



دانشگاه آزاد اسلامی - واحد نیشابور

عنوان:

کاربرد فناوری نانو در مهندسی عمران

استاد ارجمند :

جناب مهندس خسروی

دانشجو :

مهدی فرسوده خاطر

پائیز 86

فناوری نانو چیست؟

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. معمولاً منظور از مقیاس نانوباعادی در حدود 1 nm تا 100 nm می‌باشد. (1 نانومتر یک میلیاردیم متر است). اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال 1959 زده شد. در این سال ریچارد فاینمن طی یک سخنرانی با عنوان «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» ایده فناوری نانو را مطرح ساخت. وی این نظریه را ارائه داد که در آینده‌ای نزدیک می‌توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت مسقیم دستکاری کنیم.

مقیاس نانو

سازمان بین‌المللی استانداردها یک متر را بدین گونه تعریف کرده است:

طولی که توسط نور در خلأ در بازه زمانی $1/29979457$ ثانیه طی می‌شود، یک متر می‌باشد و یک نانومتر 10-9 متر می‌باشد.

با ایجاد ارتباط میان اندازه اتم‌ها و مقیاس نانو می‌توان یک نانومتر را راحت‌تر تصور کرد. یک نانومتر برابر قطر 10 اتم هیدروژن و یا 5 اتم سیلیسیم می‌باشد. درک این موضوع برای افراد معمولی نیز راحت‌تر می‌باشد.

همچنین:

یک نانو متر یک میلیاردیم متر است.

یک گلبول قرمز دارای عرض تقریبی هفت هزار نانومتر است.

یک مولکول آب دارای قطری حدود 1 نانو متر است.

مولکول اندازه پروتئینها بین 1 تا 20 نانومتر است.

طبق تعاریف مقیاس طولی بین 1 نانومتر تا 100 نانومتر را مقیاس نانو می گویند

تصور کنید که در یکی از گرمترین 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.

کاربرد فناوری نانو در مهندسی عمران

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال 1974 بر زبانها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلورانس ابعادی آنها در حد نانومتر می باشد، به کار برد. در سال 1986 این واژه توسط کی اریک در کسلر در کتابی تحت عنوان: «موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو» بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان «نانوسیستم ها ماشین های مولکولی چگونگی ساخت و محاسبات آنها» توسعه داد.

خلاصه

در سال 1870 یک شیمیدان بلژیکی با نام دسمت (Desmedt) اولین سنگفرش آسفالت واقعی را، که مخلوطی از ماسه بود، در برابر تالار شهر در نیویورک ایجاد نمود. طراحی دسمت در بزرگراهی در فرانسه در سال 1852 مورد الگوبرداری قرار گرفت. سپس دسمت خیابان پنسیلوانیا در واشینگتن را آسفالت کرد که سطح این پروژه 45149 متر مربع بود. یکی از نمایندگان محلی کنگره به دسمت گفت: "این کار هرگز عمومیت نخواهد یافت." با این حال، بر اساس تقاضای رو به رشد بازار، پیش‌بینی می‌شود پس از 137 سال (در سال 2007) بازار آسفالت - قیر معدنی به 107 میلیون تن برسد. در این میان آسفالت معلق بیشترین رشد را دارد. همچنین به عنوان نشانه‌ای از رشد این محصولات در آینده، چندی است که کار بر روی آسفالتی که در موقع خرابی خودش را تعمیر کند، آغاز شده است. به کارگیری فناوری نانو در ساخت زیربناهای مربوط به حمل و نقل، تقریباً معادل با تلاش بشر برای فرستادن انسان به ماه در سال 1960 است.



تاریخچه

در سال 1870 یک شیمیدان بلژیکی با نام دسمت (Desmedt) اولین سنگفرش آسفالت واقعی را، که مخلوطی از ماسه بود، در برابر تالار شهر در نیویورک ایجاد نمود. طراحی دسمت در بزرگراهی در فرانسه در سال 1852 مورد الگوبرداری قرار گرفت. سپس دسمت خیابان پنسیلوانیا در واشینگتن را آسفالت کرد که سطح این پروژه 45149 متر مربع بود. یکی از نمایندگان محلی کنگره به دسمت گفت: "این کار هرگز عمومیت نخواهد یافت."

با این حال، بر اساس تقاضای رو به رشد بازار، پیش‌بینی می‌شود پس از 137 سال (در سال 2007) بازار آسفالت - قیر معدنی به 107 میلیون تن برسد. در این میان آسفالت معلق بیشترین رشد را دارد. همچنین به عنوان نشانه‌ای از رشد این محصولات در آینده، چندی است که کار بر روی آسفالتی که در موقع خرابی خودش را تعمیر کند، آغاز شده است.

به کارگیری فناوری نانو در ساخت زیربناهای مربوط به حمل و نقل، تقریباً معادل با تلاش بشر برای فرستادن انسان به ماه در سال 1960 است. در سال 2005 ایده ساخت آسفالتی برای بزرگراه‌ها که بتوانند خودشان را تعمیر کنند برای بسیاری دور از ذهن به نظر می‌رسید. بنابراین صنعت آسفالت - قیر به یک تحول نیاز دارد تا مردم بتوانند امکانات فناوری نانو را دیده و مزایای آن را درک نمایند.

دکتر لیوینگستون، فیزیکدان برنامه تحقیقات زیربنایی پیشرفته در اداره کل بزرگراه‌های فدرال (FHWA)، می‌گوید: "آسفالت و سیمان هر دو جزء نانومواد می‌باشند. تاکنون ما نتوانسته‌ایم بفهمیم که در این سطح چه اتفاقی می‌افتد، اما این اثرات بر عملکرد مواد تاثیر می‌گذارند."

بنا بر گفته لیوینگستون، یک ماده پلیمری ساختاری که می‌تواند به طور خود به خودی ترک‌ها را اصلاح نماید، قبلاً تولید شده است. این پیشرفت قابل ملاحظه با استفاده از یک عامل اصلاح کننده کپسوله شده و یک آغازکننده شیمیایی کاتالستی درون یک بستر اپوکسی ایجاد شده است.

یک ترک در حال ایجاد موجب گسستن میکروکپسول‌های موجود شده، در نتیجه عامل اصلاح کننده با استفاده از خاصیت موینگی درون ترک رها می‌شود. با تماس عامل اصلاح کننده با کاتالیزور موجود، این عامل شروع به پلیمریزه شدن نموده، دو طرف ترک را به هم می‌چسباند.

این روش می‌تواند منجر به تولید آسفالتی شود که ترک‌های خود را اصلاح می‌کند. لیوینگستون می‌گوید: "هیچ کس نمی‌تواند برای رشد این فناوری زمانی را پیش‌بینی کند، اما پیشرفت واقعی در حال انجام است و قابلیت‌های موجود بسیار هیجان‌آور می‌باشند."

با این حال، برای استفاده‌کنندگان فعلی آسفالت، تصور نبود دست‌انداز، یا نبود تأخیر به خاطر تعمیرات آسفالت، بسیار دور از دسترس بوده و نگرانی‌های جدی آنها را برطرف نمی‌سازد.

محیط زیست عامل اصلی تأثیرگذار در فرایند تصمیم‌گیری برای پروژه‌های بزرگراه در بسیاری از کشورها است. مزایای یک آسفالت متفاوت برای جاده‌ها از دیدگاه زیست‌محیطی و مصرف انرژی، تنها یک بخش مهم از فرآیند تصمیم‌گیری است. دیدگاه‌های زیست‌محیطی موجب تسریع پیشرفت‌های فنی و اجتماعی می‌شوند. نیازهای چندگانه حفاظت از محیط زیست شامل: محدود نمودن انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف کمتر انرژی، کاهش سر و صدای ترافیک و اطمینان از سلامتی و راحتی در رانندگی، اهدافی هستند که به دلیل ایجاد مسئولیت مشترک، مهم‌تر از تمام پیشرفت‌های علمی می‌باشند.

یکی از این اهداف بستن چرخه مواد یا استفاده صد در صدی از مواد قابل بازیافت در ساخت جاده است. صنعت در این زمینه تجربه زیادی در مورد استفاده از محصولات فرعی در آسفالت به دست آورده است. مثال‌هایی از مواد زایدی که در مخلوط آسفالت مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارتند از: تفاله کوره شیشه‌دمی، خاکستر حاصل از سوزاندن زباله‌های شهری، خاکستر موجود در مراکز تولید برق به وسیله زغال، آجرهای خرد شده، پلاستیک حاصل از سیم‌های برق قدیمی و لاستیک حاصل از تایرهای کهنه. با این حال، استفاده موفقیت‌آمیز از این محصولات وابسته به تحقیقات کامل در زمینه منابع و ویژگی‌های آنها بوده و معمولاً در سطح پایینی قابل انجام است. در این حالت امکان بررسی پیوسته عملکرد آسفالت نیز وجود دارد که خود موضوعی مورد بحث است.

با این حال، مطابق گفته‌های مارک بلشه، مدیر آسفالت لاستیک در پروژه آسفالت‌سازی آرام آریزونا، حمایت عمومی - نه تحقیقات علمی - کلید توسعه صنعت تولید آسفالت با استفاده از محصولات فرعی است.

پروژه آریزونا ارزشی معادل 34 میلیون دلار داشته و در همین سال به پایان خواهد رسید. این پروژه تقریباً 70 درصد (185 کیلومتر) آزادراه ناحیه فونیکس را دربر گرفته و آسفالت آن قادر خواهد بود تا مدت طولانی صدای ناشی از اصطکاک را در جاده کاهش دهد.

آسفالت دارای لاستیک تنها درصد بسیار کم و تقریباً بی‌اهمیتی از درآمد صنعت ساختمان را به خود اختصاص می‌دهد، اما بلشه می‌گوید که با افزایش رغبت عمومی این درصد افزایش خواهد یافت.

به عنوان مثال در ژاپن، گروه تحقیقات آسفالت لاستیک (JARRG)، که شامل مجموعه‌ای از تولیدکنندگان تایر و شرکت‌های آسفالت‌سازی می‌باشد، یک اتصال‌دهنده آسفالت بسیار ویسکوز را

توسعه داده‌اند که از انبساط و پخش تایرهای کهنه‌ای که به صورت بسیار ریز ساییده شده‌اند، تولید می‌شود. این اتصال دهنده در مخلوط آسفالت پخش شده و سپس پخته می‌شود. این ماده می‌تواند به عنوان یک ماده الاستیک مابین مواد متراکم دیگر عمل نموده و از این طریق، ارتعاش و صدا را کاهش دهد. بنا بر اعلام JARRG اقبال عمومی به این محصول بسیار خوب است.

بلشه می‌گوید: "افرادی که در صنعت آسفالت لاستیک درگیر بوده‌اند، همواره سعی کرده‌اند که آن را به دلیل ویژگی‌های مهندسی بسیار عالی‌اش به فروش برسانند. اما بیش از هر چیز این محصول به عنوان کاهش دهنده صدا شناخته شده است و در پشت این قضیه، استقبال عمومی قرار دارد."

وزارت حمل و نقل آریزونا (ADOT) سه سال پیش یک نوع آسفالت را در بزرگراه سوپر استیشن در ناحیه آریزونا به کار برد. بلشه می‌گوید که به محض اتمام آسفالت این بزرگراه، ADOT و مسئولین محلی سیل عظیمی از تلفن‌ها و ایمیل‌ها را دریافت نمودند که از اشتیاق مردم نسبت به این جاده کم‌صداتر حکایت داشت.

البته همه چیز آسفالت لاستیک کامل نیست. این مخلوط باعث ایجاد بخار و بو در فرآیند آسفالت کردن شده، هنوز در مورد قابل بازیافت بودن آن بحث وجود دارد. این آسفالت نسبت به آسفالت‌های معمول بسیار گران‌تر بوده و آسفالت کارانی که تا به حال با این ماده چسبناک کار نکرده‌اند، ممکن است در کار کردن با آن، که باید در یک بازه دمایی معین انجام شود، دچار مشکل باشند.

ممکن است نظر بلشه در مورد نظر عمومی درست باشد، اما روی دیگر سکه این است که خواست استفاده‌کنندگان از جاده کم‌صداتر و در عین حال دارای اثرات زیست‌محیطی کمتر، افزایش یافته است.

این امر باعث تمرکز بیشتر تحقیقات بر روی مسائل مربوط به حمل و نقل، از جمله مواد مورد استفاده در جاده شده است.

افزایش عمومی در میزان حمل و نقل، بار بیشتر بر روی محور، و فشار بیشتر تأیر بر روی جاده، تقاضا برای آسفالت‌های قوی‌تر و بادوام‌تر را افزایش می‌دهد. حمل و نقل بیشتر به این مفهوم نیز می‌باشد که ایجاد مشکل در حمل و نقل برای تعمیرات جاده‌ای مطلوب نیست و این امر موجب ایجاد تقاضای بیشتر برای تحقیق و توسعه مؤثر می‌گردد

کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان

طبق برآوردهای انجام شده تجهیزات ساختمانی سالانه 1000 میلیارد دلار درآمد ایجاد می‌نمایند. صنعت مربوط به تجهیزات ساختمانی یکی از صناعی است که فناوری نانو و نانومواد می‌توانند در آن کاربرد وسیعی داشته باشند. در حال حاضر فناوری نانو در برخی محصولات و تجهیزات ساختمان‌سازی مانند پنجره‌های خود تمیزشونده و صفحات خورشیدی منعطف برای رنگ‌آمیزی ساختمان‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته کاربردهای بسیاری؛ مانند بتن‌های خود ترمیم شونده، مواد ضد اشعه UV و IR، پوشش ضدمه و سقف‌ها و دیوارهای منتشر کننده نور نیز در حال توسعه می‌باشند

امروزه حسگرهای توانمند فناوری نانو قادرند درجه حرارت، رطوبت و ذرات سمی معلق در هوا را کنترل کنند. تا سال 2012 انتظار می‌رود بازار حسگرهای فناوری نانو به 17/2 میلیارد دلار برسد. به زودی حسگرهای ارزان‌قیمت برای کنترل لرزش‌ها، پوسیدگی‌ها و دیگر ملاحظات عملکردی در

ساختمان سازی، وارد بازار خواهند شد. فناوری نانو به سرعت باطری ها و وسایل بدون سیم مورد استفاده در این حسگرها را بهبود می دهد.

