

آناتومی ذرات سایشی

در این مقاله حالت های مختلفی که به وسیله آن ذرات سایشی ایجاد می شود همراه با خصوصیات فیزیکی هر نوع ذره سایشی توضیح داده خواهد شد. علاوه بر این، با استفاده از تجزیه و تحلیل میکروسکوپی و ابزار دقیق مشابه نگاهی عمیق به ظاهر منحصر به فرد این ذرات و نحوه تشکیل آنها پرداخته خواهد شد.



تجهیزات مکانیکی با گذشت زمان خراب می شوند. بسته به نوع کار و شرایط محیطی که یک ماشین تحمل می کند، فرسودگی مکانیکی داخلی می تواند به شکل های خستگی مانند، مالش، لغزش، خراشیدگی و خوردگی رخ دهد.

از منظر میکروسکوپی، بقایای ذرات سایشی تولید شده از فرآیندهای فرسودگی ممکن است به صورت ذرات ریزی که مشابه و یکسان عمل می کنند بنظر بیایند با این حال، در زیر یک میکروسکوپ، این ذرات سائیده شده دارای مورفولوژی (شکل و اندازه) منحصر به فردی هستند ضمن اینکه دارای توپوگرافی سطح (زبری، بافت و الگوی سطح) بر اساس فرآیند خستگی یا حالت سایش که رخ داده است متفاوت باشند.

اگر به دقت به مورفولوژی و توپوگرافی توجه کرد به وضوح می توان سرنخ هایی برای جلوگیری از خرابی قریب الوقوع ماشین پیدا کرد.

ذرات سایشی را می توان به عنوان ذرات جدا شده از سطوح تعریف کرد، درون یک ماشین این ذرات می توانند از اندازه زیر میکرون تا تکه های فلز به اندازه ای که قابل دیدن است، متغیر باشند. آنالیز ذرات سایشی به طور کلی به ذرات کوچک و مخربی که بسیاری از برای چشم انسان بسیار کوچک هستند، متمرکز است.

اندازه این ذرات ممکن است کمتر از ۱ میکرون تا ۲۰۰ میکرون باشد. اگر ذرات بزرگتر از ۲۰۰ میکرون دارید، احتمالاً دیگر نیازی نیست کسی به شما بگوید که یک مشکل جدی در دستگاه وجود دارد.

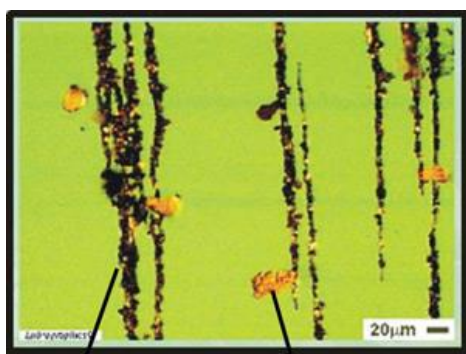
نمونه برداری و تجزیه و تحلیل ذرات سایشی

روش های مختلف تجزیه و تحلیل ذرات سایشی وجود دارد (جدول ۱ را ببینید). برخی از این روش ها حتی می توانند ذرات سایشی را مستقیماً از نمونه روغن آنالیز کنند. فروگرافی تحلیلی نیاز به جداسازی ذرات سایشی از نمونه روغن جمع آوری شده دارد.

سپس تصاوير فوتوميكروگراف فروگرام ها يا فيلترگرام ها با استفاده از ميكروسكوپ نوري مورد مطالعه قرار مي گيرند. مزيت اصلي فروگرافي تحليلي توانايي آن در تعيين شكل ذرات، اندازه و بافت و همچنين شناسايي عناصر است.

TABLE 1. WEAR PARTICLE ANALYSIS TECHNIQUES		
INSTRUMENTATION	ANALYSIS METHOD	RESULTS
Spectrometric analysis	High heat vaporization of metals	Parts per million (ppm) of elements
Particle counting	Laser light scatter or pore blockage	Number and size of particles
Direct image particle counting	Shadow casting from laser	Number and size of particles
Ferrous density analysis	Magnetic flux	Number and size of particles
Analytical ferrography	Microscopic analysis	Shape, size, texture, color, orientation, etc.

