اهمیت سطح در دنیای نانو(۴)

اهمیت اتم های سطحی در تعییت خواص مختلف ماده از جمله واکنش پذیری خیلی بیشتر از ابعاد بزرگتر ماده است؛ زیرا نسبت سطح به حجم در ابعاد کوچکتر ماده بیشتر است و از طرفی این اتم های سطحی هستند که در خط مقدم برخورد با سایر مواد و واکنشگرها هستند.در برخی مواد مانند فلزات نیز در شرایط خوردگی، اتم های سطحی اکسید شده و لایه ی محافظی برای اتمها ی عمقی تر ایجاد می کنند و مانع واکنش اتمهای حجم می شوند.تاثیر این اتم های سطحی در خواص فیزیکی ماده، نظیر نقطه ی ذوب و ... نیز قابل تامل می باشد.
در مقاله قبلی تلاش نمودیم تاپاسخ مناسبی را برای پرسش ۹ و به تبع آن برای پرسش ۸ بیابیم و نقش اتم‌های سطحی رادر رفتار ماده تبیین نماییم. در این راستا به مفهوم عدد همسایگی اشاره نمودیم ودیدیم که عدد همسایگی اتم‌های سطحی با اتم‌های درون حجم ماده متفاوت است. بنابراین اگر عدد همسایگی بر خواص اتم تاثیرگذار باشد، در مواد نانومتری وخوشه‌های اتمی که تعداد بسیار زیادی از اتم‌ها بر روی سطح ماده قرار دارند (جدول(۱) مقاله اهمیت سطح در دنیای نانو (۳)) یا به عبارتی نسبت سطح به حجم بسیار بیشتراز مواد بزرگ‌تر است، این تاثیر باید چشم‌گیرتر باشد.

فعالیت شیمیایی

برای روشن‌تر شدن موضوع، مثالی را که در کتاب «نانو از نو» آورده شده است، بیانمی‌کنیم. تصور کنید که در زنگ تفریح به همراه دوستان خود در حیاط مدرسه ایستاده‌اید. هنگامی‌که زنگ به صدا در می‌آید، هر یک از شما تلاش می‌کند تا به سمت کلاس برود. در این شرایط آیا رفتار شما با بقیه دوستانتان یکسان است؟ اگر شمادر میان حلقه دوستانتان ایستاده باشید، ابتدا باید صبر کنید تا اطرافیانتان حلقه را ترک کنند و سپس شما بتوانید راهی به بیرون بیابید. بر عکس، دوست شما که در اطراف این جمع ایستاده است، می‌تواند به راحتی و با آزادی عمل بیشتری این حلقه را ترک کند. این رفتاری است که در اتم‌های یک ماده جامد نیز دیده می‌شود. در واقع،اتم‌های سطح ماده آزادی عمل بیشتری نسبت به اتم‌های داخل حجم دارند. همان‌گونه که در مقالات قبلی گفته شد، ارتباط ماده با محیط پیرامونش، از طریق محل تماس ماده با این محیط، یا همان سطح ماده است .بنابراین به راحتی می‌توان دریافت که اتم‌های سطحی ماده، واکنش‌پذیری بیشتری دارند. بنابراین هنگامی‌که اندازه ذرات تشکیل دهنده ماده تا جایی کوچک شوند که نسبت سطح به حجم افزایش چشمگیری داشته باشد، واکنش‌پذیری ماده نیز بسیار افزایش خواهد یافت. اگرچه، در همان اندازه‌های بزرگ نیز با خرد کردن ذرات یک ماده، به وضوح واکنش‌پذیری آن افزایش می‌یابد و برای مشاهده افزایش واکنش‌پذیری لزومی ندارد تا حتما به اندازه‌های نانومتری برسیم.

البته بایدبین این موضوع و موضوع غیر فعال شدن سطح فلزاتی مانند آلومینیوم بر اثر تشکیل لایه‌اکسیدی، روی سطح آن تمایز قائل شد. زیرا در آن شرایط اتم‌های سطحی در قالب یک ترکیب شیمیایی قرار گرفته‌اند و ماهیتی جدا از

اتم‌های خالص درون حجم ماده دارند. در نتیجه واکنش‌پذیری بسیار کاهش می‌یابد و حجم ماده از واکنش شیمیایی مصون می‌ماند.

