مقدمه

تصفیه فاضلاب

روشهای تصفیه که در آنها کاربرد نیروهای فیزیکی عامل مهمتری است با عنوان عملیات واحد تصفیه شناخته شده اند. روشهای تصفیه که در آن حذف آلاینده ها از طریق واکنشهای شیمیایی و زیست شناسی صورت می گیرد با عنوان فرایند های واحد تصفیه معروف اند در حال حاضر، عملیات و فرآیندهای واحد تصفیه در هم ادغام شده و آنچه را که امروزه مراحل اولیه، و نهایی تصفیه نامیده می شود تشکیل داده اند.

حذف رنگ از پساب ها در چند سال اخیر قابل توجه بوده است. که نه تنها به خاطر سمیت رنگ ها بلکه بطور اصلی ناشی از مسائل دید میباشد. با توجه به تولید در مقیاس های بزرگ و کاربرد گسترده رنگ های مصنوعی،فاضلاب تخلیه شده از صنایع رنگرزی بسیار رنگی هستند که برای آبزیان میتوانند بسیار سمی باشند. و بعضی رنگ ها میتوانند سرطان زا و جهش زا باشند. حتی اگر سمی هم نباشند میتوانند نور خورشید را جذب کرده و باعث کاهش فتوسنتز در گیاهان آبزی شوند. بنابراین لازم است که روشهای موثربرای حذف این رنگ ها از پساب ها پیدا کنیم[2-1].

به عنوان مثال رنگ basic fuchsin با فرمول مولکولی $C_{20}H_{20}ClN_3$ یکی از رنگهای نادر میباشد که قابل اشتعال در طبیعت است. بطور وسیع به عنوان عامل رنگ کننده در صنایع نساجی استفاده میشود. در اثر تماس فیزیکی با پوست و چشم موجب سوزش میشود. وممکن است بلع آن باعث تحریک دستگاه گوارش همراه با تهوع و اسهال شود. و استنشاق رنگ باعث آسیب به دستگاه تنفسی شود. [3]. و به طور کلی روشهای حذف رنگ های آلی و پیگمانت ها از فاضلاب ها به سه روش اصلی تقسیم بندی می شوند.

۱) فیزیکی (جذب ،فیلتراسیون ،شناور سازی)

۲)شیمیایی (اکسیداسیون احیاء و الکترو شیمی)

۳) بیولوژیکی (هوازی و بی هوازی)

جذب یکی از کارآمد ترین روش های فیزیکی برای بی رنگ کردن فاضلاب ها تکامل یافته است که از آن می توانید برای تولید آب با کیفیت بالا استفاده کرد که فرآیندی است که از لحاظ اقتصادی به صرفه می باشد[6-4] . در سال های اخیر MNP اکسید آهن به عنوان یک جاذب مناسب توجه نسبتاً زیادی در زمینه تکنولوژی زیستی و دارویی با توجه به مغناطیس قوی آنها، سمیت کم و تطبیق پذیری زیستی جلب کرده است.

فناوری نانو

۱-۱- آشنایی با نانو تکنولوژی

فناوری نانو عبارت است از هنر دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی و بـه خصـوص سـاخت قطعات و لوازم میکروسکوپی (مانند روبات‌های میکروسکوپی)

فناوری نانو، توانمندی تولید مواد، ابزار و سیستم های جدیـد بـا درسـت گـرفتن کنتـرل در سـطوح مولکولی و اتمی واستفاده از خواص آنها است که در آن سطوح ظاهر می شـود . فنـاوری نـانو یـک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشتـه هاست [7]..

فناری نانو فناوری است که بر پایه دستکاری تک‌تک اتم‌ها و مولکول‌ها استوار است بدین منظور کـه بتوان ساختاری پیچیده را با خصوصیات اتمی تولید کرد.

شکل۱-۱ باک مینستر فولرن C_{60} ساختاری پیچیده از اتم کربن

از زمانی که جان دالتون[1] وجود اتم‌ها را در سال ۱۸۰۳ به جهانیان اثبات کرد، دانشمندان در تلاش بوده‌اند این ذرات کوچک را تحت کنترل خود درآورند و اکنون محققان نانو تکنولوژی توانسته‌اند با در اختیار گرفتن اتم‌ها تحولات عظیمی را رقم بزنند [8].

