نانو سیالیته در نانو لوله های کربنی. Aleksander Noy al، ترجمه فتح الله پورفیاض. ماهنامه فناوری نانو، سال هفتم شماره 127 اردیبهشت 1387.

[8]. فناوری نانو فناوری پاک. موسسه ساینترفیکا. ترجمه حامد شریعتی نیاسر. ماهنامه فناوری نانو، سال ششم شماره 121 آبان 1386.

[9]. Nanoparticles Help Groundwater Cleanup Costs. Julie Hartman. Civil Engineering. May 2002; 72,5; Research Library Core.