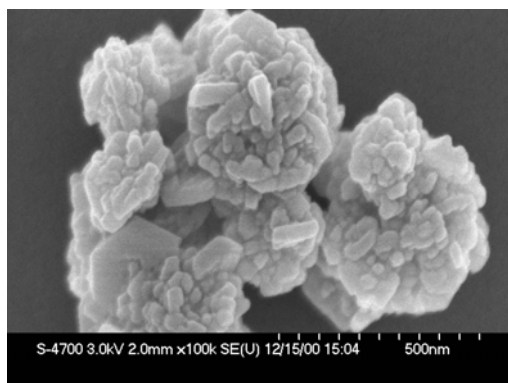


مواد نانوساختار و نانوابعاد متخلخل و کاربردهای کاتالیستی

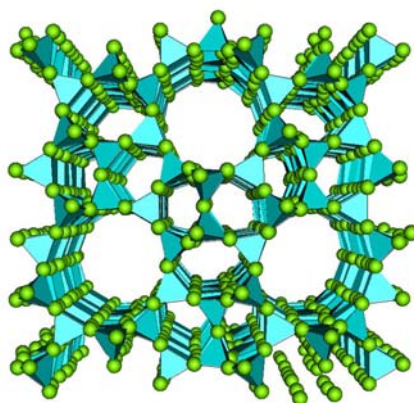
رضا شیدپور، ابوذر سهرابی جهرمی، سید مهدی طباطبایی

کشف و کاربرد مواد متخلخل در زمینه کاتالیست ها یکی از پیشرفت های بزرگ در صنعت کاتالیست ها در طول دو دهه گذشته بوده است. این مواد متخلخل از جنس اکسید سیلیسیوم، آلومینا و ترکیباتی خاصی به نام زئولیت ها بوده اند. در مواردی در طول دهه گذشته حتی انواعی از زئولیت ها تولید شده بودند که ابعاد تخلخل های آنها در حدود نانو بود.



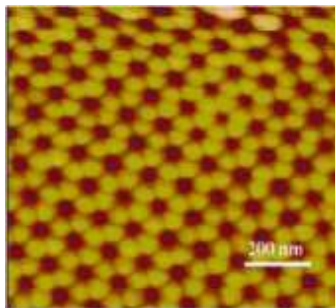
تصویر SEM از نمونه نانوکریستال های زئولیت تولید شده در دانشگاه Dalhousie [1]

در مواد نانومتخلخل جدید، ابعاد تخلخل ها و منافذ این مواد در حدود ۵ تا ۴۰ نانومتر می باشد. تخلخل ها نیز می توانند منظم یا نامنظم باشند. به علت تحقیقات زیاد بر روی نانومواد متخلخل اصول علمی حاکم بر تولید این مواد تا حد زیادی مشخص شده است، بطوری که اکنون محققان قادرند تخلخل هایی منظم با هندسه خاص و یکسان و با ابعاد از پیش تعیین شده برای کاربردهای مهندسی مورد نیاز مانند جداسازی مولکولی در غشاهای، انتخاب مولکولی با دقت زیاد در فرایند کاتالیستی در مواد متخلخل ایجاد کنند.



نمایه ای از زئولیت ZSM-5 با تخلخل های نانومتری [۲]

مواد نانومتخلخل به وفور در طبیعت هم در سیستم‌های زیستی و هم در مواد معدنی یافت می‌شوند و بعضی از این مواد به مدت طولانی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پیشرفت‌های اخیر برای فهمیدن علمی و دستکاری در ابعاد نانو، نحوه استفاده از این مواد را که استفاده از خواص ذاتی در این مواد بود، تغییر داده و به سمت طراحی‌های هدایت شده، جهت به دست آوردن خواص مورد نیاز، پیش برده است. یک نمونه مهم از این مواد، انواع مختلف غشاها می‌باشد که کنترل اندازه روی تخلخل آن تا حد دقت اتمی افزایش یافته است.