فروگرافي براي جمع آوري ذرات از مگنت يا فيلتراسيون غشايي استفاده مي كند. استانداردهاي ISO مانند ISO 16232، ASTM D7670 و D7690 براي آماده سازي مناسب اين نمونه ها و آناليز ويژگي هاي بصري ذرات استفاده مي شود. اين ويژگي هاي بصري، مكان و نحوه توليد اين ذرات را مشخص مي كند.



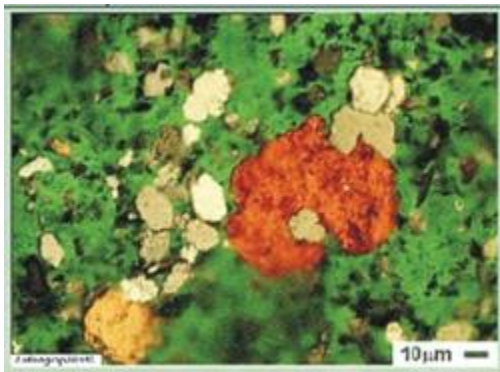
Ferrous particles Non-ferrous particle

در اين فروگرام، ذرات آهنی در امتداد میدان های مغناطیسی قرار گرفته اند.

فروگرام ها

در حالی که یک نمونه روغن به طور مشخص بر اساس طراحی به به از روی اسلاید شیشه ای به طرف پایین جریان می یابد به نام فروگرام، یک آهنربا در زیر اسلاید شیشه ای قرار دارد تا ذرات آهنی به دام بیفتند. ذرات تمایل دارند به صورت رشته ای در امتداد میدان مغناطیسی جمع می شوند. در حالی که بسیاری از ذرات غیر آهنی در حال جاری شدن از روی اسلاید گذشته و به دام نمی افتند، و برخی از آنها توسط گرانش یا تماس با فلزات در پشت ذرات آهنی به دام افتاده و نگه داشته می شود. به کمک نورپردازی از پائین و بالا ویژگی های حیاتی ذرات را می توان مشخص کرد.

فیلترگرام ها



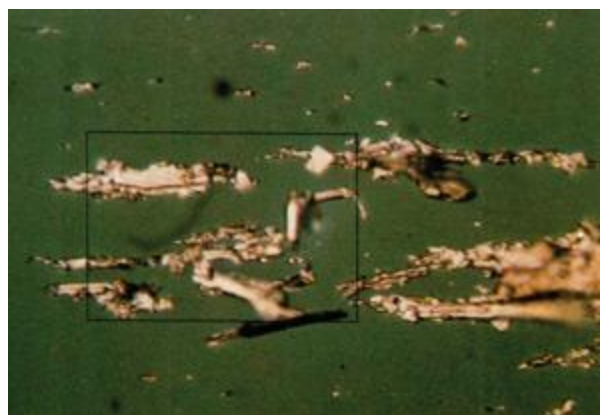
برخلاف فروگرام، فیلترگرام ها هیچ گونه تعصبی نسبت به ذرات آهنی ندارند. همزمان با عبور نمونه روغن از میان یک غشای فیلتر، هر ذره ای بزرگتر از اندازه منافذ به طور تصادفی روی سطح غشاء به دام می افتد. با این حال وجود، در طول آنالیز به دلیل مات بودن غشای فیلتر در پایین انتقال نور ضعیف است.

ذرات به طور تصادفی روی فیلترگرام جمع شده اند

حالت های سایش

مالشی (شکسته شدن) سایش (ذرات ساییده)

به عنوان رایج ترین نوع سایش، سایش مالشی است، زمانی رخ می دهد که در دستگاه تماس رفت و برگشتی سطحی وجود داشته باشد. در زمان تماس اولیه بین سطوح، باید انتظار این نوع سایش "شکستگی" را داشت. معمولاً منجر به یک سطح صاف تر و کم سایش می شود. ذرات تولید شده از ساییدگی معمولاً دارای مورفولوژی پلاکتی (لخته خونی شکل) (دو بعدی) و توپوگرافی صاف هستند.