در آینده ای نه چندان دور حسگرها در ساختمان ها، جمع آوری اطلاعات درباره محیط و کاربردهای ساختمان سازی، مورد استفاده قرار می گیرند. عناصر تشکیل دهنده ساختمان ها و بناها، هوشمند خواهند شد. البته نانوحسگرها و مواد ساختمان سازی نانویی سئوالاتی را برای طراحان، سازندگان، مالکان و استفاده کنندگان از ساختمان ها ایجاد کرده است. اما آنچه که بدیهی به نظر می رسد این است که ساختمان ها، هوشمند می شوند و نانومواد به عنوان یکی از عناصر اصلی ساختمان مد نظر قرار می گیرد

ریسک های مربوط به سلامتی و محیط زیست

بدون شک ساختمان ها یکی از حوزه های اصلی تماس انسانها با نانوذرات از طریق تنفس یا جذب از طریق پوست می باشد. هم اکنون در سیستم های تصفیه هوای ساختمان از کاتالیست های فلزی نانومقیاس و دیگر کاربردهای فناوری نانو برای از بین بردن آلوده کننده های هوا، استفاده می شود. نانوذرات موجود در این *****ها می توانند از طریق هوا در ساختمان منتشر شده و وارد بدن انسان شوند. بایستی درباره اثرات سلامتی نانوذرات که از طریق تنفس به بدن نفوذ می کنند تحقیقات دقیقی انجام گیرد. ممکن است نانوذرات از طریق محصولات تمیز کننده و روکش ها نیز منتشر شوند

تولید کنندگان نانو*****ها، محصولات تمیز کننده و روکش ها اظهار می کنند فناوری نانو این محصولات را از نظر محیطی نسبت به سایر محصولات بی خطرتر می کند. ما هم اکنون نانوذرات را از

طریق دامنه گسترده‌ای از محصولات، از صفحات خورشیدی تا وسایل آرایش، بدون داشتن اثرات مضر آشکار جذب می‌نماییم.

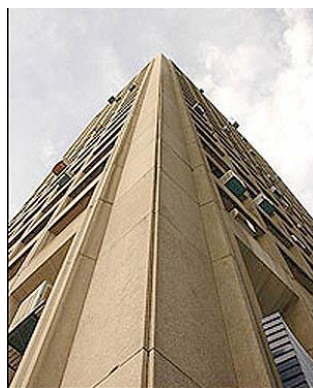
اگر آب مورد استفاده در ساختمان‌ها از طریق نانو*****های موجود در بازار تصفیه شوند ممکن است نانوذرات وارد بدن شوند. انتشار نانوذرات در محیط ممکن است اثرات مخربی بر محیط زیست داشته باشد. ممکن است که پاک‌کننده‌ها نیز از طریق سیستم‌های دفع فاضلاب ساختمان‌ها وارد محیط زیست شوند. در حالی که نانو*****ها پاک‌بودن آب و هوای خروجی از ساختمان‌ها را تضمین می‌کنند، اثرات زیست‌محیطی نانوذرات بایستی به وسیله معماران و محققان مورد بررسی قرار گیرد

ریسک‌های اجتماعی

در صورتی که حسگرها بسیار رایج شوند نوع کاملاً متفاوتی از ریسک ممکن است به وجود آید ممکن است با استفاده گسترده از عناصر هوشمند در ساختمان‌سازی، حریم خصوصی افراد در معرض خطر قرار گیرد. هم‌اکنون فناوری‌های بدون سیم مانند تلفن‌های همراه برای استفاده‌کنندگان در حال گسترش می‌باشد. در اسپانیا، مکزیک و آمریکا ساکنان ساختمان‌ها از طریق تراشه‌های کار گذاشته شده در ساختمان‌ها کنترل می‌شوند. با گسترش فناوری‌های کنترل‌کننده پاسخ استفاده‌کنندگان چه خواهد بود؟ درباره حریم خصوصی افراد، سئوالی که مطرح می‌شود این است که چه کسی محیط ساختمان‌ها را کنترل می‌کند و این عمل را چگونه انجام می‌دهد؟ اگرچه عناصر ساختمان‌ها مناسب با سلاقی استفاده‌کنندگان و شرایط محیطی می‌گردد ولی مسائل مربوط به کنترل ساختمان‌ها می‌تواند به عنوان یکی از مشکلات اساسی مطرح باشد. برای مثال فناوری نانو این امکان را به وجود آورده است تا میزان شفافیت

شیشه‌های پنجره‌های ساختمان‌ها مطابق با سلايق استفاده‌کنندگان تغيير کند، ولی سؤالی که مطرح است این است که چه کسی میزان شفافیت شیشه‌ها را کنترل می‌کند؟

معضلاتي که پذیرندگان اولیه کاربردهاي این فناوری با آن مواجه‌اند با استفاده از نانومواد و فناوری نانو در ساختمان‌سازی همه استفاده‌کنندگان این فناوری نوظهور با مشکلاتی مواجه خواهند شد. سؤالی که در این جا مطرح است این است اگر حادثه بدی رخ دهد آیا ریسک‌های فناوری نانو مورد توجه قرار می‌گیرد؟ باید به خاطر داشت که توسعه‌دهندگان فناوری نانو در ابتدا از مزایای این فناوری بسیار صحبت نمودند. اما آنچه که بدیهی به نظر می‌رسد این است که تا به امروز به همه جنبه‌های نانومواد و فناوری نانو توجه نشده است. لذا بایستی ترسی از توسعه نانومواد و فناوری نانو نداشته باشیم زیرا که فناوری نانو دربرگیرنده فرصت‌های ارزشمندی برای بهبود عملکرد ساختمان‌ها، سلامت استفاده‌کنندگان و کیفیت محیط‌زیست می‌باشد.



استفاده از فناوری نانو برای پیشگیری از ریزش پل‌ها

محققان دانشگاه «میشیگان» موفق به ساخت پوششی از جنس نانو لوله‌های کربنی شده‌اند که به ادعای آنها می‌توانند مانع از تکرار سوانحی مانند ریزش پل I-35 بر روی رودخانه «می سی سی پی» و یا وارد شدن آسیب به هواپیماها و فضاپیماها شود.

به گفته جروم لینچ، استادیار دانشگاه میشیگان و مسئول این تحقیق، این پوشش فناوری برتر از لایه‌هایی از پلیمر با شبکه‌هایی از نانو لوله‌های کربنی ظریف ساخته شده است و می‌تواند الکترون‌ها را در سرعت‌های پرتابی هدایت کند.

این لایه باریکتر از یک تار موی انسان است اما به بازرسان و متخصصان امکان می‌دهد که بدون آزمایش کردن فیزیکی بتوانند از نزدیک صحت و سلامت یک پل یا یک ساختمان را کنترل کنند.

در این روش هیچ نیازی به مداخله انسان نیست، فقط وقتی این فناوری نانو در جایی به کار گرفته شود، پوششی در اختیار خواهیم داشت که در هر زمانی که تحریک شود، در برابر عوامل محیطی واکنش نشان خواهد داد.

این لایه‌ها ویژگی‌های حسی متفاوتی دارند، برای مثال یک لایه ممکن است نسبت به خاصیت اسیدی فلز و لایه دیگر به شکستگی‌ها یا کشیدگی‌ها حساسیت داشته باشد.

وقتی شکستگی یا کشیدگی بر روی پل یا ساختمان اعمال شود رفتار الکترون‌هایی که از میان لایه عبور می‌کنند تغییر می‌کند.

به منظور جمع‌آوری این تغییرات که در صورت بروز حادثه ایجاد می‌شوند دانشمندان از الکترودها یا گره‌های بی‌سیم استفاده می‌کنند که در طول ساختار پل تعبیه شده‌اند.

هر گره دارای یک رایانه ظریف است که اطلاعات به دست آمده از شبکه های نانولوله را تحلیل و بررسی می کند و به صورت دوره یی سیگنال هایی را از طریق یک شبکه بی سیم به نزدیکترین سرور رایانه یی ارسال می کند.

به این ترتیب متخصصان می توانند از راه دور هر گونه آسیب احتمالی وارد شده به پل را در همان مراحل بسیار اولیه و پیش از وقوع حادثه شناسایی و در نتیجه پیشگیری کنند.

در مورد فضاییها هم به این ترتیب است که فضانوردان می توانند با استفاده از این پوشش از داخل شاتل و بدون نیاز به پیاده روی های خطرناک فضایی، آسیب های احتمالی وارد شده به شاتل را بازرسی کنند

نقلاب فناوری نانو در معماری دانشجویان دانشگاه ایالتی بال با همکاری موسسه فناوری ایلینویز ساختمان هایی را طراحی می کنند که در آنها از نانومواد استفاده می شود. انتظار می رود این ساختمان ها در طی 20 سال آینده به طور انبوه ساخته شوند.

این ساختمان ها در برگیرنده قطعات مبتنی بر ساختار نانولوله های کربنی، روشنایی مبتنی بر نقاط کوانتومی و نانوسنسور هایی است که به همراه هم ساختمان هایی مستحکم تر، هوشمندتر و حساس تر نسبت به محیط را ایجاد خواهند کرد.

در پروژه این دانشجویان قطعات مبتنی بر نانولوله ها، ساخت دیوارهای شفاف و مقاوم در برابر فشار، بدون نیاز به ستون و حایل را ممکن می سازند.

با استفاده از نقاط کوانتومی می توان دیوارها و سقف های روشن یا با رنگ متغیر از طریق زدن یک کلید، ساخت. نانوسنسورها در عناصر ساختمان محیط هوشمندی را ایجاد می کند که در آن ساختمان ها دائما با

محیط خود منطبق می‌شوند. لازم به ذکر است که این دانشجویان در پروژه خود ملاحظات اجتماعی و محیطی ناشی از فناوری‌نانو را نیز مدنظر قرار داده‌اند.

فناوری نانو در تصفیه آب

این گزارش مروری بر انواع کاربردهای فناوری‌نانو در تصفیه آب است و برای نشان دادن هر یک از آنها، به مثال‌های ویژه‌ای از نوآوری‌های فناوری‌نانو اشاره می‌شود. باید توجه داشت که در حوزه فناوری‌نانو محصولات و روش‌های بسیار دیگری توسعه یافته، یا می‌توانند موجود باشند و اینکه بسیاری از اطلاعات موجود درباره این مثال‌ها مبتنی بر اطلاعاتی است که تولیدکنندگان منتشر کرده‌اند. از آن جایی که این محصولات هنوز در بازار موجود نبوده، یا مدت زیادی از حضورشان در بازار نمی‌گذرد، مطالعات پراکنده‌ای نسبت به عملکرد آنها در حال انجام است. این متن به اطلاعات موجود درباره خطرات ناشی از این فناوری برای سلامت بشر یا محیط‌زیست اشاره ندارد؛ چرا که این موضوع نیازمند بحث جداگانه‌ای است.

1. فناوری نانولوله‌های کربنی

1-1. غشاهای نانولوله‌ای

نانولوله‌های کربنی می‌توانند برای تشکیل غشاهایی با تخلخل نانومتری و دارای قابلیت جداسازی آلودگی‌ها، به طور یکنواخت هم‌راستا شوند. تخلخل‌های نانومتری نانولوله‌ها این فیلترها را از دیگر فناوری‌های فیلتراسیون بسیار انتخاب‌پذیرتر نموده است. همچنین نانولوله‌های کربنی دارای سطح ویژه بسیار بالا، نفوذپذیری زیاد و پایداری حرارتی و مکانیکی خوبی هستند. اگر چه چندین روش برای سنتز نانولوله‌های کربنی استفاده شده است، غشاهای نانولوله‌ای می‌توانند به وسیله پوشش‌دهی یک ویفر

سیلیکونی با نانوذرات فلزی به عنوان کاتالیست، که موجب رشد عمودی و فشردگی بسیار زیاد نانولوله‌های کربنی می‌شود، سنتز شوند و پس از آن برای افزایش پایداری، فضای بین نانولوله‌های کربنی را با مواد سرامیکی پر نمود.

حذف آلودگی‌ها

مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که غشاهای نانولوله‌ای می‌توانند تقریباً همه انواع آلودگی‌های آب را حذف کنند؛ این آلودگی شامل باکتری، ویروس، ترکیبات آلی و تیرگی است. همچنین این غشاها نویدی برای فرایند نمک‌زدایی و گزینه‌ای برای غشاهای اسمز معکوس هستند.

مقدار تصفیه آب

اگر چه تخلخل نانولوله‌های کربنی به طور قابل توجهی کوچک است، غشاهای نانولوله‌ای نشان داده‌اند که به خاطر سطح داخلی صاف نانولوله‌ها، شدت جریان بیشتر یا یکسانی نسبت به تخلخل‌های بسیار بزرگ‌تر دارند.

هزینه

با توسعه روش‌های جدید و بسیار مؤثر برای تولید نانولوله‌های کربنی، هزینه تولید غشاهای نانولوله‌ای به طور پیوسته کاهش می‌یابد. بر اساس پیش‌بینی برخی منابع، به دلیل کاهش قیمت نانولوله‌های کربنی، غشاهای نانولوله‌ای بسیار ارزان‌تر از سایر غشاهای فیلتراسیون، غشاهای اسمز معکوس، سرامیک و غشاهای پلیمری خواهد شد. از آن جا که نانولوله‌های کربنی شدت جریان بالایی را نشان می‌دهند، فشار مورد نیاز برای انتقال آب نسبت به فرایند نمک‌زدایی با اسمز معکوس، کاهش می‌یابد و به دلیل این

ذخیره انرژی، نمک زدایی با استفاده از فیلترهای نانولوله‌ای بسیار ارزان‌تر از اسمز معکوس خواهد بود. انتظار می‌رود غشاهای نانولوله‌ای بسیار بادوام‌تر از غشاهای متداول باشند و استفاده مجدد از آنها بازدهی فیلتراسیون را کاهش ندهد.

روش مصرف

غشاهای نانولوله‌ای می‌توانند در گزینه‌های مشابهی به عنوان غشاهای میکروفیلتراسیون و اولترا فیلتراسیون استفاده شوند. مطالعات نشان می‌دهد که این مواد بادوام و در برابر گرما مقاومند و تمیز کردن و استفاده مجدد از آنها ساده است و با استفاده از فرایند اولتراسونیک و اتوکلاو در 121°C در مدت 30 دقیقه تمیز می‌شوند.

توضیحات تکمیلی

انتظار می‌رود در پنج الی ده سال آینده، شاهد ورود غشاهای نانولوله‌ای نمک‌زا به بازار باشیم. اخیراً محققان برای غلبه بر چالش‌های مرتبط با افزایش مقیاس فناوری، فعالیت‌های تازه‌ای را مدنظر قرار داده‌اند.