غشا نانومتخلخل¹

قابلیت‌های احتمالی زیادی برای این مواد تصور می‌شود و ابزارهای زیادی برای کنترل و تولید مواد در ابعاد اتمی و مولکولی در آینده ایجاد می‌شود. مهمتر از این، این دقت و کنترل فوق العاده را می‌توان روی ابعاد بزرگ مواد اعمال کرد و بنابراین می‌توان انتظار داشت که این مواد در صنایع دارویی و غذایی در تولید صنعتی سهم داشته باشند.

مواد نانومتخلخل همه دارای منافذی کمتر از ۱۰۰ نانومتر می‌باشد هر چند که بعضی از مواد میکروتخلخل با اندازه منافذ بالای این حد وجود دارند و اینگونه نیست که بطور اکید حد ۱۰۰ نانومتر روی کنترل اندازه حفره‌ها رعایت شود. مانند بسیاری از مواد نانو ساختار، مواد نانومتخلخل نیز به مقدار فراوان در طبیعت یافت می‌شوند مانند دیواره‌های سلول که از غشاهای نانومتخلخل ساخته شده‌اند، هر چند که از پیچیدگی بسیار زیادتری برخوردارند. از دهه‌های قبل در صنعت نفت به طور گسترده‌ای از مواد نانومتخلخل طبیعی به نام زئولیت‌ها استفاده شده است. هر چند اکنون اکثراً به صورت مصنوعی تولید می‌شوند.

نانو مواد متخلخل به دو دسته مواد توده‌ای و غشاها تقسیم می‌شوند. [۳]

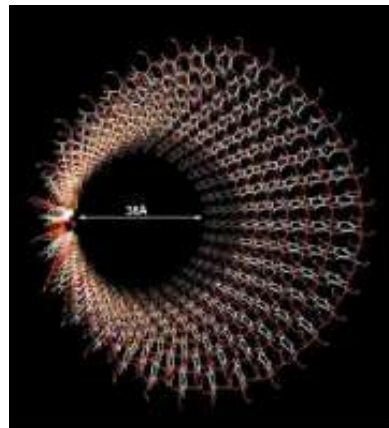
¹. Courtesy of MINT Center and Departments of Chemistry and Metallurgical and Materials Engineering, The University of Alabama

غشاهای نانومتخلخل

یکی از مهمترین موارد کاربرد غشاهای نانومتخلخل ناشی از توانایی ویژه تخلخل‌های نانو که اندازه‌های کاملاً دقیقی دارند، در عبور ساختارهای خاص مورد نظر می‌باشد، مانند عبور مولکول‌های DNA به صورت یکی یکی از میان غشای سلولی. کنترل دقیق اندازه این تخلخل‌ها از مهم‌ترین مشکلات تکنیکی در ساخت این مواد می‌باشد.

روش‌های زیادی برای ساخت مواد نانومتخلخل ابداع شده است.

در بعضی از این روش‌ها، مواد خاصی با خروج از میان یک جامد حفره‌هایی به جای این مواد بر جای می‌ماند و یا با ترکیب بعضی از پلیمرها، ماده اولیه تولید و سپس با گرم کردن و در نتیجه خارج شدن مواد پلیمری از لابلای مواد جامد، تخلخل‌های نانو را ایجاد می‌کنیم.



ماده هیبریدی اورگانوسیلیکا - ساختار خودآرای سیلیکا و بنزن با تخلخل‌های ۳ تا ۵ نانومتر²

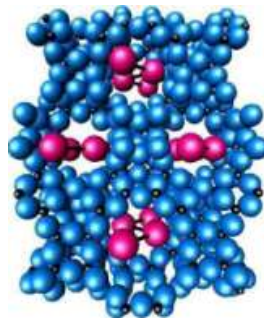
همچنین ترکیب پلیمرها و مواد معدنی مانند سیلیکا از دیگر روش‌های مورد نظر است. روش سل ژل برای ساخت مواد ژلی مانند آئروژل استفاده می‌شود. در طی این روش یک گاز به درون ماده ژلی پراکنده می‌شود و یک جامد خیلی سبک که در بعضی مواقع چگالی آن فقط چهار برابر هوا است، تولید می‌شود. [۴]

² Courtesy of Frontier Research Group VII, Toyota Central R&D

مواد نانو متخلخل توده‌ای

سطح ویژه جامدات زمانی که نانومتخلخل می شوند، بسیار افزایش می یابد که باعث بهبود خواص کاتالیستی، جذب سطحی و جذب می شود.