پرسش :۱۰بر اساس آنچه که تاکنون آموخته‌ایم، برخی از مواد در هنگام قرارگیری در محیط خورنده مانند آب دریایا محیط‌های اسیدی، خود را از خوردگی حفظ می‌کنند. به این ترتیب که یک لایه‌اکسیدی روی آنها تشکیل می‌شود. این لایه اکسیدی در آلومینیوم، Al_2O_3، درتیتانیوم، TiO_2و در فولاد ضد زنگ، اکسید کروم یاCr_2O_3 است. این لایه اکسیدی بسیار سخت و دارای چسبندگی زیاد به سطح زیرین و هم‌چنین یکپارچه است، بنابراین جلوی اکسید شدن لایه‌های زیرین را می‌گیرد. در مهندسی خوردگی و حفاظت از فلزات، به اینرفتار به اصطلاح، غیر فعال (passive)شدن گفته می‌شود. به نظر شما، کوچک کردن اندازه ماده به خصوص تا اندازه‌های نانومتری، چه تاثیری بر این رفتار دارد؟

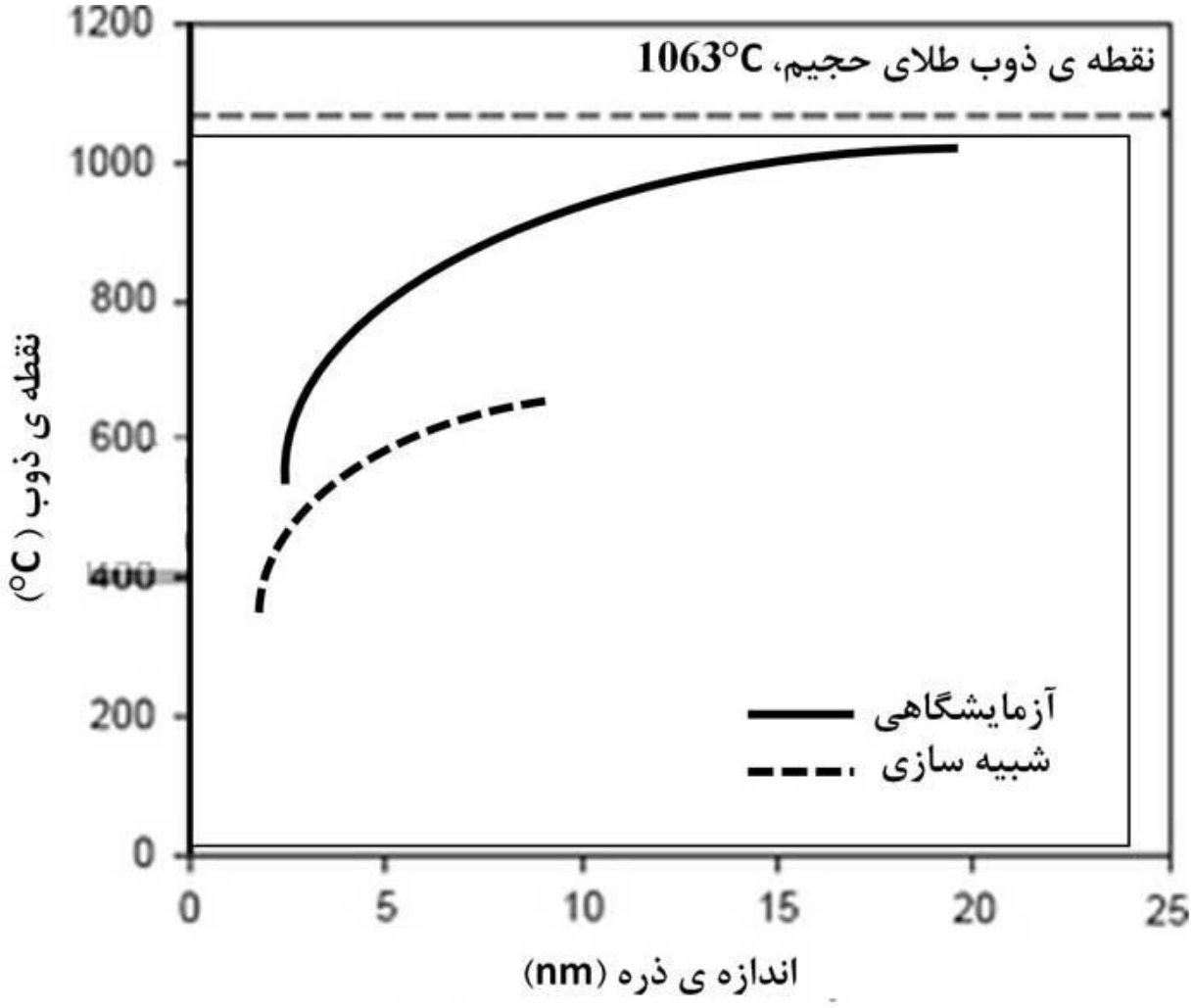
نقطه ذوب

البته این موضوع تنها محدود به فعالیت شیمیایی ماده نیست، بلکه در شکل دادن ویژگی‌های فیزیکی نیز،اتم‌های سطحی رفتاری متمایز از اتم‌های حجم دارند. تمام اتم‌های موجود در ماده درهر دمایی ، مقدار مشخصی از انرژی را به دلیل نوسان‌های خود، به خود اختصاص می‌دهند .میزان دامنه این نوسان در تمام اتم‌های ماده یکسان نیست. بلکه اتم‌های سطحی به دلیل آزادی فضایی بیشتری که در اختیار دارند، دامنه نوسان بیشتری نیز دارند. به این ترتیب می‌توان رفتار عجیب جامدات در کاهش دمای ذوبشان را توضیح داد. برای اینکه بتوانیم در مورد نقطه ذوب یک ماده جامد صحبت کنیم، بهتر است، ابتدا تعریف یکسانی برای نقطه ذوب ماده داشته باشیم. برای این کار می‌توانیم شرط یا معیار ذوب شدن ماده را تعریف کنیم.

دانشمندان و مهندسان به منظور تشخیص رخ دادن برخی پدیده‌ها در حین بررسی رفتار مواد، از معیارهایی استفاده می‌کنند. معیارهاعبارتند از معادلات ریاضی عموما ساده که تغییرات برخی عوامل موثر بر رفتار ماده رادر نظر می‌گیرند . معیارهای ترسکا و فون مایزز در مشخص کردن شرایط تسلیم یک ماده تحت اعمال نیرو و معیار لیندمان برای مشخص کردن تبدیل فازی از جامد به مایع در مواداز این دسته معیارها هستند. این معیارها در شبیه‌سازی رفتار مواد بسیار مهم وکاربردی هستند.