1-2. نانوغربال‌ها

آزمایشگاه‌های سلدن (Seldon)، چندین طرح مبتنی بر فیلترهای نانوغربال را توسعه داده‌اند. نانوغربال از نانولوله‌های کربنی جفت شده با یکدیگر تشکیل می‌شود که روی یک زیرلایه متخلخل و منعطف قرار گرفته‌اند. و می‌توان برای تشکیل فیلترهای شبه کاغذی، آنها را روی یک زیرلایه صاف و یا لوله‌ای

قرار داد، با این کار توانایی پیچیده شده شدن به اطراف هر ساختار استوانه‌ای متداول و یا هر ساختار دیگری را به دست می‌آورند، همچنین برای افزایش سطح فیلتر می‌توان نانوغربال‌های مسطح را تا زد. اخیراً در آزمایشگاه‌های مذکور چندین نمونه فیلتر قابل حمل مبتنی بر این فناوری، برای خالص‌سازی آب ساخته شده‌اند؛ این فیلترها در اندازه قلم بوده و تحت عنوان ابزارهای فیلتراسیون نی‌مانند به نام water stick معروف هستند.

حذف آلودگی‌ها

از نانوغربال‌ها می‌توان در حذف گستره وسیعی از ترکیبات آلی و معدنی و یا مواد زیستی استفاده کرد. این فیلتر می‌تواند از چندین لایه نانولوله کربنی ساخته شود که هر لایه قابلیت حذف نوع متفاوتی از ترکیبات را دارد. نانوغربال‌های مورد استفاده در Water stick توانایی حذف بیش از 99/99 درصد از باکتری‌ها، ویروس‌ها، کیست‌ها، میکروب‌ها، کپک‌ها، انگل‌ها، و همچنین کاهش قابل توجه آرسنیک و سرب را دارند. نانوغربال‌های چند عملکردی نیز مانند ترکیبات معدنی اعم از فلزات سنگین، کودها، فاضلاب‌های صنعتی و دیگر مواد می‌توانند ترکیبات آلی از قبیل Pesticide ها و herbicide ها را حذف نمایند. همچنین می‌توان فیلتر را با یک لایه ضدباکتری برای جلوگیری از تشکیل فیلم بیولوژیکی پوشاند. در حال حاضر آزمایشگاه‌های سلدن مشغول ارتقای این فناوری برای استفاده از آن در نمک‌زدایی از آب دریا هستند.

مقدار تصفیه آب

نانوغربال‌ها در مقایسه با دیگر ابزارهای فیلتراسیون که دارای همان اندازه تخلخل هستند، به دلیل خواص انتقال جرم سریع نانولوله‌ها، بدون استفاده از فشار، شدت جریان مناسبی را تأمین می‌کنند. در یک فیلتر نمونه با قطر پنج سانتی‌متر شدت جریان شش لیتر بر ساعت مشاهده شده است. همچنین water stick برای تصفیه یک لیتر آب آلوده در 90 ثانیه طراحی شده است. این فیلتر، در طول عمر مفیدش 200 تا 300 لیتر آب تولید می‌کند؛ اگر چه این مقدار می‌تواند با تغییرات پیش از فیلتراسیون افزایش داده شود.

هزینه

آزمایشگاه سازنده برای قیمت‌گذاری water stick یک طرح رقابتی را با دیگر فناوری‌های مشابه در نظر دارد، تا این فناوری برای مردم کشورهای در حال توسعه قابل استفاده باشد.

روش مصرف

Water stick که شبیه نی نوشیدنی طراحی شده آب تمیز آشامیدنی تولید می‌کند. اخیراً نمونه‌ای از Water stick به گونه‌ای طراحی شده است که می‌توان وسیله‌ای با فیلتر قابل تعویض را طراحی کرد. علاوه بر این هنگامی که عمر مفید این فیلتر به پایان می‌رسد، به طور اتوماتیک جریان را متوقف می‌کند. نانوغربال‌ها توان ترکیب با دیگر ابزارهای فیلتراسیون را دارند.

توضیحات تکمیلی

آزمایشگاه‌های سلدن، سیستم تولیدی را برای تولید نانوغربال‌ها توسعه داده‌اند؛ این سیستم دارای صرفه اقتصادی، ظرفیت تولید 276 متر مربع بر ماه است که هر متر مربع برای 396 فیلتر کافی است. در حال حاضر پزشکان آفریقایی نمونه‌ای از water stick را مورد استفاده قرار داده‌اند.

2. روش‌های دیگر نانوفیلتراسیون

1-2. فیلتر آلومینای نانولیفی

شرکت Argonide فناوری جاذب‌های نانولیفی را به صورت کارتریج فیلترهای نانوسرام عرضه کرده است. این جاذب‌ها از نانوالیاف آلومینا با بار مثبت روی زیرلایه شیشه‌ای تشکیل شده‌اند. نانوالیاف آلومینا سطح بیشتری نسبت به الیاف متداول داشته و بار مثبت بالایی دارند که باعث جذب سریع‌تر آلودگی‌های باردار منفی از قبیل ویروس‌ها، باکتری‌ها و کلوئیدهای آلی و غیرآلی می‌شود.

حذف آلودگی‌ها

فیلترهای نانوسرام بیش از 99/99 درصد ویروس‌ها، باکتری‌ها، انگل‌ها، ترکیبات آلی طبیعی، DNA و کدری را حذف می‌کند، همچنین دارای قابلیت جذب 99/9 درصد از نمک‌ها، مواد رادیواکتیو و فلزات سنگین از قبیل کروم، آرسنیک و سرب را هستند، حتی اگر ذرات، نانومقیاس و یا حل شده باشند. فیلترهای نانوسرام در PH بین پنج تا 9 بهتر عمل می‌کنند.

مقدار تصفیه آب

شدت جریان فیلترهای نانوسرام بدون استفاده از فشار حدود یک تا $1/5$ لیتر بر ساعت، به ازای هر سانتی متر مربع از فیلتر است. حداکثر فشار چهار bar می تواند به فیلتر اعمال شود که منجر به شدت جریان 9 تا ده لیتر بر ساعت به ازای هر سانتی متر مربع از فیلتر خواهد شد. کارتریج فیلترهای نانوسرام دارای یک طراحی تاخوردده است که سطح آنها را افزایش می دهد. همچنین طبق گزارش فیلتر به طور متوسط مقاومت عملکردی بالایی نسبت به غشاهای بسیار متخلخل دارد.

هزینه

شرکت آرگوناید (Argonide) هزینه تولید فیلترهای نانوسرام را ارزان اعلام کرده است؛ چرا که آنها می توانند با استفاده از فناوری کاغذسازی تولید شوند. در حال حاضر هر متر مربع فیلتر ده دلار هزینه برمی دارد، که ممکن است این مقدار به سه دلار برسد. کارتریج فیلترها به ازای 20-200 فیلتر، وابسته به قطر آنها در حدود 37 دلار هزینه دارند. صفحات فیلتر می توانند با قرار گرفتن در اطراف لوله های فلزی، بین دو فیلتر متداول و یا در یک نگهدارنده مجزا، هزینه نهایی فیلتر را کاهش دهند. فیلترهای نانوسرام به جای جمع آوری ذرات بسیار ریز بر روی سطح، آنها را جذب می کنند؛ بنابراین نسبتاً عمر مفید و طولانی تری دارند.

روش مصرف

مطابق با توصیه های شرکت آرگوناید، فیلترهای نانوسرام به تصفیه های پیشین و یا پسین، تمیز کردن، شارژ مجدد فیلتر و یا از بین بردن مواد زاید خطرناک نیاز ندارند. این فیلترها به طور همزمان ترکیبات

شیمیایی و بیولوژیکی را بدون استفاده از مواد گندزدای شیمیایی و یا مواد منعقد کننده، حتی در آب های شور بسیار کدر حذف می کنند.

توضیحات تکمیلی

به گفته شرکت آرگوناید، فیلترهای نانوسرام می توانند پودرهای بسیار ریز فلزی حذف شده را برای کاربردهای صنعتی بازیافت کنند.

2-3. نانوالیاف جاذب جریان

شرکت KX طرحی از فیلترهای جاذب جریان شامل نانوالیاف را با هدف استفاده در کشورهای در حال توسعه بهره برداری کرده است. فیلتر شامل یک لایه پیش فیلتراسیون برای حذف چرک ها، یک لایه جاذب برای حذف آلودگی های شیمیایی و یک لایه نانوالیاف برای حذف آلودگی ها و ذرات کلوئیدی است. نانوالیاف از چندین پلیمر آب دوست، رزین ها، سرامیک ها، سلولز، آلومینا و دیگر مواد ساخته می شوند. این فناوری در مقیاس های خانگی و شهری قابل دسترسی است.

حذف آلودگی ها

طبق گزارش ها، فیلترهای سطح فعال بیش از 99 درصد از باکتری ها، ویروس ها، انگل ها، آلودگی های آلی و دیگر آلودگی های شیمیایی را حذف می کنند.

مقدار تصفیه آب

طبق اعلام شرکت سازنده، مقیاس خانگی فیلترهای سطح فعال می تواند به ازای هر فیلتر 375 لیتر آب را با سرعت چهار تا شش لیتر بر ساعت تولید کند. در مقیاس روستایی بیش از 7500 لیتر بر روز با سرعت 5/6 لیتر بر دقیقه تولید می کند. در مقیاس روستایی هر فیلتر برای بیش از 95 هزار لیتر آب مؤثر است.

هزینه

انتظار می رود فیلترهای خانگی شش تا 11 دلار فروخته شوند و فیلترهای جایگزین برای آنها 0/8 تا 0/9 دلار هزینه دربر خواهد داشت؛ یعنی 0/002 دلار به ازای هر لیتر آب. همچنین فیلترهای روستایی بین 100 تا 150 دلار هزینه خواهند داشت که تقریباً 0/0003 دلار به ازای هر لیتر است.

روش مصرف

طراحی فیلترهای سطح فعال به گونه ای است که بدون استفاده از تجهیزات وسیع، یا نگهدارنده به آسانی قابل استفاده باشند.

3. سرامیک های نانوحفره ای، کُلی ها و دیگر جاذب ها

3-1. غشای سرامیکی نانوحفره ای

شرکت آلمانی AG Nanovation، طرحی از فیلترهای سرامیکی نانوحفره ای را تحت عنوان Nano pore و سیستم های فیلتراسیون غشایی را با مقیاس های متنوعی عرضه نموده است. فیلترهای غشایی Nano pore از نانوپودرهای سرامیکی روی مواد پایه از قبیل آلومینا تشکیل شده اند و در اندازه های

متفاوت و در دو شکل لوله‌ای و مسطح موجود هستند. این محصولات با استفاده از نانوپودرهای سرامیکی شرکت و تحت فرایندهای پیوسته تولید می‌شوند.

حذف آلودگی‌ها

طبق ادعای شرکت سازنده، فیلترهای غشایی Nanopore باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها به طور مؤثر از آب حذف می‌کنند. علاوه بر این آزمایش‌های کیفی آب، Coliform، fecal coliform، Salmonella یا streptococci را در آب تصفیه شده نشان نمی‌دهند.

مقدار تصفیه آب

مقدار آب تولیدی وابسته به اندازه و شکل فیلتر و کیفیت آب تصفیه شده است. یک واحد فیلتراسیون با ابعاد $120 \times 60 \times 15$ cm سطحی معادل با 112 m^2 ایجاد کرده، می‌تواند 8 هزار لیتر آب آلوده را در روز تصفیه کند.

هزینه

تولید سیستم‌های فیلتراسیون غشایی بر مبنای pore Nano با فرایندهای پیوسته که همزمان تمامی لایه‌های فیلتر مونتاژ می‌شوند، ارزان است؛ هنگامی که تمامی هزینه‌های فیلتراسیون که شامل حفظ، جایگزینی فیلترها، تمیز کردن عوامل و هزینه‌های عملیاتی است، با مواردی از قبیل عمر طولانی تر فیلتر، پایداری بیشتر و تمیز کردن کمتر همراه شوند، هزینه این فیلترها با فیلترهای پلیمری قابل رقابت می‌گردد.

روش مصرف

فیلترهای غشایی Nano pore با توجه به خواص ضد رسوبی بسیار شدید خود نیاز به تمیزسازی مکرر ندارند. همچنین می‌تواند به جای پاکسازی شیمیایی با بخار استریزه شود. غشاهای Nano pore نسبت به آلودگی‌های قارچی و باکتریایی، اصطکاک، اسید و بازهای غلیظ شده، دمای بالا و اکسیداسیون مقاوم هستند.

2-3. تک‌لایه‌های خودآرا روی پایه‌های مزوپروس (SAMMS)

آزمایشگاه ملی پسیفیک نورث وست (PNNL) تک‌لایه‌های خود آرا روی پایه‌های مزوپروس را توسعه داده است. این فناوری از مواد سرامیکی یا شیشه‌ای با تخلخل نانومتری شکل گرفته است؛ به طوری که تک‌لایه‌ای از مولکول‌ها می‌توانند به یکدیگر متصل شوند. تک‌لایه و لایه مزوپروس، قابلیت برنامه‌ریزی شدن برای حذف آلودگی‌های خاصی را دارند. SAMMS نسبت به بسیاری از غشاها و فناوری‌های جاذب دیگر، جذب سریع‌تر، ظرفیت بالاتر و انتخاب‌پذیری بهتری را از خود نشان داده است. SAMMS برای حذف آلودگی‌های فلزی از آب آشامیدنی، آب‌های زیرزمینی و فاضلاب‌های صنعتی طراحی شده است.

حذف آلودگی‌ها

PNNL مدعی است که SAMMS 9/99 درصد از جیوه، سرب، کروم، آرسنیک، کادمیم، فلزات پرتوزا و دیگر سموم فلزی را جذب می‌کند. همچنین طبق گزارش‌ها، SAMMS می‌تواند برای حذف

فلزات خاصی برنامه‌ریزی شود؛ ولی برخی فلزات از قبیل کلسیم، منیزیم و روی را حذف نمی‌کند. SAMMS برای حذف آلودگی‌های زیستی، یا آلی مؤثر نیست.

مقدار تصفیه آب

از SAMMS می‌توان در گستره وسیعی از کاربردها از تصفیه آب مصرفی گرفته تا تصفیه فاضلاب‌های صنعتی، استفاده کرد. این فیلترها سطح ویژه‌ای در حدود 600 تا هزار متر مربع به ازای هر گرم دارند. تولید هر کیلوگرم SAMMS، 150 دلار هزینه دارد که با نمونه‌ای از رزین تعویض یونی با هزینه 42 دلار و کربن فعال با هزینه 1/78 دلار به ازای هر کیلوگرم قابل مقایسه است. همچنین برای حذف یک کیلوگرم جیوه، 13 کیلوگرم SAMMS مورد نیاز است و در مقابل، 154 کیلوگرم رزین تعویض یونی و 40 هزار کیلوگرم کربن فعال مورد نیاز خواهد بود.

روش مصرف

SAMMS به پودری شکل و اکستروود شده است که می‌تواند برای فیلترهای تعویض یونی مناسب باشد. این فیلترها گاهی اوقات به منظور حذف آلودگی‌های جذب شده با یک محلول اسیدی احیا می‌شوند. آلودگی‌های ایجاد شده از احیای SAMMS طبق استانداردهای سازمان حفظ محیط زیست آمریکا غیرسمی بوده، می‌توانند به عنوان یک آلودگی متداول تصفیه شوند.