کلمه نانو از لغت یونانی دوآرف[2] به معنی کوچک گرفته شده است. این یک پیشوند علمی به معنی یک میلیاردم است[9] .

مقیاس نانو به مقیاس اتم‌ها و مولکولها نزدیک است. پس می‌توان گفت که نانو تکنولوژی عبارت است از تحقیقات و فناوری در سطوح اتم‌ها، مولکول‌ها، ابر مولکول‌ها در محدوده یک تا ۱۰۰ نانومتر. در واقع حوزه نانو تکنولوژی در حدود میلیاردم متر است. ابعادی که در آن اتم‌ها با هم ترکیب شده و مولکول‌ها روی هم اثرات متقابل دارند.

در اواخر دهه ۱۹۵۰ ریچارد فاینمن [3]فیزیکدان آمریکایی نظراتی را در ارتباط با کار در سطح اتم‌ها و مولکول ها مطرح کرد. او گفت دانشمندان با تحقیق در مقیاس کوچک اتمی که یک میلیون بار کوچکتر از سر سوزن است می‌توانند خواص ماده را تغییر دهند به گونه‌ای که متفاوت با اجسام با ابعاد عادی رفتار کنند. در این مقیاس، اتم‌ها و ذرات رفتاری غیر متعارف به نمایش می‌گذارند.[8]

دانشمندان با استفاده از این مواد در تلاشند دستگاه‌ها و ابزارهایی بسازند که از قابلیت‌های بسیار ویژه‌ای در عرصه مهندسی برخوردار باشند. برای مثال متخصصان نانو تکنولوژی می‌کوشند با کار برروی چگونگی حرکت اتم‌ها و نوع قرار گرفتن آنها در کنار یکدیگر و نیز با ایجاد تغییراتی خاص در مواد به ترکیبات مقاومتری از آنها دست یابند و کیفیت مواد تولیدی را بهبود بخشیده و در نهایت تولید مواد مختلف را اقتصادی تر کنند.

برای دستیابی به چنین هدفی به یک مهندس یا دانشمند در یک حوزه خاص نیاز نیست. برای هر محصولی در ابعاد نانومتری باید تیمی از افراد مجرب از رشته های مختلف در کنار هم فعالیتی را به نتیجه برسانند. دانشجویان رشته‌های مختلف پزشکی و مهندسی می‌توانند به کمک هم به راحتی بر ابعاد نانومتری تسلط پیدا کنند[8].

نانو فناوری دنباله فناوری در مقیاس میکرو است. در این راستا بررسی تغییرات از مقیاس میکرو

---

1. Dalton
2.Dwarf
3.Feynman

به نانو بسیار ضروری است. با حرکت به ابعاد اتمی، مواد می‌توانند محکم‌تر، سبک‌تر و هادی تر شده و خواص مغناطیسی عالی، کنترل گسیل نوری، تخلخل بیشتر، عایق بهتر گرمایی و فرسایش کمتر به ماده می‌دهد. نانو تکنولوژی نقش خود را در کوچک کردن اجزا ایفا می‌کند و نتیجه آن افزایش کارایی یک مجموعه است . [8]

ساختن هر چیزی به غیر از مرتب کردن اتم‌ها نیست. اگر بتوانیم اتم‌ها را با دقت بیشتر، هزینه کمتر و انعطاف بیشتر در کنار هم قرار دهیم، آنگاه تمام محصولاتی را که در دنیای کنونی تولید می‌کنیم، تغیر اساسی خواهد کرد. [10]

به طور کلی دو روش جهت رسیدن به ساختارهایی در مقیاس نانو وجود دارد، یعنی کاهش ابعاد از بالا به پایین یا افزایش ابعاد از پایین به بالا . روش بالا به پایین مستلزم کاهش اندازه به کمترین میزان ممکن تا مقیاس نانومتری و تراشیدن چیزهای بزرگتر و رسیدن به ساختارهای کوچک نانومتری می‌باشد. [8]

۱-۱-۱- برخی اهداف فناوری نانو

۱- توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی ، مولکولی و یا ماکرو مولکولی در مقیاس اندازه های ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.