بر اساس معیاری که لیندمان درسال ۱۹۱۰ ارائه داد، هنگامی‌که میانگین نوسان‌های اتمی ماده به مقدار مشخصی (به نسبت فاصله تئوری بین اتم‌های ماده در بلور جامد یا همان ثابت شبکه) برسد، ماده را ذوب شده در نظر می‌گیریم. به بیان دقیق‌تر، این طور فرض می‌شود که با رسیدن مقدار میانگین دامنه ارتعاشات اتمی به ضریب مشخصی از مقدار ثابت شبکه، این ارتعاشات دیگر نمی‌توانند بدون آسیب رساندن و تخریب شبکه، افزایش یابند. بنابراین با افزایش میانگین دامنه ارتعاشات به مقادیر بیش‌تر، ماده از قالب شبکه بلوری خارج شده و ذوب می‌شود. با توجه به توضیحات ارائه شده در بالا، اتم‌های سطحی، میانگین نوسان‌های بالاتری دارند و اگر تعداد اتم‌های سطحی

زیاد شود، می‌توانندبر میانگین دامنه نوسان‌های کل اتم‌های ماده تاثیر واضحی بگذارند. بنابراین باکوچک شدن ابعاد ماده تا حدی که نسبت تعداد اتم‌های سطح به تعداد اتم‌های حجم به مقدار چشمگیری برسد، میانگین دامنه نوسان‌های اتمی افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهدیافت؛ در این شرایط، با افزایش ناپایداری سطحی ماده، دمای ذوب ماده کاهش پیدا خواهدکرد. در واقع شرایط مورد نیاز برای برقراری معیار لیندمان)مقدار مشخصی از میانگین نوسان‌های اتمی) در دماهای کمتری تامین خواهد شد .در شکل زیر، روند کاهش نقطه ذوب را بر حسب کاهش اندازه ذرات ماده مشاهده می‌کنید.



شکل ۱- تغییرات مقدارنقطه ذوب در مقابل کاهش اندازه ذره طلا

در این مقاله مشاهده نمودیم که اتم‌های سطحی که توسط تعداد کمتری از اتم‌های ماده محصورند، می‌توانند بررفتارهای ماده، تاثیرات به سزایی داشته باشند. البته این مباحث را می‌توان در قالب نظریه‌های دقیق‌تر علمی و با

ارائه روابط و تحلیل‌های ریاضیاتی و آماری به طور مفصل‌تری مورد بررسی قرار داد. اما بیان و توضیح این موارد خارج از هدف نگارش این سری ازمقالات (بیان ساده و مثال‌گونه رخدادهای دنیای نانومتری) است. در مقالات بعدی، با رفتار اتم‌های سطحی بیشتر آشنا می‌شویم.