اهمیت سطح در دنیای نانو(۲)

واکنشهای شیمیایی در سطح مواد،جایی که مواد از طریق آن با یکدیگر در تماس اند،به وقوع می پیوندند.در نتیجه هرچه سطح تماس بیشتر باشد، واکنشها آسان تر انجام می گیرند.در این مورد ، هم می توان از طریق افزایش تعداد اتمهای سطحی و هم از راه افزایش نسبت سطح به حجم ، اقدام به تسهیل واکنشهای شیمیایی نمود.بدیهی است با کوچک تر کردن ذرات ماده می توان نسبت سطح به حجم را در آنها افزایش داد و موجب افزایش سهولت واکنش ها شد. سوخت های جامد مانند پودرهای ریز آلومینیو که از آن به عنوان سوخت موشک استفاده می شود، نمونه ای از اثر افزایش نسبت سطح به حجم بر روند و بازده واکنش است. بسیاری از خواص ماده هم با تغییر این ویژگی(نسبت سطح به حجم) تغییر می یابند.

مقدمه

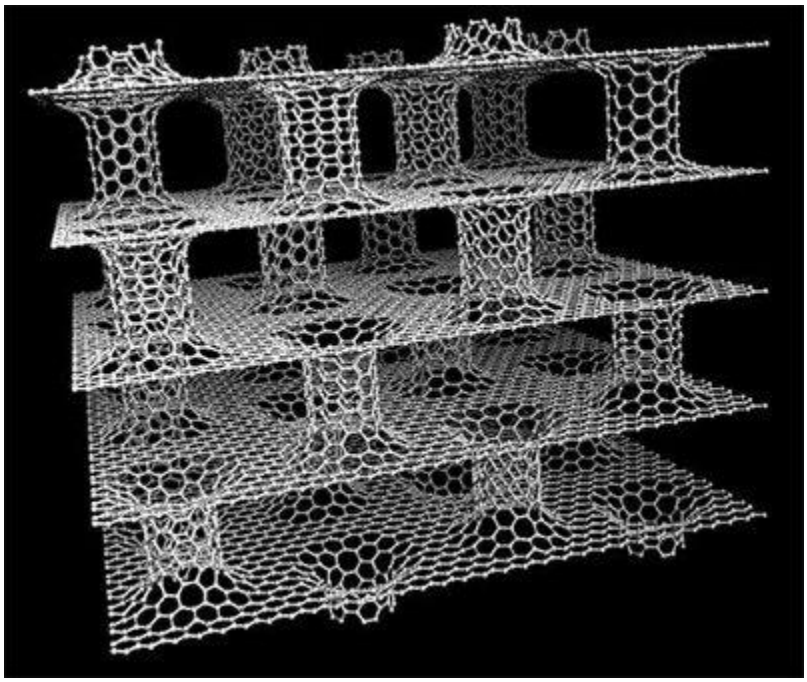
در مقاله‌ی قبلی آموختیم که عوامل مختلفی در تعیین خواص و رفتار مواد نقش دارند. از این عوامل به عدد اتمی، عدد جرمی، آرایش الکترونی، ساختار بلوری و شرایط محیطی اشاره نمودیم. علاوه بر این عوامل، موارد دیگری نیز وجود دارند که به مقدار سطح ماده بستگی زیادی دارند. اکنون به ادامه‌ی این بحث می‌پردازیم. سطح در فناوری نانو اهمیت بسیار بالایی دارد و همه‌جا از اثر سطح یا نسبت سطح به حجم صحبت می‌شود. در این مقاله، ابتدا در قالب مثال‌هایی اهمیت سطح را بیان می‌کنیم و تا حدودی تاثیر مقدار سطح را بر خواص ماده نشان می‌دهیم.

همان‌طور که می‌دانید، واکنش‌های شیمیایی در محلی اتفاق می‌افتند که ماده با محیط اطراف در تماس است. این محل همان سطح ماده است. واکنش از این منطقه شروع شده و سپس تحت شرایطی به عمق نفوذ می‌کند. برای بررسی بیشتر، اکسید شدن آلومینیوم را در نظر بگیرید. یک قطعه‌ی آلومینیومی سطحی کدر دارد و در صورت سمباده زدن آن، لایه‌های زیرین که بسیار شفاف هستند، پدیدار می‌شوند. این لایه‌های بسیار شفاف، همان آلومینیوم می‌باشند. اما این سطح براق به سرعت به سطحی کدر و مات تبدیل می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که، این لایه‌ی بسیار نازک و کدر، ترکیبی از اکسیژن و آلومینیوم است. آلومینا یا اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) یک ماده‌ی سرامیکی بسیار سخت است که به شکل یک لایه‌ی پیوسته، روی سطح آلومینیوم را می‌پوشاند. این لایه از تماس لایه‌های زیرین)که از آلومینیوم هستند) با هوای اطراف جلوگیری می‌کند. بنابراین، واکنش اکسایش آلومینیوم ادامه پیدا نمی‌کند و بقیه‌ی ماده از اکسید شدن حفظ می‌گردد.