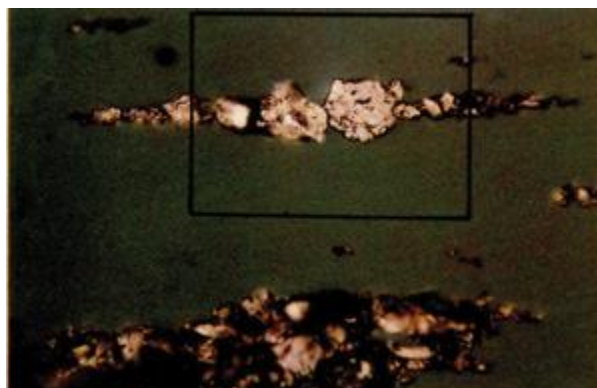
سایش های ناشی از بریده شدن (ذرات ساییده)

این سایش غیر طبیعی زمانی رخ می دهد که دو سطح به یکدیگر نفوذ کنند. همانطور که از نام آن پیداست، ذرات از یک سطح تولید می شوند که سطح دیگر را می کند و تکه های بلند و روپانمانندی ایجاد می کند. اغلب این حالت سایش با ماشینکاری ماشین تراش اما در مقیاس بسیار کوچکتر مقایسه می شود.



سایش غلتکی (خستگی سطحی)

تماس غلتشی سطح باعث ایجاد خستگی سطحی می شود. ذرات تولید شده ناشی از خستگی سطحی به شکل خرده ریز، کروی یا ورقه ورقه، ظاهر می شوند. تشکیل حفره ها و خرده ریزه ها در نتیجه فشار باری زیاد و سطح تماس کم منجر به شکل گیری و چسبیدن این ذرات می شود زیرا آنها از حالت اولیه خود خارج می شوند. این نوع سایش معمولاً در مواردی که تماس با حرکت غلتشی، مانند یاتاقان های توپی، رخ می دهد.



ترکیب سائیدگی غلتشی و کشویی (خستگی سطحی و سایش ذرات ساینده)



این ترکیب غیرعادی حالت های سایش ناشی از خستگی و سائیدگی است. معمولاً با سیستم های چرخ دنده، به ویژه در امتداد خط دندانه های چرخ دنده و همچنین در شرایطی که بار یا سرعت بسیار زیاد و تولید گرمای بیش از حد وجود دارد، مرتبط است. به عنوان مثال تماس سطحی دندانه های چرخ دنده ترکیبی از حرکت غلتشی و لغزشی است. این منطقه حالت سایش ترکیبی، همراه با اثرات آلاینده های روان کننده، می تواند ترکیب پیچیده ای از ذرات سایشی ایجاد کند.

سایش شدید حرکت‌های کشویی

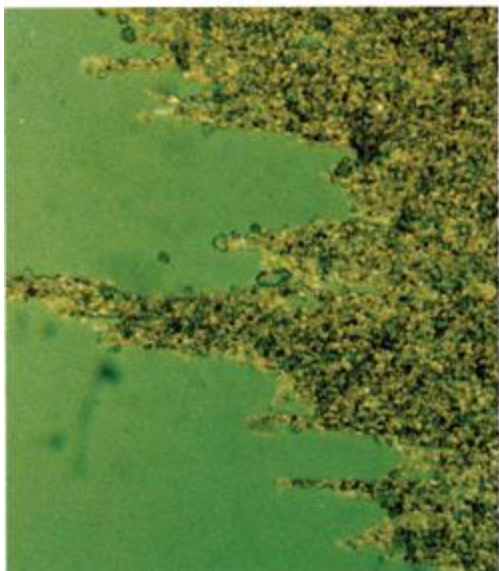
سایش شدید در بارهای بیش از حد و سرعت بالا بین سطوح در تماس رخ می‌دهد. هنگامی که تنش‌های سطحی به دلیل افزایش بار و یا سرعت در ناحیه تماس سطحی بسیار زیاد باشد، ناحیه ناپایدار می‌شود و ذرات بزرگ جدا می‌شوند و میزان سایش را بیشتر افزایش می‌دهند.



Striations indicate sliding motion

سایش شیمیایی/خوردگی

سایش ناشی از خوردگی شیمیایی اغلب به عنوان خوردگی فرسایشی، فساد تدریجی، خستگی ناشی از تنش، و غیره نامگذاری می‌شود. این ذرات اغلب بسیار کوچک هستند که به صورت جداگانه قابل تشخیص نیستند و معمولاً نتیجه خواص نامناسب سیال یا آلودگی شدید با آب، اسید، نمک یا باکتری هستند. گرما نیز نقش مهمی در خوردگی دارد. اکثر روان‌کننده‌ها برای جلوگیری از اثرات سایش شیمیایی دارای مواد افزودنی ضد زنگ ضد خوردگی هستند.