۲- خلق و استفاده از ساختارها ، ابزار و سیستمهایی که به خاطر اندازه کوچک آنها ، خواص و عملکرد جدیدی دارند.

۳- توانایی کنترل یا دستکاری درسطوح اتمی .

۱-۱-۲- اهمیت نانو ابعاد

دلایل زیادی برای اهمیت نانو ابعاد وجود دارد ، که بعضی از آنها به شرح زیر است :

۱- خصوصیات مواد در اندازه های نانو متری دچار تغییراتی می شود و با طراحی مواد نانو متری تغییر در خصوصیات ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک ماده مانند رنگ ، خواص مغناطیسی، دمای ذوب و ... بدون تغییر ترکیبات شیمیایی آن ممکن می شود .

۲- از جمله خصوصیت مواد بیولوژیکی و زنده، سازماندهی منظم آنها در ابعاد نانومتری است و توسعه در زمینه نانو فناوری به ما اجازه خواهد داد که چیزهای نانو ابعادی ساخت بشر را در داخل

سلولهای زنده قرار دهیم . همچنین این کار باعث خواهد شد که با استفاده از خود چینی طبیعت بتوانیم مواد جدیدی بسازیم . مطمئناً این کار باعث ایجاد ترکیبات بیولوژی با علم مواد خواهد شد .

۳- ترکیبات نانو متری دارای نسبت سطح به حجم بسیار زیادی هستند (حجم کمی دارند اما سطح زیادی را پوشش می دهند) و لذا استفاده از آنها در مواد کامپوزیتی دارو رسانی در بدن و ذخیره انرژی به شکل شیمیایی (مانند گاز طبیعی و هیدروژن) بسیار ایده آل خواهد بود [7].

۱-۱- ۳- روش های ساخت در فناوری نانو

اصولا در فناوری نانو دو روش برای ساخت محصولات نانویی وجود دارد :

الف : **روش پایین به بالا**

منظور از پایین به بالا ،چینش اتم به اتم، مولکول به مولکول از یک ماده کنار هم بطور دلخواه جهت ایجاد و ساخت مواد جدید نانومتری است . در این روش که خود شامل شیوه های مختلف تولید است، مواد جدید با چینش اتمی خاص و منحصر بفرد می توانند ساخته شوند .

ب : روش بالا به پایین

در این روش برای رسیدن به نانو مواد، باید ذرات وترکیبات بزرگتر ماده را با استفاده از روش های متداول مانند خرد کردن در چند مرحله به مواد در مقیاس نانومتری تبدیل کنیم .

دانشمندان برای ساخت انبوه محصولات نانویی به دنبال یافتن روش هایی هستند که بتوانند بصورت خود به خودی یا خود تکثیری، خود چینی و غیره مواد نانو متری را تولید کند . [7]

۱-۱-۴- نانوشیمی:

نانوشیمی ساخت و خواص شیمیایی ذرات با اندازه زیر ۱۰نانومتر را در طی یک مسیر مطالعه می کند. توضیح مکانیزم هایی که بر روی فعالیت های ذرات و اندازه های ۱۰nm و زیر آن وجود دارد. در شیمی مدرن وابستگی فعالیت شیمیایی بر روی اندازه ذرات واکنش دهنده با این حقیقت که خواص اتم های مجزای عناصربه خوبی خوشه ها و نانوذرات اند، توضیح داده می شود و اینکه خواص آنها با خواص ذرات ماکرو متفاوت است. در نانوشیمی، برهمکنش هر ذره با محیط، ویژه و مخصوص است. خواص سطح بر روی پایداری و واکنش-پذیری ذرات موثر است. برای تعداد کمی از اتم های جذب شده بر روی سطح، واکنش شیمیایی نمی تواند در حجم بی نهایت بزرگی انجام شود .واکنش های سینیتیکی در مقیاس کوچک با واکنش سینیتیکی کلاسیک متفاوت است که به دلیل انعطاف-پذیری غلظت ذرات واکنش گر است. با کاهش اندازه ذره تعداد اتم های روی سطح