پرسش ۴: طبق مطالب بیان شده، با تشکیل لایه‌ی اکسید، بر روی ِ آلومینیوم، این ماده از نظر شیمیایی غیرفعال شده، و واکنش متوقف می‌شود. به نظر شما این پدیده دارای چه مزیت‌ها و مضراتی است؟

اکسید شدن آهن با اکسید شدن آلومینیوم تفاوت دارد. اگر دقت کرده باشید، زنگ آهن، ماده‌ای است قرمز رنگ که به راحتی می‌شکند و می‌ریزد. این ماده به راحتی از روی آهن جدا می‌شود و بنابراین، اکسیژن به قسمت‌های داخلی و به زیر لایه‌ی اکسیدی نفوذ کرده و واکنش اکسایش ادامه میابد. به گونه‌ای که ادامه‌ی روند این واکنش منجر به تخریب کامل قسمتی از قطعه‌ی فولادی شده و در نهایت، موجب انهدام آن می‌شود.

بنابراین، اگر بخواهیم به دنبال ادامه دادن یک واکنش باشیم، باید راهی برای نفوذ به درون آن ماده بیابیم. یک راه، انتقال مواد از درون حجم ماده به سطح آن است. برای این کار (دسترسی به قسمت‌های داخلی حجم ماده) می‌توانیم مسیری را درون ماده تعبیه کنیم. این کار را می‌توان با ایجاد حفراتی که به هم متصل هستند و تا سطح ماده ادامه دارند انجام دهیم (شکل ۱). به این مواد که ساختاری اسفنج مانند دارند، مواد متخلخل یافوم می‌گوییم. در طبیعت نیز می‌توان مواد متخلخل را به وفور مشاهده کرد. زئولیت‌ها، موادی از این دسته هستند. از مواد متخلخل مصنوعی نیز می‌توان به فوم‌های فلزی اشاره نمود که امروزه کاربردهای بسیاری در صنایع دارند. از مواد متخلخلدر کاتالیز واکنش‌های شیمیایی، فیلترهای مایعات و فیلترهای هوا استفاده می شود. بنابراین، هرچه اتم‌های بیشتری در سطح باشند، واکنش‌های شیمیایی با سهولت بیشتری رخ می‌دهند. این رویداد برخی موارد مفید، و در برخی موارد مضر است.



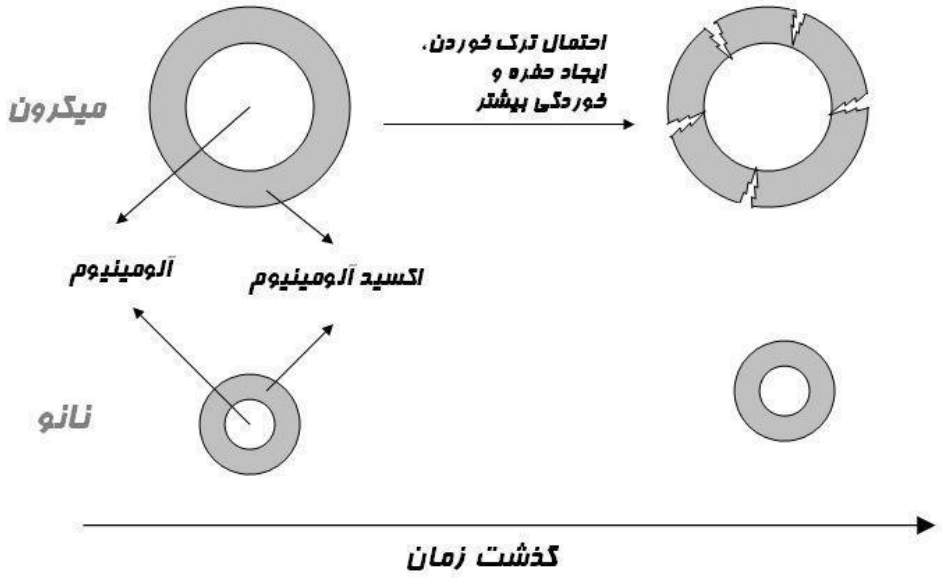
شکل ۱. طرحی از مواد متخلخل

پرسش ۵: آیا می‌توانید کاربردهای واکنش‌های شیمیایی مواد را نام ببرید؟ چه مواقعی نیاز داریم تا از واکنش‌های شیمیایی مواد جلوگیری کنیم؟