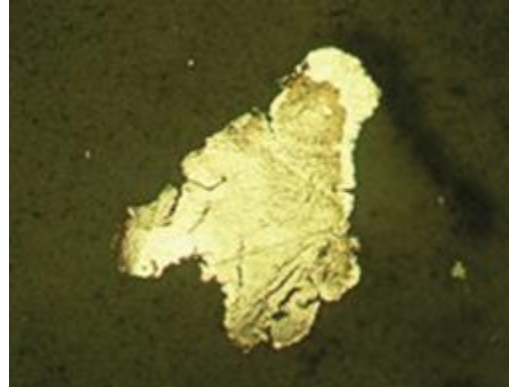


مورفولوژی و توپوگرافی ذرات

از آنجایی که ذرات سایش به روش‌های متغیر از سطوح داخلی ماشین جدا می‌شوند، مورفولوژی و توپوگرافی آنها منحصر به فرد است. با این وجود، آنها از سطوح مطابق با الگوهای خاصی جدا می‌شوند.

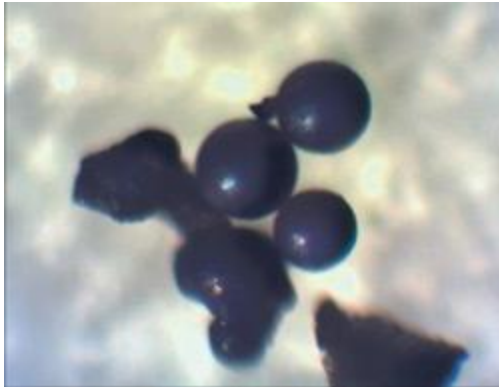
ذرات پلاکتی شکل

این ذرات دو بعدی عموماً مسطح با محیطی ناهموار هستند. ضخامت آنها معمولاً حدود یک دهم تا یک سی ام بعد جانبی آنها است. آنها را می توان بیشتر به عنوان داشتن یک شکل خطی یا گوه مانند توصیف کرد. یکی از متداول ترین راه هایی که می توانند ذرات پلاکتی شکل را ایجاد کنند، اعمال نیروهای عادی و گریز از مرکزی از طریق تماس با سطوح زبر و خشن است.



ذرات کروی

همانطور که از نام آنها پیداست، این ذرات اساساً کروی هستند. معمولاً کمتر از ۱۰ میکرون، به تعداد کمی ظاهر می شوند و گاهی اوقات با هم جوش می خورند. ذرات کروی به عنوان ذرات سایشی، با یاتاقان های غلتشی مرتبط بوده و اغلب باعث پتشکیل جسم جدید ناشی از شکست خستگی می شوند.



لازم به ذکر است که ذرات کروی غالباً بجای بقایای سایش به عنوان آلاینده در نظر گرفته می شوند. این نوع آلاینده کروی

شکل احتمالاً بزرگتر از ۱۰ میکرون خواهد بود و اغلب محصول فرعی فرآیندهای جوشکاری و سنگ زنی است.

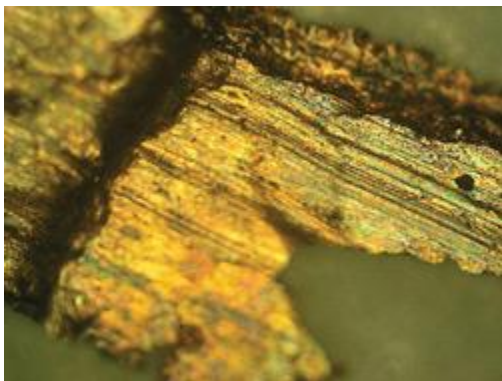
ذرات سیمی یا حلقه ای شکل

این ذرات معمولاً بلند و لاغر هستند، ممکن است شبیه سیم، تراشه یا روبان باشند. در حالی که آنها می توانند کناره ها و لبه های صاف داشته باشند، معمولاً ظاهر خشن تری دارند. یکی دیگر از ویژگی های رایج این ذرات آن است که آنها بصورت فر در می آیند، شبیه به فر شدن تراشه در فرآیند رنده تخته چوب. به همین دلیل ممکن است ذره از یک طرف خشن و از طرف دیگر صاف باشد.