افزایش می یابد. این پدیده نتایج ترمودینامیکی نامشخصی ایجاد می کند، نظیر واکنش پذیری ذرات، افزایش حلالیت و شیفت در تعادلات شیمیایی. نانوذرات هنگامی که برهمکنشی با محیط اطراف خود نداشته باشند، به صورت ذرات کاملاً پراکنده و تک-پاش وجود خواهند داشت که به دلیل فعالیت بالای آنها این پدیده فقط در محیط خلأ انجام می شود. در موقعیت های متفاوتی نیز می توان نانوذرات را تهیه کرد. مثلاً در محیط مایع. در فاز مایع تشکیل هسته های فلزی و نانوذرات از اتم های مربوطه به دلیل برهمکنش ذرات با محیط اطراف خود است. فاکتورهای بسیار زیادی بر روی تشکیل این ذرات موثرند که مهمترین آنها دما و نسبت واکنش دهنده هاست.

۱-۲- مواد نانوساختار

کریستال‌های کامل : تمامی اتم‌های ماده بطور منظم در یک آرایه سه بعدی نشسته‌اند. این که ساختاری صد درصد کریستالی باشد ممکن است. اما اکثر مواد جامد متعارف به صورت مجموعه‌ای از کریستال‌های میکرو متری‌اند. به این مواد پلی کریستال می‌گویند. این کریستال‌ها در کنار هم می‌توانند یک دانه را ایجاد کنند.در صورتی که بتوانیم اندازه هر دانه را به زیر ۱۰۰ نانومتر برسانیم. به نانو ساختار رسیده‌ایم[11] .

خواص عمومی مواد نانو ساختار افزایش سختی، افزایش واکنش پذیری و حلالیت، انبساط حرارتی کمتر، شفاف شدن در برابر نور مرئی و القا خواص انعطاف پذیری سرامیک‌های نانو ساختار در عین ثابت ماندن استحکام است[11].

۱-۳- انواع نانو مواد

۱-۳-۱-نانوپوششها

نانو پوششها گونه‌ای از لایه‌های نازک هستند که یا مقیاس آنها در محدوده نانو می‌باشد و یا زمینه‌ای دارند (سل) که در آن ذرات ریز در مقیاس نانو پراکنده شده‌اند و خواص ویژه‌ای را به آن می‌بخشند. افزایش کیفیت خواص پوشش، افزایش دوره نگهداری، بیشترین نفوذ در بسته ترین حفره‌های سطحی، صرفه‌جویی در استفاده از فضا و مواد، تراکم و به هم آمیختگی بالا، قابلیت نمایش عملکرد خاص از جمله خواص نانو پوشش‌ها هستند[11].

۱-۳-۲-نانو ذرات

به پودرهایی گفته می‌شود که میانگین اندازه ذرات آنها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. نانو ذرات نقره، طلا، اکسید روی، اکسید مس نمونه‌هایی از نانو ذرات پرکار برد هستند[12] .

۱-۳-۳-مواد نانو کامپوزیت

اساس کار مواد کامپوزیت و نانو کامپوزیت بر پایه بهره‌گیری و ترکیب خصوصیات حداقل دو ماده جدا از هم از طریق ترکیب آنها است[13].

برای مثال ساختن بدنه هواپیما که مقاوم و در عین حال سبک باشد، تنها از طریق بهره‌گیری از کامپوزیت‌ها ممکن است.

۱ -۳-۴-نانوکپسول‌ها

نانو کپسول به هر نانو ذره‌ای اطلاق می‌شود که از یک پوسته و یک فضای خالی شکل گرفته است. در این جا به ذراتی که با یک لایه پوشش داده شده‌اند، نانو کپسول گفته نمی‌شود. امولسیون از روشهایی است که می‌تواند نانو کپسول بسازد. نانو کپسول در حوزه‌های فنی باعث افزایش خصوصیات کیفی محصول می‌شوند و در حوزه‌های پزشکی می‌توانند باعث سازگاری دارو با محیط بدن گردندد[13] .