Arsenx .4-3

Arsenx، یک رزین جاذب متشکل از نانوذرات اکسید آهن آب دار روی یک زیرلایه پلیمری است و برای حذف آرسنیک و دیگر آلودگی‌های فلزی به کار می‌رود. نانوذرات، سطح ویژه بالا، ظرفیت بیشتر و سینتیک جذب سریع تری فراهم می‌نماید. Arsenx می‌تواند برای کاربردهای مصرفی کوچک و یا استفاده‌های صنعتی و شهری بزرگ طراحی شود، همچنین در و نیز در ابزارهای طراحی شده برای رزین‌های تعویض یونی مورد استفاده قرار گیرد.

حذف آلودگی‌ها

Arsenx موادی از قبیل آرسینک، وانادیم، اورانیوم، کروم، آنتیموان و مولیبدن را حذف و سولفات‌ها، کربنات‌ها، فلوریدها، کلریدها، سدیم، منیزیم و یا آلودگی‌های زیستی را حذف نمی‌کند.

مقدار تصفیه آب

شدت جریان عبوری آن بسیار وابسته به نوع ابزاری است که Arsenx استفاده می‌کند. بدون در نظر گرفتن طراحی سیستم، برای تماس بین Arsenx و آب $2/5$ تا سه دقیقه زمان نیاز است. هر گرم Arsenx حدوداً 38 میلی گرم آرسنیک را نگه می‌دارد.

هزینه

شرکت Solmetex اشاره می‌کند که با توجه به کم شدن ظرفیت Arsenx در طول احیاء، می‌تواند نسبت به جاذب‌های دیگر در طی حیاتش هزینه کمتری داشته باشد. هزینه اولیه سیستم وابسته به

طراحی‌های متفاوت آن است، اما به طور متداول از 0/07 تا 0/2 دلار به ازای هر هزار لیتر گزارش شده است که شامل هزینه‌های استهلاک و هزینه‌های عملیاتی و حفظ و نگهداری است.

روش مصرف

Arsenx به گفته شرکت Sometex می‌تواند به عنوان رزین‌های تعویض یونی در زمینه‌های مشابه مورد استفاده قرار گیرد. این فیلتر نیاز به پیش یا پس تصفیه نداشته و گاهی اوقات با محلول سود سوزآور احیا می‌شود و متناسب با سطح آلودگی، بعد از سه ماه تا یک سال خاصیت خود را از دست خواهد داد. گزارش‌ها حاکی از آن است که زیرلایه پلیمری Arsenx بادوام بوده و می‌تواند در گسترده‌دمایی یک تا 80 درجه سانتی‌گراد عمل کند.

3-5. پلیمر حفره‌ای سیکلودکسترن

سیکلودکسترن یک ترکیب پلیمری است که از ذراتی با حفره‌های استوانه‌ای تشکیل شده است؛ این ذرات می‌توانند آلودگی‌های آلی را جدا کنند.

پلیمر سیکلودکسترن را می‌توان به صورت پودر، دانه‌ای و یا لایه نازک برای استفاده در ابزارها و کاربردهای متفاوت تولید کرد. به هر حال پلیمر سیکلودکسترن برای تصفیه آب مصرفی استفاده شده و همچنین می‌تواند برای تصفیه در جای آب‌های زیرزمینی یا پاکسازی فاضلاب‌های شیمیایی آلی و نفتی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

حذف آلودگی‌ها

سیکلودکستین گستره وسیعی از آلودگی‌های آلی شامل بنزن، هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک، فلورین‌ها، و آلودگی‌های حاوی نیتروژن، استن، کودها، Pesticid ها و بسیاری دیگر را حذف می‌کند. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که پلیمرسیکلودکستین این آلودگی‌ها را تا حد ppt کاهش می‌دهد، در حالی که کربن فعال و زئولیت این آلودگی‌ها را تا حد ppm کاهش می‌دهد. همچنین پلیمر صد هزار مرتبه بیشتر از کربن فعال، ترکیبات آلی پیوند می‌دهد و بازدهی حذف یکسانی برای آب با غلظت آلودگی پایین را نشان داده است. پلیمرسیکلودکستین تحت تأثیر رطوبت هوا قرار نگرفته، می‌تواند در نواحی مرطوب بدون اشباع یا غیرفعال شدن، مورد استفاده قرار گیرد. همچنین آلودگی‌های جذب شده را از خود عبور نمی‌دهد.

مقدار تصفیه آب

پلیمرسیکلودکستین ظرفیت بارگذاری 22 میلی گرم از آلودگی‌های آلی به ازای هر گرم از پلیمر را دارد، که با 58 میلی گرم به ازای هر گرم کربن فعال قابل مقایسه است. این پلیمر برای تماس با آب آلوده حدوداً به پنج ثانیه زمان نیاز دارد. و در حین احیا ظرفیت خود را از دست نداده، می‌تواند به طور نامحدودی استفاده شود.

هزینه

تولید پلیمرسیکلودکسترین، ارزان بوده است و می توان آن را مستقیماً از نشاسته، با تبدیل 100 درصد تولید شود. انتظار می رود که تولید انبوه، هزینه آن را پایین تر از قیمت کربن فعال و زئولیت آورد. شرکت پژوهشی محصولات پلیمری اشاره می کند که روشی را جهت افزایش مقیاس این فرایند برای تولید مواد توسعه داده است. اخیراً شرکت پژوهشی Manhattan یک فناوری را برای کاربردهای مصرفی توسعه داده و اظهار می دارد که تولید انبوه موجب ارزان تر شدن پلیمر نسبت به سایر روش های حذف آلودگی های آلی خواهد شد.

روش مصرف

پودر سیکلودکسترین می تواند در ستون، کارتریج و یا فیلترهای بستری به گونه ای متراک شود که آب از آن بگذرد. سیکلودکسترین دانه ای می تواند مستقیماً در منبع یا لوله های آب به کار رود و لایه نازک آن می تواند روی زیرلایه ای از شیشه برای تشکیل غشاء قرار گیرد. از همه اشکال متفاوت سیکلودکسترین می توان در ابزارهای طراحی شده برای فیلترها، غشاها و یا جاذب ها استفاده کرد.

پلیمرسیکلودکسترین هم آب دوست و هم آب گریز است؛ لذا می تواند بدون استفاده از فشار برای جذب آب از میان تخلخل ها مورد استفاده قرار گیرد. پلیمر گاهی اوقات به احیا با استفاده از یک الکل ساده از قبیل اتانول یا متانول نیاز خواهد داشت و ممکن است به خاطر به ظرفیت بارگذاری پائین آن نسبت به کربن فعال و جاذب های دیگر به عملیات بیشتری نیاز داشته باشد.

توضیحات تکمیلی

آلودگی‌هایی که پلیمر سلیکودکسترین جذب می‌کند، می‌تواند بعد از احیا، برای کودها، Pesticide ها و محصولات صنعتی دیگر بازیافت شود.

3-6. نانوکامپوزیت‌های پلی‌پایرون- نانولوله کربنی

آزمایشگاه ملی پاسیفیک نورث وست یک غشای نانوکامپوزیتی شامل لایه نازکی از یک پلیمر جاذب موسوم به پلی‌پایرون را روی ماتریسی از نانولوله‌های کربنی که سطح مخصوص و پایداری غشا را افزایش می‌دهند، توسعه داده است. برخلاف جاذب‌های دیگر که به احیای شیمیایی نیاز دارند این غشاها می‌توانند به طور الکتریکی احیا می‌شوند.

حذف آلودگی‌ها

غشاهای پلی‌پایرون دارای نانولوله کربنی با بار مثبت است و می‌توان پرکلرات‌ها، سزیم، کروم و دیگر آلودگی‌های باردار منفی را حذف کند. همچنین غشاهای نانوکامپوزیتی می‌توانند برای حذف نمک طراحی شوند. از آنجا که پلی‌پایرون می‌تواند به طور منفی باردار شود، بنابراین این غشاء ذرات باردار مثبت از قبیل کلسیم و منیزیم را حذف می‌کند.

مقدار تصفیه آب

غشاهای نانوکامپوزیتی پلی پیرون- نانولوله کربنی قابل استفاده مجدد هستند آزمایش ها نشان می دهد که این غشاها بعد از صد دوره استفاده بسیار کم بازدهی خود را از دست می دهند. همچنین به خاطر خواص انتقال جرم سریع نانولوله های کربنی شدت جریان بالایی دارند.

هزینه

انتظار می رود که غشاهای پلی پیرون- نانولوله کربنی در استفاده طولانی مدت، نسبتاً کم هزینه باشند؛ چرا که آنها می توانند بدون از دست دادن قابل توجه ظرفیت جذب، احیا شده، استفاده شوند. این غشاها هزینه های مرتبط با خرید و ذخیره سازی مواد شیمیایی احیاکننده و تعلیم کاربران را ندارند. علاوه بر این، انتظار می رود که هزینه نانولوله های کربنی در پنج سال آینده بین ده تا صد برابر کاهش یابد.

روش مصرف

این غشاها آلودگی های ثانویه خطرناک تولید نمی کنند. با بکارگیری جریان الکتریکی، بار پلیمر خنثی شده و آلودگی های جذب شده، از غشا آزاد می شوند. با حذف آلودگی ها، پلیمر می تواند دوباره باردار شده و مجدداً استفاده شود.

4. زئولیت

4-1. زئولیت‌های طبیعی، مصنوعی، زغال‌سنگ و ترکیبی

زئولیت‌ها مواد جاذب با ساختار شبکه‌ای جهت تشکیل تخلخل‌ها هستند. آنها می‌توانند از منابع طبیعی به دست آمده و یا سنتز شوند. زئولیت‌های مصنوعی معمولاً از محلول‌های سیلیکون-آلومینیوم یا زغال‌سنگ ساخته شده و به عنوان جاذب یا ابزار تعویض یونی در کارتریج یا فیلترهای ستونی به کار می‌روند. شرکت فناوری‌های AgION ترکیبی از زئولیت‌ها و یون‌های نقره طبیعی با خواص ضدباکتری تولید می‌کند.

حذف آلودگی‌ها

زئولیت‌ها به طور متداول برای حذف آلودگی‌های فلزی به کار می‌روند. زئولیت‌های طبیعی مکزییک و مجارستان، آرسنیک را از منابع آب آشامیدنی تا حد مورد پذیرش سازمان بهداشت جهانی کاهش می‌دهند. زئولیت‌های ساخته شده از زغال‌سنگ می‌توانند گستره‌ای از فلزات سنگین شامل سرب، مس، روی، کادمیم، نیکل و نقره را از آب آلوده جذب کنند. همچنین می‌توانند تحت شرایط خاصی کروم، آرسنیک و جیوه را جذب کنند. ظرفیت جذب زئولیت‌ها متأثر از چند عامل؛ ترکیشان، PH آب و غلظت انواع آلودگی‌هاست. به عنوان مثال تأثیرات PH آب بر روی سطح باردار شده منفی و یا مثبت زئولیت قابل ذکر است. همچنین با توجه جذب آسان سرب و مس در زغال‌سنگ، غلظت بالای این مواد، مقدار کادمیم و نیکل حذف شده را کاهش می‌دهد. ترکیبات زئولیت-نقره AgION، بازدهی را در مقابل میکروارگانیسم‌ها که شامل باکتری‌ها و کپک‌هاست، ارتقا می‌دهند. زئولیت نمی‌تواند

آلودگی‌های آلی را به قدر کافی حذف کند، همچنین رطوبت هوا در اشباع ژئولیت‌ها دخالت داشته، موجب کاهش بازدهی آنها می‌شود.

مقدار تصفیه آب

مقدار آبی که ژئولیت‌ها می‌توانند تصفیه کنند، وابسته به منبع ژئولیت و ابزاری است که آنها استفاده می‌کنند. در مورد ژئولیت‌های زغال‌سنگ، محتوای کربن این ماده به طور قابل توجهی سطح مخصوص و در نتیجه ظرفیت جذب ژئولیت را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

هزینه

ژئولیت‌ها را می‌توان به طور ارزان تولید کرد زیرا منبع آنها به طور طبیعی و فراوان در دسترس است. در آمریکا ژئولیت‌های دانه‌ای برای کاربردهای صنعتی و کشاورزی بین 30 تا 70 دلار به ازای هر تن و برای محصولات مصرفی بین 0/5 تا 4/5 دلار به ازای هر کیلوگرم هزینه دارند.

روش مصرف

چگونگی مصرف ژئولیت‌ها بسیار وابسته به نوع ابزاری است که در آن استفاده می‌شوند. این ابزار می‌تواند شامل رزین‌های تعویض یونی، کارتریج و ابزارهای ستونی و غیره باشند. علاوه بر این ژئولیت‌ها گاهی اوقات به احیا با یک محلول اسیدی نیاز دارند. مصرف ژئولیت‌های زغال‌سنگ ممکن است مشکل‌ساز باشد، چرا که مطالعات نشان می‌دهند مقادیری از آلودگی‌های سرب، کادمیم، کروم، مس،

جیوه، روی و دیگر آلودگی‌ها می‌توانند از زغال‌سنگ گذشته و موجب آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی و آب شوند. همچنین مشخص شده است که مقادیر آرسنیک و منیزیم عبور کرده از Fly ash بسیار بیشتر از مقادیر توصیه شده سازمان بهداشت جهانی است. ترکیبات زئولیت نقره AgION نیاز به پاک‌سازی مکرر دارند، زیرا پوشش ضدباکتری نقره از تشکیل آلودگی‌های بیولوژیکی روی فیلتر جلوگیری می‌کند و در این صورت نیاز به ذخیره‌سازی و مصرف احیاءکننده‌های شیمیایی مرتفع می‌شود.

5. فناوری‌های مبتنی بر نانوکاتالیست‌ها

5-1. نانوذرات آهن خنثی

نانوذرات آهن خنثی (NZVI) برای تصفیه درجا و غیردرجای آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شوند. این ماده همزمان یک جاذب و یک عامل احیاءکننده است، همچنین موجب می‌شود که آلودگی‌های آلی به ترکیبات کربنی با درجه سمیت کمتری شکسته شوند و فلزات سنگین کلوخه شده، به سطح خاک بچسبند. NZVI را می‌توان برای تصفیه درجا مستقیماً به منابع آب‌های زیرزمینی تزریق کرد، یا می‌توان از آن در غشاها برای کاربردهای خارجی استفاده کرد. همچنین NZVI دو فلزی که در آن نانوذرات آهن با یک فلز ثانویه از قبیل پالادیم برای افزایش فعالیت آهن پوشیده می‌شوند، موجود است. NZVI بسیار فعال بوده و سطح مخصوص بالایی نسبت به ZVI دانه‌ای دارد.