این نوع ذرات به برش سایشی مرتبط هستند، جایی که یکی از سطوح در تماس، دارای ذره ای نرم یا چسبیده است که در مقایسه با سطح دیگری مانند پلاستیک سفت و سخت است، ذره نواری شکل از آن جدا می شود.



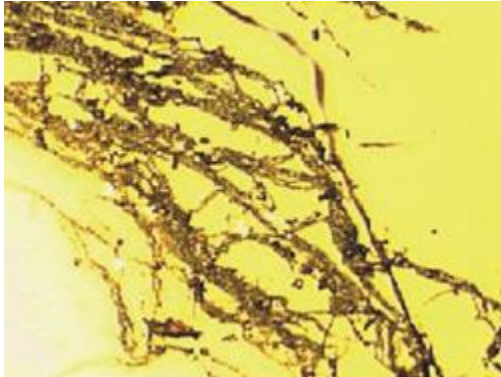
تکه ها یا ذرات نامنظم



تئوری چسبندگی توضیحی ممکن برای اینکه چرا ذرات اشکال نامنظم تولید می کنند، ارائه می دهد. در فرآیند چسبندگی سطوح، دو سطح ناهمواری های در تماس یکدیگر را صاف می کنند و در یکی از سطوح شکاف ایجاد می کند. برهمکنش سطحی، قطعات متلاشی شده را به سطح مقابل منتقل کرده و به آن می چسبند.

این امر می تواند منجر به تشکیل ذراتی شود که اشکال غیرعادی دارند و مخلوطی از عناصر هستند. تعریف اشکال اغلب دشوار است، زیرا ممکن است همزمان چندین حالت سایش در سیستم عمل کند. از آنجایی که این ذرات سایشی به عنوان آلاینده های ساینده بین سطوحی که دائماً در تماس هستند عمل می کنند، به شکل های غیر معمول تبدیل می شوند.

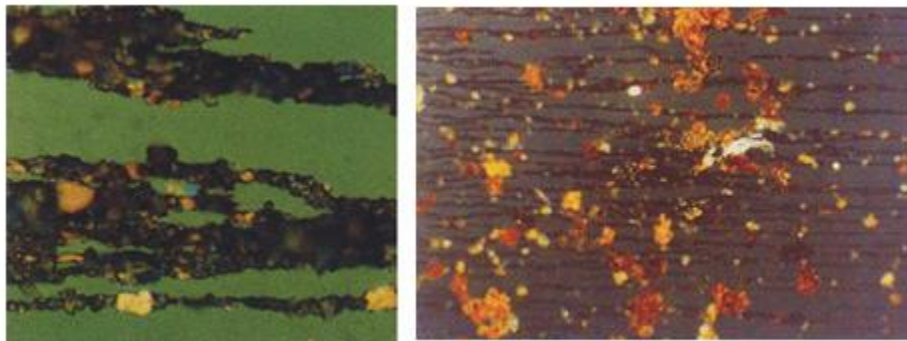
ذرات ناشي از خوردگي غير آهني



ذرات ناشي از خوردگي معمولاً بسيار كوچك هستند (زير ميكرون). تكنيك‌هاي جمع‌آوري مغناطيسي مي‌تواند در جمع‌آوري اين ذرات، كه براي مشاهده جزئيات آن بسيار ريز هستند، مؤثر باشد.