۱ -۳-۴- ۱-خواص نانو کپسول‌ها

قابلیت ذخیره سازی مواد (دارو، سموم کشاورزی، چسب)، القاء خواص به ذره همراه (افزایش حلالیت داروها، محافظت، تغییر قابلیت نفوذ و...) ، قابلیت رهایش ملایم مواد ذخیره شده، ایجاد ذرات با خواص پیچیده، قابلیت اتصال به عوامل شیمیایی سازگار با بافت‌های بدن، حفاظت از دارو در عبور از بافت‌های غیر بیمار برای بقای دارو و کم شدن عوارض جانبی، افزایش زمان پایداری دارو به وسیله ذخیره سازی دارو و کاهش دوره مصرفی دارو و القاء خواص مورد نظر مانند افزایش حلالیت، تنظیم نفوذ، اندازه و جرم مورد نظر به دارو و با نانو کپسول‌ها امکان پذیر است.

۱ -۳-۵- نانو پوسته ها [1]

ترکیبی کروی که توسط یک لایه چند نانو متری احاطه شده است. در اروپا به آن هسته و پوسته اطلاق می‌شود. آنها را با نانو ذرات طلا پر می‌کنند. این ذرات وقتی با اشعه لیزر گرم شوند سلولهای تومور را از بین می‌برند. این ذرات گاهی به روشهای خاص با نور هم تقابل دارند و با تنظیم نسبت ضخامت هسته و پوسته می‌توانند در طول موج‌های تخریبی مختلف ساخته شوند تا بتوانند به طور کنترل شده سلول‌های سرطانی را از بین ببرند [14] .

---

[1]. Nano shell

۱ -۳-۶ - نانو لوله‌های کربنی

به دلیل ویژگیهای خاص، نانو لوله‌ها گسترده ترین فعالیت‌های نانو تکنولوژی را به خود اختصاص داده‌اند.

۱ -۳-۶ - ۱ - خواص نانو لوله‌های کربنی

نانو لوله‌ها به دلیل استحکام کششی بسیار بالا (۱۰۰ برابر فولاد) و چگالی کم در ساخت کامپوزیت‌های سبکتر و مقاوم‌تر مورد استفاده قرار می گیرند.

امکان اتصال عوامل شیمیای به اتم‌های کربن سازگار با بافت‌های کربن، توانایی ذخیره سازی (ذخیره هیدروژن در پیل‌های سوختی)،

خواص الکترویکی منحصر به فرد و قابلیت ایجاد ساختارهای پاسخ دهنده نسبت به پتانسیل الکتریکی (مناسب ماهیچه‌های مصنوعی) از جمله ویژگیهای نانو لوله‌ها می‌باشد .[15]

۱ -۳-۷ -مواد هوشمند

به هر ماده‌ای که در مقیاس نانو ساخته شده باشد و عملکردی خاص را انجام دهد، ماده هوشمند اطلاق می‌شود. ساختارهای غیر معمول زیادی وجود دارد که شامل بار الکتریکی سیار هستند. این بارها می‌توانند به یک موقعیت جدید در ساختار حرکت کنند که با اعمال یک میدان الکتریکی یا نور درخشان بر آنها، از این کار جلوگیری می‌شود. کلید درک این تغییر شبیه یک کد است. این کد بسیار خاص و چیزی مثل بار کد در محصولات یک فروشگاه است. مثالی از مواد هوشمند شیشه‌های تیره شونده اتاقک خودرو هستند. این شیشه‌ها در اکثر مواقع واضح هستند، اما وقتی نور خورشید از مرز مشخص می‌گذرد، شیشه تیره می‌شود تا دید راننده کور نشود[16].

۱ -۳-۸- نانو سیم‌ها

یک بعدی (محدوده حرکت آزاد الکترونها ۱ جهته است)

نانو سیم‌ها، سیم‌هایی در ابعاد نانومتری هستند. طول آنها ۱۰ نانو متر است. سیم‌هایی که حرکت الکترون در آنها در یک مسیر مستقیم امکان پذیر است[17].