حذف آلودگی‌ها

NZVI می تواند برای فرآوری گستره وسیعی از آلودگی های متداول زیست محیطی، مثل متان کلردار، بنزن کلردار، Pesticide ها، رنگ های آلی، تری هالومتان ها، PCB ها، آرسنیک، نترات و فلزات سنگین از قبیل جیوه، نیکل و نقره استفاده شود. همچنین ممکن است توانایی کاهش پرتوهای رادیویی را داشته باشد. پالادیم پوشیده شده با NZVI نشان داده است که همه ترکیبات کلردار را در مدت هشت ساعت تا زیر مقادیر قابل رؤیت کاهش می دهد. این در حالی است که NZVI معمولی برای حذف بیش از 99 درصد از این ترکیبات به 24 ساعت نیاز دارد. نانوذرات نسبت به آلودگی ها، برای یک دوره شش الی هشت هفته ای، فعال باقی می ماند. NZVI نشان داده است که در گستره وسیعی از PH ها و دماهای خاک و مقادیر Nutrient مؤثر است.

مقدار تصفیه آب

مقدار آب زیرزمینی که NZVI می تواند فرآوری کند، وابسته به کیفیت آهن، شامل تعداد دفعاتی که استفاده مجدد شده است؛ نوع زیرلایه مورد استفاده، کیفیت آب معدنی برای تولید محلول قابل تزریق، شامل مقدار اکسیژن، مقدار و نوع ذرات ریز در محلول، است. در یک مطالعه موردی، سطحی با مساحت صد مترمربع را 6/057 لیتر از محلول شامل 2/11 kg از NZVI تحت تأثیر قرار می دهد. مطالعه دیگری نشان می دهد که در یک منطقه، مقدار 136 کیلوگرم NZVI برای فرآوری 11/6 میلیون کیلوگرم از خاک کافی است؛ اما در منطقه دیگر همین مقدار از NZVI تنها برای فرآوری 102 میلیون کیلوگرم از خاک به کار می رود. دلایل ذکر شده برای این مطابقت نداشتن شامل حجم متفاوت آب

مصرف شده در تهیه محلول، مقادیر متفاوت کنش پذیری آهن به دلیل تفاوت در مقدار اکسیژن آب و مقدار متفاوت فشار کاربردی در حین تزریق است.

هزینه

NZVI حدوداً 40 تا 50 دلار به ازای هر کیلوگرم و پلادیم پوشش یافته با NZVI بین 68 تا 146 دلار به ازای هر کیلوگرم هزینه دارد. اگر چه NZVI به طور قابل توجهی نسبت به ZVI دانه‌ای و میکرو مقیاس که هر کدام به ترتیب 2/2 و 3/75 دلار به ازای هر کیلوگرم هزینه دارند، گران است، اما از آن جا که مقادیر کمی از NZVI به دلیل سطح ویژه و واکنش پذیری بسیار بالای آن مورد نیاز است، از نظر اقتصادی به صرفه است. در مقابل هر گرم پودر تجاری ZVI که سطحی کمتر از یک متر مربع دارد، NZVI به ازای هر گرم 33/5 مترمربع سطح واکنش پذیر داشته و سرعت تصفیه آن ده تا صد مرتبه سریع تر است.

روش مصرف

استفاده درجا و غیردرجای از NZVI نسبتاً آسان است. برای کاربردهای درجا، پودر NZVI را برای تشکیل محلول آهن با آب در یک منبع مخلوط کرده، سپس با یک پمپ و چاه تزریق مستقیماً به خاک آلوده تزریق می کنیم. از آنجا که تجهیزات مشابه مورد استفاده برای دیگر موارد تزریقی موجود است، تجهیزات چاهی خاص مورد نیاز نیست. NZVI به دلیل داشتن ذرات کوچک تر نسبت به ZVI دانه‌ای، راحت تر تزریق شده، می تواند تا اعماق بیشتری نفوذ کند. همچنین نانوذرات NZVI می توانند

در یک ماتریس جامد از قبیل کربن فعال، زئولیت، نانولوله‌های کربنی و دیگر مواد برای تولید غشاهایی با کاربرد غیردرجا ایمن شوند.

5-2. فتوکاتالیست‌های نانومقیاس دی‌اکسید تیتانیوم

دی‌اکسید تیتانیوم هم به عنوان عامل احیای فتوکاتالیستی و هم به صورت یک جاذب عمل می‌کند و به صورت درجا و غیردرجا در تصفیه آب استفاده می‌شود. دی‌اکسید تیتانیوم در حضور آب، اکسیژن و تابش UV، رادیکال‌های آزاد تولید می‌کند که این رادیکال‌ها آلودگی‌های متفاوت را به ترکیبات کربنی با درجه سمیت کمتری تجزیه می‌کنند. دی‌اکسید تیتانیوم نانومقیاس، سطح بیشتر و فرایند فتوکاتالیستی سریع‌تری را نسبت به ذرات بزرگ‌تر فراهم می‌نماید. دی‌اکسید تیتانیوم یا به صورت نانوپودر، برای استفاده در سوسپانسیون‌ها و یا به شکل فیلترهای دانه‌ای موجود است و در چندین شکل دیگر به عنوان پوشش برای غشاهای ثابت، میکروکره‌های نانوکریستالی و غشاهای ترکیبی با سیلیکا به کار می‌رود.

حذف آلودگی‌ها

دی‌اکسید تیتانیوم تقریباً همه آلودگی‌های آلی را تجزیه می‌کند. این ماده بسیار آب‌دوست است؛ و بنابراین توانایی جذب آلودگی‌های زیستی و فلزات سنگین از قبل آرسنیک را دارد. راندمان آن تابع کیفیت دی‌اکسید تیتانیوم، شدت پرتو فرابنفش، PH آب، موجودی اکسیژن و غلظت آلودگی‌ها است.

مقدار تصفیه آب

سیستم‌های متفاوت دی‌اکسید تیتانیوم، شدت جریان و سرعت‌های حذف متنوعی را فراهم می‌کنند و از همه آنها می‌توان محدود استفاده کرد. نانوپودرهای سوسپانسیون شده دی‌اکسید تیتانیوم فرایند فتوکاتالیستی پُربازدهی را از خود نشان می‌دهند؛ چرا که سطح داخلی آنها در معرض تابش اشعه فرابنفش و آلودگی‌ها قرار می‌گیرد. به دلیل ترکیب سطوح کنش‌پذیر با مواد پایه و در نتیجه، کاهش سطح فعال، بازده نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم که به عنوان پوشش استفاده شده یا روی زیرلایه‌هایی از قبیل شیشه و سرامیک ثابت شده‌اند، پنج برابر درصد بازده فتوکاتالیستی نانوذرات سوسپانسیون شده است. همچنین تخلخل غشا یا زیرلایه، بر شدت جریان و عمر مفید این سیستم‌ها مؤثر است. میکروکره‌های نانوکریستالی دی‌اکسید تیتانیوم، سطحی قابل مقایسه با نانوپودرها دارند، اما فرایندهای فتوکاتالیستی آهسته‌تری انجام می‌دهند.

هزینه

هزینه نانوپودرهای دی‌اکسید تیتانیوم برحسب کیفیت آن چند صد دلار بر کیلوگرم است. به عنوان مثال اخیراً شرکت Altair یک سیستم تولیدی به ثبت رسانده است، که می‌تواند نانوپودرهای دی‌اکسید تیتانیوم را در مقیاس انبوه و بسیار ارزان تولید کند. همچنین این شرکت فروش محصولات کوچک مبتنی بر این فناوری را طراحی می‌کند. این محصولات در دو اندازه 40 کیلوگرم بر ساعت و یک تا دو کیلوگرم بر ساعت موجود خواهند بود. این واحد، دی‌اکسید تیتانیوم را از تراکلرید تیتانیوم تولید می‌کند که می‌تواند حدوداً هزار و صد دلار به ازای هر تن یا صد و ده دلار به ازای هر کیلوگرم فروخته شود.

روش مصرف

به دلیل سختی بازیافت و جداسازی ذرات بعد از تصفیه، استفاده از نانوپودرهای دی اکسید تیتانیوم سوسپانسیون شده مشکل است. ذرات سوسپانسیون معمولاً به وسیله اولترافیلتراسیون یا میکروفیلتراسیون جدا می شوند اما در حین این فرایند مقدار قابل توجهی از ذرات از بین می روند. استفاده از میکروکره های نانوکریستالی آسانتر است. آنها در آب از طریق حباب سازی هوا سوسپانسیون شده و به طور طبیعی در ظرف آب برای بازیافت آسان تر ته نشین می شوند.

4-5. اکسید آهن نانوساختار جاذب

شرکت فناوری های Adedge آمریکا، اکسید آهن نانوساختار دانه ای و خشکی به نام AD33، برای حذف آرسنیک عرضه نموده است. AD33 با ترکیبی خواص کاتالیستی و جذبی اکسید آهن با هم، ضمن تبدیل آرسنیک به موادی با سمیت کمتر، به طور همزمان آن را از آب جدا می نماید، این شرکت همچنین طرحی از لوازم مصرفی شامل فیلترهای AD33 را ارائه نموده است.

حذف آلودگی ها

AD33 می تواند بیش از 99 درصد آرسنیک را حذف کند، همچنین می تواند مقادیر سرب، روی، کروم، مس و دیگر فلزات سنگین را کاهش دهد و آلودگی های جذب شده را از خود عبور نمی دهد.

مقدار تصفیه آب

عمر مفید فیلترهای AD33 معمولاً دو تا چهار سال است. سیستم‌های تصفیه خانگی سری مدالیون شرکت Adedge با سه دبی 19، 26 و 38 لیتر بر دقیقه موجود است، همچنین شرکت Adedge کارتریج‌های حاوی AD33 با دبی متوسط دو لیتر بر دقیقه را عرضه نموده است. عمر مفید این کارتریج‌ها بین سه هزار و 800 تا 11 هزار و 400 لیتر است و به طوری که تخمین زده می‌شود چهار تا شش برابر بزرگ‌تر از دیگر جاذب‌های تجاری موجود است.

هزینه

هزینه کارتریج‌های AD33 برای هر مورد حدوداً 50 دلار است و هزینه هر فیلتر مجزا وابسته به مقدار خریداری شده است؛ اما به طور نمونه بین هشت تا 13 دلار به ازای هر لیتر تغییر می‌کند.

روش مصرف

طبق توصیه‌های شرکت Adedge، فیلترها و محصولات AD33 نیاز به جایگزینی مکرر داشته و مواد شیمیایی یا احیاءکننده‌ها برای آنها استفاده نمی‌شود. با توجه به خشکی ابزارهای AD33، نسبت به سایر ابزارهای فیلتراسیون مبتنی بر آهن مرطوب، راحت‌تر استفاده می‌شوند؛ به طوری که در گسترده وسیعی از سیستم‌ها استفاده می‌شوند. علاوه بر این، ابزارهای AD33 مصرف‌شده خطرناک نیست می‌توان آنها را طبق استانداردهای سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا در زمین دفع کرد.

6. نانوذرات مغناطیسی

1-6. Magneto ferritin

نانوذرات مغناطیسی معمولاً به عنوان جاذب و نانوکاتالیست برای تصفیه آب بررسی شده‌اند. شرکت انگلیسی Nano Magnetcs، نانوذرات مغناطیسی را تحت عنوان Magneto ferritin ارائه کرده و مشغول بررسی توانایی آن برای انجام اسمز پیش‌رونده (forward osmosis) به عنوان گزینه‌ای با بازدهی انرژی برای اسمز معکوس است. در چنین سیستمی از نانوذرات مغناطیسی برای تولید فشار اسمزی مورد نیاز برای راندن آب از میان یک غشای فیلتراسیون استفاده شده‌اند. برخلاف اسمز معکوس که برای تولید فشار اسمزی نیازمند انرژی ورودی است.

حذف آلودگی‌ها

Magneto ferritin با توانایی اسمز پیش‌رونده، برای نمک‌زدایی در نظر گرفته شده است؛ اگر چه با توجه به به نوع غشای مصرفی قادر به حذف آلودگی‌های دیگر نیز هست.

مقدار تصفیه آب

شرکت Nano Magnetcs اشاره می‌کند که Magneto ferritin را می‌توان از آب، بازیافت و بدون هیچ محدودیت ویژه‌ای دوباره استفاده کرد.

هزینه

اطلاعات خاصی نسبت به هزینه‌های Magneto ferritin در دسترس نیست؛ اما به گفته شرکت Nano Magnetcs عمر طولانی و استفاده مجدد این مواد آنها را نسبت به اسمز معکوس از لحاظ هزینه بسیار مناسب‌تر نموده است. همچنین اسمز پیش‌رونده هزینه‌های مرتبط با انرژی را تا 40 درصد هزینه‌های اسمز معکوس کاهش می‌دهد.

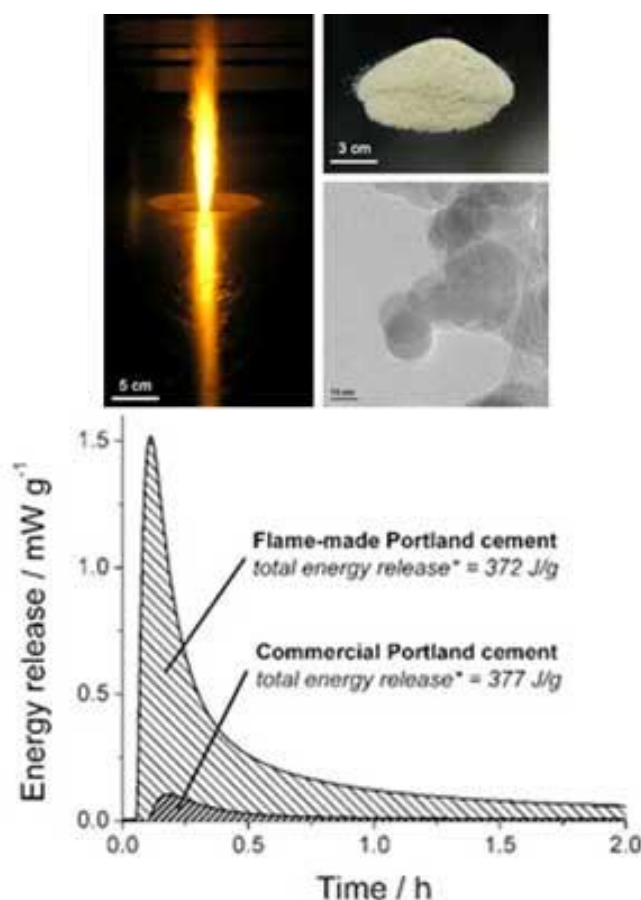
روش مصرف

هنوز برای Magneto ferritin هیچ سیستم قطعی ای طراحی نشده است؛ اما برخی منابع اشاره می کنند که نانوذرات مغناطیسی در یک طرف غشاء برای ایجاد غلظت، به صورت غیرتعادلی به منبع آب اضافه شده اند. این اختلاف غلظت فشار اسمزی مورد نیاز برای راندن آب منبع از میان غشاء را ایجاد خواهد کرد. سپس نانوذرات می توانند با استفاده از میدان مغناطیسی از آب خالص سازی شده، بازیافت شوند.