یک راه دیگر، کوچک‌تر کردن اندازه‌ی مواد واکنش‌دهنده است. برای بیان این موضوع، توضیحات را در قالب یک مثال ادامه می‌دهیم. ممکن است مطالبی را در رابطه با سوخت‌های جامد شنیده باشید. سوخت‌های جامد مانند پودر آلومینیوم در برخی کاربردهای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از این کاربردها، استفاده به عنوان سوخت موشک است. همان‌گونه که قبلاً نیز گفته شد، آلومینیوم واکنش‌پذیری بالایی دارد و به سرعت اکسید می‌شود. پودرهای ریز آلومینیوم بر اثر واکنش با اکسیژن، به شدت آتش می‌گیرند و گرمای زیادی آزاد می‌کنند. سوخت‌های جامد یا Solid Fuel به انواع مواد جامدی گفته می‌شود که به عنوان سوخت استفاده می‌شوند، و در اثر اشتعال، گرما و انرژی آزاد می‌کنند. مانند: زغال چوب و زغال سنگ. یکی از کاربردهای این نوع سوخت، استفاده از آن به عنوان سوخت موشک می‌باشد.

پرسش ۶: به نظر شما اندازه‌ی پودرهای آلومینیوم چه تاثیری بر میزان انرژی آزاد شده و در نتیجه بازده سوخت دارد؟

برای پاسخ به این پرسش، شکل ۲ را در نظر بگیرید. در این شکل فرض کرده‌ایم که پودر آلومینیوم ، به شکل کره است. در صورتی که این ذره‌ی پودر در معرض اکسیژن قرار بگیرید و واکنش دهد، یک لایه از اکسید آلومینیوم روی آن قرار می‌گیرد. با توجه به آنچه در مورد اکسید آلومینیوم گفته شد، این لایه‌ی تشکیل شده، از ادامه‌ی واکنش اکسایش جلوگیری می‌کند و مقدار زیادی از قسمت‌های داخلی این ذره‌ی پودری، از واکنش در امان می‌ماند. اما در صورتی‌که اندازه‌ی این ذره کمتر باشد، مقدار بسیار کمتری از آن دست نخورده باقی می‌ماند. بنابراین، مقدار بیشتری از سوخت جامد مصرف شده و بازده بیشتر می‌شود.



شکل ۲. مقایسه‌ی بین اکسید شدن ذرات آلومینیوم با اندازه‌های مختلف

علاوه بر این مثال، اندازه‌ی ذرات مورد استفاده در صنایع شیمیایی (اندازه‌ی ذرات کاتالیست)، ریخته‌گری (اندازه‌ی افزودنی‌ها به مذاب) و صنایع کامپوزیت (اندازه‌ی ذرات تقویت کننده) از اهمیت بالایی برخوردار است.
به طور خلاصه، برای در دسترس قرار دادن مقدار بیشتری از یک ماده، یا باید آن را به شکل متخلخل داشته باشیم، و یا اندازه‌ی ذرات آن را کوچک‌تر کنیم. در هر دو روی‌کرد، در واقع مقدار بیشتری از ماده روی سطح قرار می‌گیرد، و یا می‌توان گفت که نسبت سطح به حجم افزایش یافته است. اهمیت سطح تنها در واکنش‌های شیمیایی مطرح نیست، بلکه برهم‌کنش‌های فیزیکی و مکانیکی ماده با محیط نیز از طریق سطح انجام می‌گیرد. از این موارد می‌توان به پدیده‌های اصطکاک و انتقال حرارت اشاره نمود. بنابراین، تغییر مقدار سطح ماده می‌تواند بر این پدیده‌هاتاثیر بگذارد.

در پایان این مقاله و برای شروع مقاله‌ی بعدی، چند سوال مهم را مطرح می‌کنیم.

پرسش ۷: آیا همیشه با کوچکتر شدن اندازه‌ی ماده، خواص آن تغییر می‌کند؟ این خواص شامل چه مواردی هستند؟

همان‌گونه که می‌دانید، در ابعاد نانو، خواص نوری، الکتریکی، مغناطیسی و شیمیایی مواد به شدت تغییر می‌کند. برای مثال، نقطه‌ی ذوب ذرات ۵۰ نانومتری طلا با نقطه‌ی ذوب ذرات ۱۰ نانومتری طلا بسیار متفاوت است. رنگ نانوذرات طلا نیز با یکدیگر متفاوت است. اما اگر شمش‌های بزرگ طلا را به قسمت‌های چند میلی متری تقسیم کنیم، نقطه‌ی ذوب‌شان تغییر نمی‌کند و هم‌چنان به رنگ زرد (طلایی) دیده می‌شوند. چگونه این واقعیت را توجیه می‌کنید؟ آیا ابعاد نانومتر، محدوده‌ی خاصی است که در آن اتفاقات ویژه‌ای می‌افتد؟