زئولیت‌ها موادی طبیعی یا مصنوعی هستند که مقیاس آنها در ابعاد نانو یا بیشتر می‌باشند و به عنوان کاتالیست از دهه‌های گذشته استفاده می شده اند. سطح ویژه جامدات نانومتخلخل عموماً صدها مترمربع بر گرم می‌باشد.



اتم های سزیم (رنگ تیره تر) که زنجیره زیگزاگی از یون های با بار مثبت در شبکه زئولیت تشکیل می دهند.^۳

جامدات نانومتخلخل از مواد اولیه متنوعی مانند کربن، سیلیکات، انواع پلیمرها، سرامیک‌ها، مواد معدنی فلزی و ترکیبات آلی و فلزات یا مواد آلی و سیلیکون ساخته می شوند.

آئروژل ها

آئروژل‌ها مواد بسیار متخلخلی هستند که می توانند حد دانسیته‌ای حدود ۴ برابر هوا داشته باشند. این مواد حاوی تخلخل‌هایی با اندازه‌های متفاوت می‌باشند. توزیع اندازه ذرات برای آئروژل سیلیکا حداکثر تا شعاع ۵ نانومتر می‌باشند، به همین دلیل به آنها مواد نانومتخلخل گفته می‌شود.

اما با وجود جذابیت‌ها، مقاومت پایین و تردی آئروژل‌ها، کاربردهای آن را محدود می‌کند. اگر چه آئروژل‌های معمول به اندازه کافی محکم هستند تا کاربردهایی کاتالیستی یا فیلتری داشته باشند. آئروژل‌ها همچنین خواص نوری جالب توجهی دارند. آئروژل‌ها وقتی حاوی شیشه باشند، می‌توانند به عنوان عایق حرارتی به کار برده شوند.

³ Image of prof. valery petkov , central mishigan university , usa

به هر حال، کاربردهای زیادی می توان برای آنها متصور بود به شرطی که استحکام و مقاومت آنها اصلاح شود. بسیاری از تحقیقات، روش های دستیابی به استحکام بالاتر را نشان داده است. برجسته ترین روش در سال ۲۰۰۲ ارائه شد، و آئروژل هایی ساخته شد که مقاومتی ۱۰۰ برابر آئروژل های معمول در برابر شکست داشتند.

سیلیکون نانومتخلخل

سیلیکون نانومتخلخل با اچ کردن سیلیکون با اسید ساخته شده و مانند لیزرها، خاصیت برانگیختن نور منتشر شده را دارا می باشند. یکی از معایب سیلیکون ها برای کاربردهای نوری، بی ثباتی آن است که یک گروه در دانشگاه پوردو با استفاده از یک واکنش که با نور آغاز می شد، روی آن یک پوشش تثبیت کننده دادند. البته بی ثباتی در کاربردهای دیگر این مواد مانند کاربردهای آن در پزشکی و داروسازی می تواند یک مزیت محسوب شود.

کربن فعال

یکی دیگر از انواع مواد نانومتخلخل کربن فعال می باشد، که مانند زئولیت ها از دیرباز به کار برده شده است. کربن فعال به وسیله شرکت های زیادی تولید می شود. به عنوان مثال، محققان کراهی با روش سنتز قالبی^۴ و با استفاده از نانوذرات سیلیکا، کربن فعال با اندازه ذرات ۱۲-۸ نانومتر تولید کردند. ماده حاصله جذبی ۱۰ برابر کربن فعال تجاری نشان داد. حذف آهن از بلورهایی که حاوی فلز و کربن بود، منجر به ساخت مواد کربنی نانومتخلخل می شد که بسته به شرایط فرایندی، از هم متفاوت بودند. این روش توسط شرکت سوئیسی اسکلتون^۵ تجاری شده است.