استفاده از فناوری نانو در ساخت سیمان (28/07/86)

امروزه سیمان با توجه به کاربردهای مختلف و مصارف گوناگون، نقش مهمی در زندگی بشر ایفا می کند. از سوی دیگر مسأله زمان نیز از موضوعات اقتصادی حائز اهمیت برای صاحبان صنایع به شمار می آید و کاهش زمان ساخت و ساز، صرفه اقتصادی قابل توجهی را به دنبال خواهد داشت.

اخیراً تولیدکنندگان سیمان دریافته اند که کاهش اندازه ذرات سیمان تا ابعاد نانو مقیاس، موجب تسریع در سفت شدن آن می شود؛ لذا گروهی از محققان سوئیسی با استفاده از روش فاز گازی و سنتز به شیوه تزریق شعله ای، به روشی برای آماده سازی مستقیم و تک مرحله ای نوعی سیمان نانوذره ای از جنس نانوذرات سیلیکات کلسیم (همان ترکیب سیمان پورتلند معمولی) دست یافته اند که واکنش پذیری اولیه آن ده برابر بیش از سیمان هایی است که به روش های معمولی تهیه شده اند؛ البته این سیمان بسیار متخلخل بوده و پایداری اش نسبت به سیمان های معمولی کمتر است و هنوز برای کارهای ساختمانی مدرن که مستلزم تحمل بار زیاد است، مناسب نیست.



mW / رهائش انرژی

زمان بر حسب ساعت

سیمان ساخته شده به روش تزریق شعله

کل انرژی آزاد شده = 372 J/g

سیمان تجاری معمولی

کل انرژی آزاد شده = 377 J/g

(سمت چپ) واکنشگر تزریق شعله طی فرایند تولید مخلوط نانوذرات اکسید فلزی که از ترکیبات سیمان

پورتلند است. (بالا سمت راست) سیمان ساخته شده از نانوذرات پودری که به رنگ روشن با زمینه

قهوه‌ای است. (سمت راست پایین) یک میکروگراف الکترونی انتقالی (TEM) که پس از آماده شدن

ذرات سیمان از آنها تهیه شده است. در این میکروگراف شکل نانوذرات باقی مانده شبیه سیلیکایی است که با شعله ساخته شده است.

(سمت راست) نمودار رهائش گرمایی از این ذرات و ذرات سیمان معمولی که با یک کالریومتر هم‌دما اندازه‌گیری شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود رهائش گرمایی نانوسیمان (حدود یک دقیقه پس از تماس با آب) بسیار سریع‌تر از سیمان معمولی (حدود هفت دقیقه) است. در این روش یک پیک دیگر هم پس از مدت ده ساعت وجود دارد که در این شکل نشان داده نشده است.

آنها برای تولید پیش‌سازهای بسیار ارزان، از برخی مواد شیمیایی مانند محصولات فرعی حاصل از پالایش نفت خام و فرایند آئروسول شعله‌ای (که در تولید رنگ‌دانه و کربن بلک به کار می‌رود) استفاده کردند و موفق به فراوری کامل ترکیبات پیچیده‌ای مانند سیمان پورتلند شدند.

این نانوسیمان برخلاف سیمان پورتلند معمولی، متناسب با دمای محیط واکنش، نانوذراتی با اندازه‌های مختلف (به‌طور متوسط یک سوم ذرات مشابه در سیمان معمولی) دارد، همچنین اندازه کوچک این ذرات موجب تغییر کامل رفتار هیدراسیون این سیمان شده و در نتیجه ضمن حفظ همان واکنش‌های ترمودینامیکی، واکنش‌های سینتیکی متفاوتی را خواهد داشت.

دانشمندان امیدوارند به‌رغم تخلخل بالای این مواد، بتوان با توجه به واکنش‌پذیری اولیه بسیار خوبی که دارند، کاربردهای جدیدی را به‌ویژه در مواردی که کوتاه بودن زمان سفت شدن حائز اهمیت است، به وجود آورند.

هم‌اکنون از این نانوسیمان متخلخل در نوسازی یا عایق‌کاری کاربردهایی که نیاز چندانی به استحکام در برابر فشردگی ندارند و ترکیب آنها با مواد معمولی به بهبود سخت‌شدگی آنها کمک می‌کند، استفاده

می‌شود، همچنین این سیمان در کاربردهای هزینه‌بر کوچک مقیاس به ویژه اتصالات ساختمانی یا به صورت ترکیبی با فرمول‌ها موجود که به تسریع کار آنها کمک می‌کند نیز کاربرد دارد.

گفتنی است مقاله‌ای هم در همین زمینه در شماره اخیر نشریه Nanotechnology با عنوان "Preparation of an ultra fast binding cement from calcium silicate-based mixed oxide nanoparticles" به چاپ رسیده است

نانو تکنولوژی برای سیمان در حجم زیاد

نانوسم (NANOCEM) یک تحقیق جدید شبکه اروپاست که بر روی مراحل توسعه اصول فنی نانو (مقیاس یک بیلیونی) در مواد سیمانی متمرکز شده است.

نانوسم (nanocem) یک تحقیق جدید شبکه اروپاست که بر روی مراحل توسعه اصول فنی نانو (مقیاس یک بیلیونی) در مواد سیمانی متمرکز شده است.

بستهای سیمان پورتلند، اجزا اولیه فعال بتن هستند که در بیشتر ساختمانهای مدرن استفاده می‌شوند. دیگر تشکیل دهنده های بتن، آب و مصالح دانه ای ریز و درشت (مانند شن و سنگ) هستند.

بستها از جوش سیمان پورتلند با زمینه کمی از سولفات کلسیم ساخته شده اند و به طور متداول شامل پودرهای ریز معدنی مثل سنگ آهک، پوزولان (معمولا خاکسترهای آتش فشانی)، خاکستر بادی (معمولا از زغال سوخته گیاهان پر قدرت) و سرباره دانه ای کوره بلند، هستند.

چنین گردهمایی به عنوان مواد سیمانی تکمیلی تلقی می‌شوند زیرا آنها برای جایگزین شدن به جای بیشتر چسب سیمانهای گران استفاده می‌شوند. مواد افزودنی شیمیایی مانند افزودنی ها کاهنده آب، فوق

روان کننده ها (خمیر کننده ها)، کند گیر کننده ها، تند گیر کننده های بتن و عوامل هوازا می توانند به بتن در مقدار کم اضافه شوند تا خصلتهای بتن را برای موارد استفاده خاص تغییر دهند.

توضیح درباره نانو:

گر چه سیمان پرتلند در مقدار وسیع در مواد دست ساز بشر بر روی زمین استفاده می شود اما فهم مکانیزم اصلی، حاوی خصوصیاتش به طور طبیعی باقی مانده است. مراحل که در طول 1 لحظات نخستین واکنش با آب اتفاق می افتد، می تواند ساختارهای بزرگ و ریز را تحت تاثیر قرار دهد و اجرای طولانی مدت یک ساختار را در پی داشته باشد.

بیشتر واکنشهای شیمیایی که عملکرد مواد سیمانی را کنترل می کند در مقیاس نانو سنج (یک بیلون) اتفاق می افتد ولی اکثر تحقیقات، عملیات مهندسی گرفته اند و بر روی مرحله درشت (قابل دید) متمرکز شده اند. فقدان فهم جزییات مولکولی از رشد چشم گیر تقریباً جلوگیری کرده و موج ناتوانی در پیش بینی وضع آینده شده است. نیاز برای آزمایش مکرر خصوصیات در تناسب درشت دانه ای مانع نوآوری و استخراج در scm هایی که به طور گسترده ای در دسترس قرار دارند، شده است که به طور کلی در جا دادن انرژی اندک (جدول سمت راست را ببینید) و غیر سمی می باشند.

در حال حاضر، در هر ساختمانی که در آن از مواد سیمانی جدید با عملکرد بالا استفاده می شود، نیاز به تست زمان (طولانی کردن) دارد. با کسب دانش بنیادین، این مواد می توانند به جای آزمایش و خطا با طراحی و پایه گذاری بر روی مدلهای معتبر، ساخته شوند.

هدایت در مسیر صحیح:

در طول این فعالیت بر روی این مطلب یعنی نانوسم، 21 انجمن علمی به همراه 12 شریک صنعتی که 5 شرکت بزرگ تولید کننده سیمان را در بردارد بنا نهاده شد و در 11 کشور اروپایی گسترش یافت و در طول یک چهارم قرن گذشته انقلابی در تکنیکهای تجربی برای رسیدگی به مواردی مثل تشدید طیف بینی مغناطیسی هسته ای (nmr) و نیروهای میکروسکوپی بوجود آورده اند و به شرکای نانوسم امکان دسترسی به ابزارهای پیشرفته را داده است.

شرکتهای صنعتی خط شروع مالی برای شبکه ارتباطی فراهم کرده اند و راهنمایی با احترام به پیش بینی علایق بازار فراهم نموده اند. اعضای انجمن علمی مجبور هستند که حداقل یکی از پروژه های تحقیقاتی مستقل مالی را با شبکه ارتباطی تسهیم کنند و باید تحقیقاتشان را به روش تعاونی و مکمل توسعه دهند. کارگاههای اصلی برگزار می شوند تا قسمتهای مهم خالی علمی را پیدا کنند و با ارتباط دادن پروژه های تحقیقاتی، سعی در پر کردنشان نمایند.

این کمیته هدایت کننده شامل 5 نماینده از شرکای صنعتی و 5 نفر از انجمن علمی است. جلسات تجاری دو بار در سال برگزار می شود. برنامه تحقیقاتی شبکه ارتباطی، چهار پروژه اصلی و پروژه شریکی در دست اجرا داد که شامل موارد زیر است:

مجموعه هیدرات که خود متشکل از کربن، سولفور هیدروژن (c-s-h) می باشد. در حال حاضر مشخص کردن کمی ترکیب وجهه هیدراتی ممکن نیست در حال حاضر مشخص کردن کمی ترکیبی هیدراتی که از هیدرات یک سیستم سیمانی منتج شده است، ممکن نیست، مخصوصا زمانی که (scm) هایی مثل خاکستر بادی یا سرباره شامل آنها می شود. هدف این پروژه ها تعیین مواد تشکیل دهنده و

استحکام ترکیب وجهی هیدرات است که انتظار می رود، در دمای بالاتر از 50 درجه سانتی گراد اتفاق بیفتد. این تحقیق شامل پروژه های دکترای تخصصی است که به طور پیوسته توسط دانشگاه های ابردین aberdeen بریتانیا، امپا empa در سوئیس و espci در فرانسه هدایت می شود.

ساختار منفذ توسط nmr: این پروژه امیدوار است تا تنظیم جامعی بر روی هنرهای غیر مخرب، ابزارهای تکنیکی غیر تهاجمی داشته باشد و آنها را قادر می سازد، ساختار منفذ هیدرات سیمانها را در حدی که در آن منافذ با آب پر می شوند و قابلیت جابجایی آب در مواد اشباع کننده را تحلیل کنند. نتیجه کار اجازه خواهد داد که دوام و عملکرد بتن به طور بهتری پیش بینی شود. دو گروه از گروه های هدایت کننده در منطقه چرخش پروتونی را دانشگاه های سوری surrey در بریتانیا و پلی تکنیک فرانسه را شامل می شود.

فعل و انفعالات ترکیبات آلب آلومینیم با اکسید فلز: این امر یکی از مشکلترین مباحث مربوط به اثر سیمان و فوق روان کننده (خمیر کننده) در بتن است. برای مثال شتاب فوق خمیریازی بر روی فرمهای غیر فعال (که صورت ترکیب آلی آلومینیم با اکسید فلز نامیده می شود) در طول مراحل اولیه ترکیب سازی بتن می باشد.

این پدیده شناخته شده، منتهی به مصرف مقدار زیاد فوق خمیرسانی در بسیاری از بتن ها و بوجود آمدن مشکلات کاربردی جدی، زمانی که مواد خام یا شرایط ترکیب تغییر کرده اند، می شود. این تحقیق توسط سیکا در سوئیس و espc هدایت می شود.

واکنش پذیری سیستم سیمانی: در پروژه دکتری توسط epfl در سوئیس و dtu در دانمارک و دانشگاه آرهوس aarhus دانمارک و دانشگاه لیدز leeds در بریتانیا در دست تحقیق است که بر روی

توسعه یک روش برای تشخیص درجه عکس العمل قسمت جوش سیمانی و به طور مستقل scm ها در سیمانهای چسبیده است.

شریک شدن:

پروژه های شرکتی در محدوده شبکه ارتباطی مانده تحقیقات در دست اجرای دانشگاههای bourgogne فرانسه درباره اثر آهن بر روی پیوستگی و ساختار c-s-h در مقیاس نانو از بنیاد تا کاربرد است. برای مثال در موسسه تکنولوژی دنیس danish، مطالعه ای بر روی مکانیزم زیباشناختی ظاهری بتن بر روی ساختار سرتاسری صورت پذیرفته است.

تحقیق و تعلیم:

علاوه بر هسته تحقیقات نانوسم که بوسیله شرکای صنعتی در حدود 500 هزار یورو در هر سال از لحاظ مالی تامین می شود، مرکز مالی eu، 2/3 میلیون یورو برای چهار سال تحقیق و تعلیم پروژه (rtn) شبکه ارتباطی تحت برنامه ماری کوری، برنده شده است.

این پروژه فهم اساسی مواد سیمانی برای بهبود عملکرد زیباشناختی فیزیکی و شیمیایی نام نهاده شده و بین 10 پروژه دکتری و 5 پروژه فوق دکتری تقسیم شده است که هر کدام بین دو یا چند شریک قسمت می شود. محققان زمانی برای هر منطقه شراکتی در طول پروژه صرف می کنند.

موضوعات به چهار گروه تقسیم می شود: کاستن قالب سیمان: این موضوع بع طور اولیه فروشایی سیمان با تاکید بر حملات سولفات رامی پذیرد. نیروی سایش نیز در این موضوع مد نظر گرفته می شود. این کار ساخت مدل کلی عملکرد سیمان را تامین می کند.

بررسی فیزیکی و مکانیکی عملکرد: این مقیاسهای طولانی، بررسیهای ارتباطی نانو، ماکرو و ساختاری بزرگ برای توسعه ابزارهای در جهت ارزش گذاری عملکرد مهندسی را احاطه می کند. این تحقیق به توسعه اصول تکنیکی و مدلها برای استفاده توسط مهندسين را متحمل می شود.