ذرات اكسيد آهن

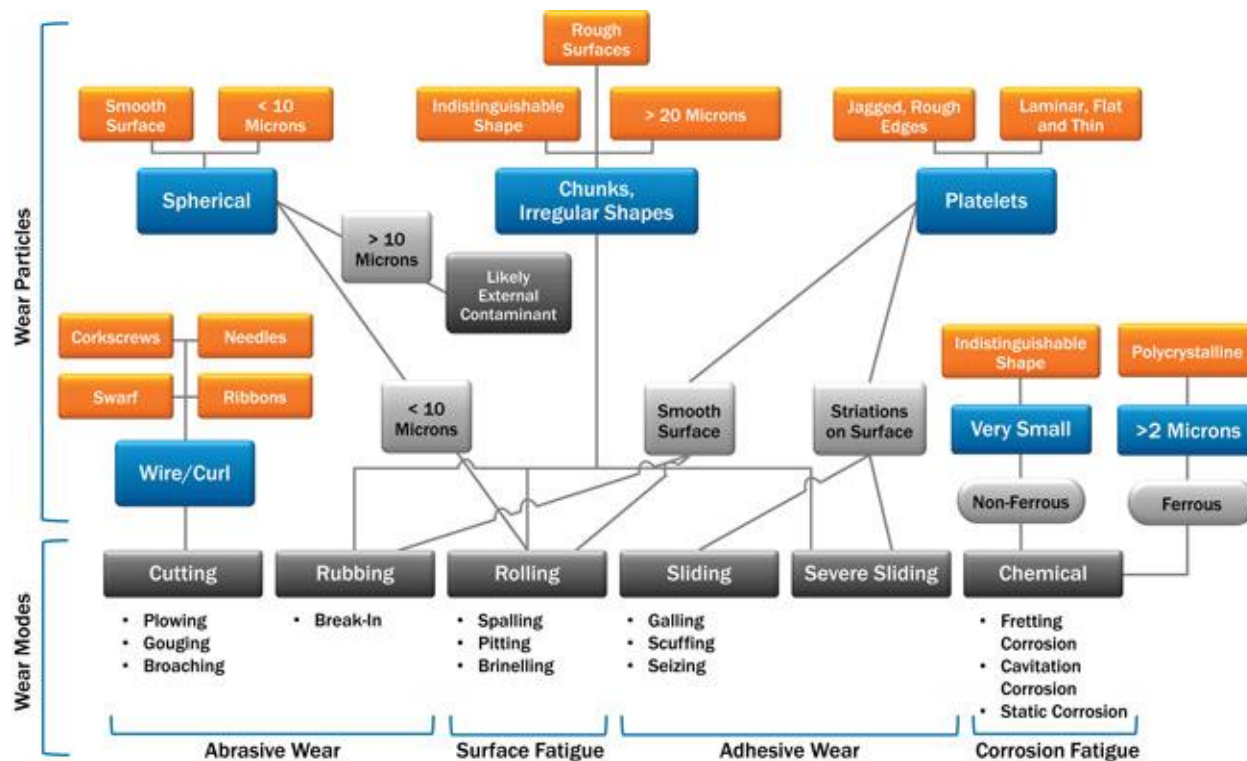
ذرات اكسيد كه يا اكسيد آهن قرمز يا سياه هستند، از واكنش‌هاي شيميايي بين آهن و اكسيژن توليد مي‌شوند. اكسيدهاي قرمز نشان دهنده رطوبت در سيستم هستند، در حالي كه اكسيدهاي سياه نشان دهنده روانكاري ناكافي و توليد گرمای بیش از حد در سيستم هستند.



ساير ذرات

ذراتي كه قبلاً توضيح داده شد فقط شامل آنهائي هستند كه از علل ناشي از سايش ايجاد مي‌شوند، اما يك سيستم مكانيكي مي‌تواند مجموعه‌اي از ذرات ديگر از آلاينده‌هاي محيطي مانند آب، گرد و غبار و غيره تا آلاينده‌هاي انساني مانند محصولات جانبي حاصل از ماشينكاري فلزات را در خود داشته باشد.

حتي برخي از افزودني‌هاي روان‌كننده را مي‌توان با ذرات سايش در هنگام آناليز ذرات اشتباه گرفت. با اين وجود، آناليز ذرات سايشي براي كشف اينكه کدام اقدامات تخریب کننده در يك ماشين رخ مي‌دهد يا چگونه يك ماشين از كار افتاده است بسيار مفيد است.



این تصویر نشان می دهد که چگونه انواع مختلف ذرات سایشی با حالت های مختلف سایش مرتبط هستند.

اگرچه تکنیک های آنالیز، مانند مشاهدات دقیق عملیات حرارتی یا افزودن مواد شیمیایی خاص می تواند در تعیین ترکیب عنصری ذرات کمک کند، آنالیز طیف سنجی به طور کلی در ارائه ترکیب عنصری آلاینده ها در یک نمونه روغن موثرتر است. فروگرافی تحلیلی بهترین روش برای تعیین مورفولوژی و توپوگرافی بقایای سایشی است که در شناسایی علت ریشه ای بوجود آمدن ذرات ضروری است.