کربن نانومتخلخل با ساختار هندسی جدید به روش های دیگری نیز ساخته شد. یک گروه چند ملیتی از متخصصان در اوایل ۲۰۰۲ یک فرم از کربن بسیار نانومتخلخل با یک هندسه فراکتال داخلی ساختند (فراکتال ها، الگوهایی هستند که ساختار مشابه در مقیاس های متفاوت را نشان می دهند مانند شاخه های درختان) [۵]. این گروه ادعا کرده است که این ماده قابلیت ذخیره سازی متان (گاز طبیعی) را برای خودروها داراست.

⁴ *Templating*

⁵ *Swiss company skeleton technologies*

زئولیت‌ها

زئولیت‌ها، یک گروه عمومی از مواد معدنی هستند که هم علاقه مجموعه داران بلورهای زیبا و قیمتی را بر می‌انگیزد و هم در صنعت کاربردهای زیادی دارند. آنها بطور طبیعی در گودالها و صخره‌های آتشفشانی یافت می‌شوند.

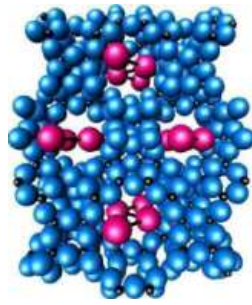


بلور طبیعی زئولیت

زئولیت‌ها در فیلتراسیون، بوزدایی، جذب گازها، تعویض یونی به کار می‌روند. یکی از کاربردهای مهم آنها جذب مواد سخت کننده آب مانند کلسیم می‌باشد.

ساختار زئولیت‌ها :

زئولیت‌ها دارای بدنه‌ای سیلیکاتی هستند که گروههای SiO_4 و AlO_4 در ساختاری هرمی شکل قرار می‌گیرند و نسبت آلومینیم و سیلیسیم به اکسیژن باید برابر $\frac{1}{4}$ باشد. شبکه آلومینا-سیلیکا دارای بار منفی است و یونهای با بار مثبت را به درون شبکه می‌کشاند. این مواد فضای خالی زیادی به شکل قفس درون ساختار خود دارند که به یونهای بزرگ مانند سدیم، پتاسیم، باریم، کلسیم و گروههای یونی و مولکولهای بزرگ مانند آب، آمونیاک، یونهای کربنات و نترات اجازه می‌دهند درون این فضاها قرار بگیرند. در بعضی انواع دیگر، فضاهای خالی همدیگر را قطع می‌کنند و کانال‌هایی با اندازه‌های مختلف به وجود می‌آورند. کانال‌ها باعث حرکت آسان یونها و مولکول‌های مستقر در شبکه می‌شوند. به دلیل وجود کانال‌ها و حفرات بزرگ چگالی مواد کم است. [۶]



اتم های سزیم (رنگ تیره تر) که زنجیره زیگزاگی از یون های بار مثبت در شبکه زئولیت تشکیل می دهند.⁶

مراجع

- [1] B.-Z. Zhan, M.A. White, K.N. Robertson, T.S. Cameron and M. Gharghoury. Chemical Communications, 1176-1177 (2001)
- [2] www.personal.utulsa.edu/~geoffrey-price/zeolite
- [3] Courtesy of MINT Center and Departments of Chemistry and Metallurgical and Materials Engineering, The University of Alabam
- [4] Courtesy of Frontier Research Group VII, Toyota Central R&D
- [5] From WebSite With "nanotechweb.org/dl/wp/nanoporous_materials_WP.pdf"
- [6] From WebSite With "<http://mineral.galleries.com/minerals/silicate/zeolites.htm>"

⁶ Image of prof. valery petkov , central mishigan university , usa