مواد سیمانی جدید: در این گروه از پروژه ها، مقدار عمده مواد علمی و مهندسی بکار گرفته می شوند تا عملکرد مواد سیمانی بر سطح و حجم را بهبود بخشند. این کاریک رشته نوآوریهای لازم برای بهبود عملکردی و زیباشناختی در طول افزودن محلی را می پذیرد.

پروژه های متقاطع: این پروژه ها ورودیهای مهم برای موضوعی که در بالا اشاره شده است را تامین می کند. آنها scm هایی را که به طور افزایشی استفاده می شوند، در ترکیب با جوش سیمان پورتلند، در علایق قابل تحمل پوشش داده اند.

دستاوردهای جاه طلبانه:

شبکه ارتباطی نانو، خود یک منبع ساختمانی جدید ذهنی جاه طلبانه تنظیم کرده که در دستاورد موثری بر تحقیقات اروپایی بر روی مواد سیمانی می باشد.

به طور کلی انجمنهای علمی کوچک و اغلب مجزا، طرحهایی برای انجمنهای سرمایه گذاری بین المللی می سازند و در رقابت با دیگر گروههای مواد علمی و دیسپلین های مهندسين عمران ارزش گذاری می شوند. اغلب مسائلی ناشناخته قابل توجهی درباره این کار در دیگر کشورها اتفاق می افتد و چنین کارهایی هیچ گاه منتشر نمی شوند. این امر منتهی به دو برابر شدن تلاشهای تحقیقاتی و مطالعه زیاد پارامتری شده است. جایی که نتایج فقط برای ترکیب خاصی از مطالعه مواد خام در دسترس هستند.

نانوسم تلاش بیشتری را برای روشن کردن پروژه ها و جمع آوری تجربیات همه شرکا انجام میدهد.

کاربرد مواد نانو در صنعت بتن

۱. مقدمه

مواد نانو به عنوان موادی که حداقل یکی از ابعاد آن (طول، عرض، ضخامت) زیر 100nm 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 مواد را می توان به صورت های زیر بیان کرد: * فیلمهای نانو لایه (Nano Layer Thin Films) برای کاربردهای عمدتاً الکترونیکی * نانو پوششهای حفاظتی (Nano Coating) برای افزایش مقاومت در برابر خوردگی، حفاظت در مقابل عوامل مخرب محیطی * نانو ذرات به عنوان پیش سازنده (Precursor) یا اصلاح ساز (Modifier) پدیده های شیمیایی و فیزیکی * نانو لوله ها (Nanotubes) منظور از یک ماده نانو ساختار یا واضح تر یک بدنه نانو ساختار (Nanostructured Solid) جامدی است که در آن انتظام اتمی، اندازه کریستالهای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی در سراسر بدنه در مقیاس چند نانو متری گسترده شده باشد. خواص فیزیکی و شیمیایی مواد نانو (در شکل و فرمهای متعددی که وجود دارند از جمله ذرات، الیاف، گلوله و...) در مقایسه با مواد میکروسکوپی تفاوت اساسی دارند. تغییرات اصولی که وجود دارد نه تنها از نظر کوچکی اندازه بلکه از نظر خواص جدید آنها در سطح مقیاس نانو می باشد. هدف نهایی از بررسی مواد در مقیاس نانو، یافتن طبقه جدیدی از مصالح ساختمانی با عملکرد بالا می باشد، که آنها را 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.

در مطالب بعدی که خواهد آمد مواد نانو ساختاری معرفی خواهند شد که با توجه به نوظهور بودن چنین موادی می توانند تحولی شگرف در صنعت ساختمان سازی و صنایع وابسته به آن ایجاد کنند

2. مواد نانو کمپوزیت

مواد نانو کمپوزیت بر پایه پلیمر (ماتریس پلیمری) اولین بار در سالهای 70 معرفی شده اند که از تکنولوژی سول-ژل (Sol-Gel) جهت انتشار (Disperse) دادن ذرات نانو کانی درون ماتریس پلیمر استفاده شده است.

هرچند تحقیقات انجام شده در دو دهه گذشته برای توسعه تجاری این مواد توسط شرکت تویوتا در ژاپن در اواخر سالهای 80 صورت گرفته است، ولی رشته نانو کمپوزیت پلیمر هنوز در مرحله جنینی و در آغاز راه می باشد.

در این شرایط نانو آلومینا، بهترین ساختار نانویی است که افق جدیدی را در صنعت سرامیک نوید می دهد. زیرا کاربرد این مواد پدیده ای است که از نظر مکانیکی، الکتریکی و خواص حرارتی به طور مناسب دارای تعادل بوده و در رشته های مختلف کاربرد دارد. از جمله می توان به چند نمونه اشاره کرد: تکنولوژی نانو فلز آرتوناید که اخیراً به طور تجاری، الیاف نانویی آلومینا، انقلابی در رشته سرامیک بوجود آورده است. * ذرات نانویی غیر فلز مانند: نانو سیلیکا، نانو زیرکونیا و مواد دیگر اصلاح کننده سرامیک ها می باشد.

3. بتن با عملکرد بالا (HPC[1])

یکی از چالش‌هایی که در رشته مصالح ساختمانی بوجود آمده است، بتن با عملکرد بالا (HPC) می باشد. این نوع بتن مقاوم از نوع مصالح کامپوزیت بوده و از نظر دوام جزو مصالح کامپوزیت و چند فازی مرکب و پیچیده می باشد. خواص، رفتار و عملکرد بتن بستگی به نانو ساختار ماده زمینه بتن و سیمانی دارد که چسبندگی، پیوستگی و یکپارچگی را بوجود می آورد.

بنابراین، مطالعات بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید و کاربرد آنها بسیار حائز اهمیت می باشد. 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. در مورد بتن به طور خاص، علاوه بر عملکرد با دوام و خواص مکانیکی بهتر، بتن با عملکرد بالای چند منظوره (MHPC) خواص اضافه دیگری را دارا می باشد، از جمله می توان به خاصیت الکترو مغناطیسی، و قابلیت به کار گیری در سازه های اتمی (محافظت از تشعشعات) و افزایش موثر بودن آن در حفظ انرژی ساختمانها و ... را نام برد.

4. نانو سیلیس آمورف

در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروفترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پر کنندگی بتن با عملکرد بالا (HPC) ایفا می کند.

محصول معمولی همان سلیکیافیوم یا میکرو سیلیکا می باشد که دارای قطری در حدود 0/1 تا 1 میلی متر می باشد و دارای اکسید سیلیس حدود 90٪ می باشد. می توان گفت که میکرو سیلیکا 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 هستند که دارای شکل گلوله ای بوده و با قطر کمتر از 100nm یا بصورت ذرات خشک پودر یا بصورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشند، که مایع آن معمول ترین نوع محلول نانو سیلیس می باشد، این نوع محلول در آزمایشات مشخص در بتن خود تراکم (SCC[2]) به کار گرفته شده است. نانو سیلیس معلق کاربردهای چند منظوره از خود نشان می دهد مانند:

خاصیت ضد سایش

ضد لغزش

ضد حریق

ضد انعکاس سطوح

آزمایشات نشان داده اند که واکنش مواد نانو سیلیس (Colloidal Silica) با هیدرواکسید کلسیم در مقایسه با میکرو سیلیکا بسیار سریع تر انجام گرفته و مقدار بسیار کم این مواد همان تاثیر پوزالانی مقدار بسیار بالای میکرو سیلیکا را در سنین اولیه دارا می باشد.

تمام کارهای انجام یافته بر روی کاربرد مواد نانو سیلیس کلئیدی (Colloidal Nano Silica) در بخش اصلاح خواص ریولوژی، کار پذیری و مکانیکی خمیر سیمان بوده است. آنچه که در اینجا مطرح است نتایج اولیه محصولات نانو سیلیس با قطری در محدوده 5 تا 100 نانومتر می باشد.

5. نانو لوله ها (NANOTUBES)

همان گونه که در مقدمه مقاله مطرح شد معمولاً الیاف برای مسلح کردن و اصلاح عملکرد مکانیکی بتن بکار برده می شوند. امروزه از الیاف فلزی، شیشه ای، پلی پروپلین، کربن و... در بتن برای مسلح کردن استفاده می شود و لیکن تحقیقات روی بتن مسلح شده توسط نانو لوله کربنی (Carbon Nanotubes) انتشار نیافته است تا بتوان از نتایج آن برای مسلح کردن بوسیله نانو لوله ها استفاده کرد. نانو لوله کربنی توسط LIJIMA در سال 1991 کشف شده است و کارهای بسیاری بر روی ساختار نانو در بخش فیزیک کوانتوم انجام یافته است بطوری که تحقیقات نوین بر روی تکنولوژی و مهندسی نانو در سطح جهانی نقش اساسی و اصلی بازی می کند. کربن 60 و نانو لوله های نوین دارای ساختاری هستند که آنها را از فولاد قوی تر و بسیار سبک می کند بطوریکه می توانند خمیدگی و کشش را بدون شکستن تحمل نمایند و در آینده جایگزین الیاف کربن خواهند شد که در کامپوزیت ها به کار برده می شوند.

نانو لوله ها با توجه به تحقیقات انجام شده در مرکز تحقیقات بتن (وابسته به موسسه ACI شاخه ایران)، دارای مقاومت کششی بیش از هر نوع الیاف بتنی شناخته شده می باشند و نیز نانو لوله ها خواص ویژه قابل ملاحظه حرارتی و الکتریکی از خود نشان می دهند، بطوریکه هادی بودن حرارت آنها بیش از دو برابر الماس و هادی بودن الکتریکی آنها در حدود 1000 برابر فلز مس می باشد.

نانو لوله ها طبقه جدیدی از محصولات می باشند که انقلابی جدید در زمینه مصالح و مواد پیشرفته را بوجود آورده اند. یک نسل جدید از نانو کامپوزیت های چند منظوره می توانند به عنوان نانو لوله های کربنی در نقش الیاف مسلح کننده مناسب آن مواد مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین نانو لوله های کربنی

از اجزای کلیدی بدست آوردن هدف اصلی ذکر شده در فوق به عنوان مصالح ساختمانی با عملکرد بالای چند منظوره، بازی می کنند.

6. نتیجه گیری

منظور از مقاله ارائه شده نشان دادن مصالح جدید ساختمانی و بیان مزایای استفاده از این نوع مواد در صنعت ساختمان می باشد، البته به دلیل نو بودن این نوع مصالح زمینه های فراوانی برای کارهای نظری و عملی در دانشگاههای کشور وجود دارد که امید است که با معرفی مصالح با ساختار نانو راه برای گامهای بلندتر در این زمینه باز شود.

فناوری نانو

1) فناوری نانو در صنعت بتن

بتن با عملکرد بالا (hpc):

یکی از چالشهایی که در رشته مصالح ساختمانی بوجود آمده است، بتن با عملکرد بالا (HPC) می باشد. این نوع بتن مقاوم از نوع مصالح کامپوزیت بوده و از نظر دوام جزو مصالح کامپوزیت و چند فازی مرکب و پیچیده می باشد. خواص، رفتار و عملکرد بتن بستگی به نانو ساختار ماده زمینه بتن و سیمانی دارد که چسبندگی، پیوستگی و یکپارچگی را بوجود می آورد.

بنابراین، مطالعات بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید و کاربرد آنها بسیار حائز اهمیت می باشد. 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. در مورد بتن به طور خاص، علاوه بر عملکرد با دوام و خواص مکانیکی بهتر، بتن با عملکرد بالای چند منظوره (MHPC) خواص اضافه دیگری را دارا می باشد، از جمله می توان به خاصیت الکترو مغناطیسی، و قابلیت به کار گیری در سازه های اتمی (محافظت از تشعشعات) و افزایش موثر بودن آن در حفظ انرژی ساختمانها و ... را نام برد.

. نانو سیلیس آمورف:

در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروفترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پر کنندگی بتن با عملکرد بالا (HPC) ایفا می کند.

محصول معمولی همان سلیکیافیوم یا میکرو سیلیکا می باشد که دارای قطری در حدود 0/1 تا 1 میلی متر می باشد و دارای اکسید سیلیس حدود 90٪ می باشد. می توان گفت که میکرو سیلیکا 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 هستند که دارای شکل گلوله ای بوده و با قطر کمتر از 100nm یا بصورت ذرات خشک پودر یا بصورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشند، که مایع آن معمول ترین نوع محلول نانو سیلیس می باشد، این نوع محلول در آزمایشات مشخص در بتن خود تراکم (SCC) به کار گرفته شده است. نانو سیلیس معلق کاربردهای چند منظوره از خود نشان می دهد مانند:

خاصیت ضد سایش

ضد لغزش

ضد حریق

ضد انعکاس سطوح

آزمایشات نشان داده اند که واکنش مواد نانو سیلیس (Colloidal Silica) با هیدرواکسید کلسیم در مقایسه با میکرو سیلیکا بسیار سریع تر انجام گرفته و مقدار بسیار کم این مواد همان تاثیر پوزالانی مقدار بسیار بالای میکرو سیلیکا را در سنین اولیه دارا می باشد.

تمام کارهای انجام یافته بر روی کاربرد مواد نانو سیلیس کلئیدی (Colloidal Nano Silica) در بخش اصلاح خواص ریولوژی،

کار پذیری و مکانیکی خمیر سیمان بوده است. آنچه که در اینجا مطرح است نتایج اولیه محصولات نانو سیلیس با قطری در محدوده 5 تا 100 نانومتر می باشد

. افزودن نانولوله کربنی به سیمان جهت بهبود استحکام بتن: افزودن مقداری نانو لوله کربنی در سیمان موجب افزایش استحکام کششی و فشاری بتن می شود همچنین افزودن نانولوله کربنی سبب افزایش مقاومت در برابر حملات شیمیایی می شود که این خود دوام و پایداری بتن را به دنبال خواهد داشت.

. پایداری بتن در برابر تغییرات دمایی با استفاده از فناوری نانو: در برخی مناطق کشور مانند اردبیل، دما از 30+ تا 30- درجه در تغییر است که این تغییرات سبب تخریب بتن می شود با مواد افزودنی نانویی امکان مقاومت بیشتر در برابر تغییرات دمایی میسر می شود.

. کنترل خلل و فرج های نانویی بتن: می توان گفت بتن یک نانو ماده است زیرا بسیاری از خلل و فرج های موجود در بتن در ابعاد نانو متر هستند. بنابر این خواص اساسی سیمان را این تخلخلها کنترل می کنند و

لذا اگر بتوان این تخلخلها را تحت کنترل گرفت، می توان خواص بهتری ایجاد کرد. لازم به ذکر است که هر واکنش شیمیایی که در مقیاس نانومتر انجام شود، فناوری نانو نیست.

افزایش مقاومت بتن در برابر ایجاد ترک: افزودن مقداری نانو لوله های کربنی به بتن موجب بالا بردن مقاومت بتن در برابر ترک می شود که مکانیسم آن مشابه کاهگل است. پیوند محکم بتن و نانولوله کربنی علت اصلی آن است که اتصال نانولوله ها سبب مقاومت به ترک بتن می شود.

کاهش انرژی مصرفی و محافظت از محیط زیست: اضافه کردن نانو ذرات سیلیس در بتن، موجب عایق شدن بتن در بحث انرژی می شود و خود سبب صرفه جویی در میزان مصرف انرژی می شود که کاهش تولید گاز CO در هوا را به دنبال دارد، به تبع آن از انتشار گازهای گلخانه ای جلوگیری می شود و محیط زیست از آلودگیهای این گازها محافظت می شود.

تولید سیمانهای تصفیه کننده هوا: این گونه سیمانها در تونلها و محیطهایی که بسته است و تردد خودروها در آنجا زیاد است استفاده می شود و نقش تصفیه کنندگی هوا را دارد. این کارکرد، نقش کاتالیزوری سیمان را نمایان می سازد.

. ساخت سازه های ضد انفجار با استفاده از فناوری نانو: ساخت سازه های ضد انفجار مانند تاسیسات اتمی با استفاده از فناوری نانو میسر است که با افزودنی های خاص در بتن ممکن می شود.

. استفاده از نانو حسگرهای برای تشخیص وضعیت سازه: با استفاده از نانو حسگرها، امکان تشخیص وضعیت سازه بتنی در حالت های مختلف وجود دارد و با عکسبرداری از داخل بتن این امر محقق می شود.

کاربرد فناوری نانو در زلزله

1- کار بر روی ساخت و بهبود خواص سیالات هوشمند از جمله MR و ER با استفاده از فناوری نانو برای استفاده از این سیالات در کنترل های فعال و نیمه فعال و ترکیبی (میراگرها و محرک ها)؛

یکی از مهم ترین کاربردهای سیالات هوشمند در کنترل سازه ها است، که کار بر روی این سیالات شروع شده است. این فکر شاید 5 یا 10 سال پیش مطرح شده است و غربی ها روی آن کار کرده اند و خیلی از اطلاعاتی که به ما می رسد نتیجه مختصر اطلاعات آنهاست. هم اکنون دو مورد کارهای تحقیقاتی روی کاربرد سیالات MR در کنترل سازه ها در پایان نامه دکتری دانشجویان در داخل ایران انجام شده است (دکتر زهرایی)

میراگر MR در جاهای خاصی استفاده می شود. به طور کلی در مهاربندی های ساختمان ها نقش میرایی و جذب انرژی را به قطعه ای که می تواند یک قطعه پروفیل باشد می دهند، که با نصب قطعات میراگر سیال ویسکوز (MR) و استفاده از فناوری نانو در بهینه سازی رفتار آن می توان انرژی را به خوبی مستهلک کرد، که این روش برای سازه های خاص شاید مناسب باشد ولی برای سازه های معمولی، استفاده از آن خیلی اقتصادی نیست. (دکتر زهرایی)

استفاده از میراگرها به علت قیمت گزافی که دارند در ساختمان های معمولی توجیه اقتصادی ندارد، ولی برای سازه های خاص مثل پل های معلق که ارتعاشات کابل های آن زیاد است، می شود از آنها استفاده کرد. کاربرد سیالات MR به صنعت ساختمان مربوط نمی شود و مثلاً در ساخت پای مصنوعی برای تغییر سختی قسمت زانو در موقعیت های مختلف حرکت پا استفاده می شوند و همچنین برای کنترل ارتعاشات

مکانیکی ابزارها و وسایل دیگر می توان از آنها استفاده کرد. در مورد این میراگر ها، کاربرد فناوری نانو به ساخت سیالات مربوط است. (مهندس قربانی)

در مورد میراگرهای MR دو بخش مطرح می شود، یک بخش که سیال و ماده درون میراگر است و بخش دیگر ابزار و بدنه میراگر است که در مورد بخش ساخت سیال که به حوزه کاری مواد و متالورژی مربوط می شود، جنس این سیال ها مطرح است که از ذرات ریز می باشد و فناوری نانو در این بخش می تواند اثر داشته باشد، کما اینکه کار بر روی ذرات نانو مغناطیس نزدیک به 8 سال است که در دنیا شروع شده است و در چند سال اخیر هم در کشور ما مطالعات و پیشرفت های زیادی در این زمینه صورت گرفته است. (دکتر عطایی)

مواد مغناطیسی دو نوع هستند، یکی بر مبنای آلیاژهای فلزی که خواص بهتر و یک سری محدودیت های خاص دارند و گروه دیگر بر پایه مواد اکسیدی که مغناطیس های سرامیکی یا فریت ها هستند. از جمله مواد مغناطیسی، فروسیال ها هستند که عمدتاً ماهیت سرامیکی دارند و طبیعتاً اکسید آهن می باشند.

اندازه اینها باید به حدی ریز باشد که بتواند حالت معلق شدن را در داخل محلول نگهدارنده، داشته باشند. در واقع سنتز این مواد مغناطیسی در حد نانو و مشخص کردن خواص ماده سنتز شده حاصل، احتیاج به تجهیزات پیشرفته ای دارد، که بخش عمده آن در دانشکده های مختلف کشور وجود دارد. عمدتاً تهیه این ذرات در حد نانو به روش احیای درجا [1] صورت می گیرد، علاوه بر آن می توان این نانو ذرات را با روش های شیمیایی از محلول گرفت. به هر حال از دید سنتز و تهیه مواد در کشور مشکلی وجود ندارد و نیازمند یک تیم تحقیقاتی بین رشته ای است که در قسمت های مختلف این

میراگر کار کند. کاربرد این مواد فروسیال تنها در مورد کنترل سازه ها نیست و اگر کار تحقیقاتی صورت بگیرد همه بخش ها می توانند از نتایج آن بهره مند شوند. شناخت کافی روی این مواد وجود دارد و نیازمند کار بیشتر است. (دکتر عطایی)

ساخت کل میراگر می تواند یک طرح تحقیقاتی باشد که باید به چند زیر پروژه شکسته شود و متخصصین از رشته های مختلف روی آن کار کنند. (دکتر عطایی)

سنتز نوعی فروسیال در پژوهشکده رنگ انجام شده است و در خصوص بهینه سازی و کنترل خواص با استفاده از فناوری نانو می توان کار کرد. تقسیم بندی سه گروه این سیال ها (ER, MR و فرو) از لحاظ مزایا و معایب نیز صورت گرفته است. این سیالات کاربردهای متنوعی دارند که یکی از آنها در کنترل سازه است. آهن کربنیل یک ماده تقریباً آلی است که در ساختار سیالات MR وجود دارد و سنتز ذرات اینها نسبت به فروسیال ها مشکل تر است. (مهندس قاسمی)

در سیستم های کنترلی و میراگرهای MR لازم است که عکس العمل های سریعی نسبت به لرزش های ثبت شده توسط حسگر در طول زمان صورت بگیرد که امکان دارد این تغییر حالت های سریع، انرژی زیادی را در سیال درون میراگر ذخیره کند و دمای سیال از ابتدا تا انتهای زلزله مقدار زیادی بالا برود که قطعاً روی خواص رئو لوژیکی سیال تأثیرگذار است که احتمالاً این محدودیت ها با استفاده از نانو فناوری برطرف شوند. (دکتر حسینی)

در سنتز ذرات در حد میکرون یا نانو از جنس آهن، کبالت یا نیکل که در سیالات MR وجود دارند، به علت فعال بودن ذرات مشکل اکسیداسیون به وجود می آید و سنگین بودن این ذرات سرامیکی در پایدار نگه داشتن آنها مانع ایجاد می کند. مزیت این ذرات خاصیت پذیرش مغناطیسی زیادی است که دارند. می توان با نانو فناوری روی این سیالات کار کرد که با توجه به نوع سیال و مشکلات موجود اقتصادی به نظر نمی آید. (مهندس قاسمی)

در حد تحقیقات لازم است گروهی بین رشته ای تشکیل شود و روی این میراگر ها کار کند و در انتها ما به یک تکنولوژی دست پیدا می کنیم، که می توانیم در زمینه های مختلف از آن استفاده کنیم. (مهندس قاسمی)

با توجه به گران بودن سیالات MR و مشکلات تهیه آن ها می شود با تغییر نانو سائز ذره ها خاصیت حد تسلیم برشی را هم در مواد فروسیال افزایش داد تا بتوان از فروسیالات در ساخت میراگر ها استفاده کرد. (مهندس قاسمی)

2- ساخت و بهبود خواص مواد SMA[2] با استفاده از فناوری نانو برای استفاده از این مواد در قطعات کنترل غیر فعال سازه ها؛

برای استفاده از مواد جدید در اجزای سازه ای، لازم است منحنی رفتاری آنها مشخص شود و بعد از یک سری کار تئوریک، عملکرد این مواد در سازه ها بررسی شود. بررسی پدیده خستگی در این مواد نیز

لازم است، به هر حال تکنولوژی ساخت، قسمت اصلی کار است که می توان با نانو فناوری روی آن کار کرد. (دکتر سروقدمقدم)

کاربردهای متنوعی هر روز برای این مواد متصور می شود. مثلاً در سوزن های مورد استفاده در پزشکی، سیستم ارتودنسی، صنعت ساختمان و غیره، ساخت این آلیاژها پروسه پیچیده ای دارد و بعد از آن ارزیابی خواص این مواد است. در ایران روی نوعی از این مواد (Nitinol) کارهای مختصری صورت گرفته و ادامه دارد؛ در عین حال در زمینه استفاده از نانو فناوری برای بهینه سازی خواص مطلوب آنها فعالیت هایی شروع خواهد شد. این مواد دو خاصیت عمده فوق الاستیکی [3] و حافظه داری [4] را توأمأ دارا هستند که این خواص لزوماً بهینه نیستند و بهینه سازی هر کدام از آنها روی خاصیت دیگر تأثیر می گذارد.

به علت حساس بودن فرآیند آنالیز، در ساخت اینها از مواد اولیه با خلوص بالا استفاده می شود. اساساً وارد شدن بحث نانو فناوری در این موارد قضیه را پیچیده می کند به صورتی که کار بسیار جدیدی است که در دنیا تازه شروع شده است. (دکتر رایگان)

در مهندسی عمران که با ابعاد ماکرو سروکار داریم، در خلقت مصالح رفتارهای بسیار جالبی وجود دارد، که در مقیاس های ریز می شود آنها را تصحیح کرد، فولاد جزء بهترین مصالحی است که در طبیعت وجود دارد و دارای خواص ارتجاعی [5]، کشسانی [6] و کار سختی [7] است، اگر در فولاد خصوصیت کارسختی وجود نداشت، جذب انرژی هم به خوبی صورت نمی گرفت. در سیستم های کنترلی خیلی ساده ای که در کشور روی آنها کار کرده ایم، محدودیت های شکل پذیری، خستگی و

تغییر شکل های ماندگار مصالح برای این سیستم ها مشکل ایجاد می کند. مثلاً برای ساخت یک Mild Steel معمولی در کشور محدودیت های زیادی وجود دارد که این محدودیت ها را می توان با فناوری های نانو و سیستم های پیشرفته حل کرد. (دکتر حسینی)

استفاده از این مواد در میراگرهای اصطکاکی جاری شونده و انجام کارهای تحقیقاتی با استفاده از توانمندی های نانو فناوری برای بهتر کردن خصوصیات میراگرها و برای پیش بردن دانش فنی لازم است. (دکتر سروقدمقدم).

3- استفاده از فناوری نانو برای بهبود خواص لاستیک های به کار رفته در سیستم های جداگر لرزه ای؛ در صنعت لاستیک و کامپوزیت های مورد استفاده در سازه ها، استفاده از لاستیک های خاصی که قابلیت میرایی بالا و قابلیت تغییر شکل برشی زیاد دارند، کیفیت بهتری به سیستم جداگر لرزه ای می دهد که با نانو فناوری می توان این خواص را در لاستیک ها ایجاد کرد. (دکتر زهرایی)

یکی از سیستم های بسیار خوب سیستم جداگر لرزه ای است که با فناوری های خاصی که دارد، وقتی اجرای آن در کشور اقتصادی و منطقی است که بتوانیم خودمان آن را بسازیم و از فناوری جدیدی مثل نانو در بهبود خواص آن استفاده کنیم. (دکتر حسینی)

در یکی از قسمت های سیستم های جداگر لرزه ای، در مورد بهبود خواص لاستیک و بالابردن عمر مفید آن با استفاده از نانو فناوری می توان تحقیقاتی را انجام داد. (دکتر سروقدمقدم)

در لاستیک هایی که در سیستم جداگر لرزه ای استفاده می شود، خواص مشخصی لازم است که میرایی بالا و توانایی تحمل تغییر شکل برشی از آن دسته اند، یعنی اگر بتوانیم از لاستیک منحنی رفتاری نیرو تغییر مکان های دو خطی به دست بیاوریم که کرنش های بالا را در اتصال سیستم جداگر لرزه ای تحمل کند و بدون خرابی به حالت اول برگردد، توان استهلاک انرژی فوق العاده بالایی به وجود می آید که می توان با استفاده از فناوری نانو بر روی این خواص کار کرد. (دکتر زهرایی)

4- استفاده از نانوسنسورها، نانو سیم ها و قطعات الکترونیکی کوچک بر ثبت شاخص های کنترل سیستم های مختلف (کرنش، جابجایی، شتاب انرژی جذب شده و ...) و تصویر کردن وضعیت سلامت داخلی اجزای سازه در ابزار های کنترل غیر فعال؛

حسگرها یکی از زمینه های وسیعی است که ما در کنترل سازه ها نیاز داریم، این قطعات الکترونیکی نه تنها در روش های فعال، بلکه در روش های غیر فعال و برای تصویر کردن وضعیت سازه ها به کار می روند، که می توان با استفاده از نانو فناوری قابلیت های آنها را افزایش داد. (دکتر زهرایی)

منابع:

<http://www.mohand.es/story/308>

<http://www.nano.ir/paper.php?PaperCode=204>

<http://www.iran-eng.com/showthread.php?t=19741>

<http://www.iran-eng.com/showthread.php?t=12514>

<http://myb.blogfa.com/post-17.aspx>

<http://nano.tca.org.tw>

<http://www.irannano.org/newstext.php?Code=1162>

<http://www.nano.ir/newstext.php?Code=3429>

http://www.nano.ir/sub_nanoworld.php?page=whatisnano&title

http://www.bddf.ir/homepage.php?action=show_news&news_id=583