۱ -۳-۹-مواد نانو متخلخل

به مواد متخلخل یا تخلخلی با ابعاد نانو متر گفته می‌شود . الیاف، سرامیک ها و پلیمرها انواعی از مواد متخلخل را پوشش می‌دهند[13] .

۱ -۳-۹ -۱- ویژگیهای مواد نانو متخلخل

ایجاد محیطی که برخی از خواص مواد دیگر در آن تغییر می‌کند. برای مثال نقطه انجماد آب در این محیط به طور چشمگیری کاهش پیدا می‌کند. سطح ویژه بسیار بالا که باعث خواص کاتالیستی فوق‌العاده می‌شود. فیلتراسیون ذرات ریزتر و ذخیره مواد و رهایش تاخیری آنها، تنظیم نفوذ پذیری محیط از ویژگی‌های برجسته مواد نانو متخلخل است.

۱-۴- نانوذرات

۱-۴-۱-تعریف

طبق تعریف جوامع علمی، یک نانو ذره به ذره‌ای گفته می‌شود که ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشد. نانو ذرات از طیف وسیعی از مواد ساخته می‌شوند. نانو ذرات دوده از سال ۱۹۰۰ در لاستیک‌ها استفاده می‌شده است تا آنها را سیاه رنگ جلوه دهد. خرده ذرات نانویی طلا و نقره سالها پیش در قرن دهم، به پیگمنت‌های رنگی در شیشه‌های رنگی افزوده شده است. رنگ به ابعاد این ذرات بستگی دارد. نقره سالهای متمادی به عنوان التیام دهنده استفاده می‌شده است [12,18].

۱-۴-۲-خواص نانو ذرات

اولین اثر کاهش اندازه ذرات، افزایش سطح است. افزایش نسبت سطح به حجم نانو ذرات باعث می‌شود که اتم‌های واقع در سطح، اثر بسیار بیشتری نسبت به اتم‌های درون حجم ذرات، بر خواص فیزیکی ذرات داشته باشند. این ویژگی، واکنش پذیری نانو ذرات را به شدت افزایش می‌دهد. علاوه بر این، افزایش سطح ذرات، فشار سطحی را تغییر داده و منجر به تغییر فاصله بین ذرات یا فاصله بین اتم‌های ذرات می‌شود [5] .

۱-۴-۳- روشهای تولید نانو ذرات

به طور کلی واکنش‌های شیمیایی برای تولید مواد می‌تواند در هر یک از حالت‌های جامد، مایع و گاز صورت گیرد. روش متداول بر پایه تولید در حالت جامد آن است که با خرد کردن ذرات، سطح تماس آنها افزایش یافته و در ادامه جهت افزایش میزان نفوذ اتم‌ها ویون‌ها، این مخلوط در دماهای بالا سنتز می‌شود.

در شیمی اصطلاحا به موادی که واکنش‌های شیمیایی با آنها آغاز می‌شوند، واکنشگر و موادی که درطی انجام واکنش واکنشگر به آنها تبدیل می‌شود، محصول گویند. واکنشگرها می‌تواند جامد، مایع

یا گاز باشند. به علاوه واکنشگرها یا خود یک عنصر مستقل هستند یا می‌توانند بـه صـورت ترکیبـات چند جزیی باشند. ترکیبات چند جزیی را معمولا پیش ساز گویند.

روشهای بسیاری برای تولید نانو ذرات یا ذرات نانو ساختار توسعه یافتـه‌انـد کـه شـامل فرآینـدهای حالت بخار، مایع و جامد است [18].

۱-۴-۳-۱- روشهای حالت بخار

۱-۴-۳-۱-۱- رسوب فیزیکی بخار [1]

PVD یک روش تطبیق پذیر برای تولید فیلم‌های نازک مواد با کنترل اتمـی (مقیـاس نـانو متـری) است. اما اخیرا از این روش برای تولید نانو ذرات نیز استفاده شده است. این روش بر پایه تولید انواع فازهای بخار از ماده منبع، از طریق تبخیر، کند و پاش، سایش لیزری و اعمال پرتوهای یونی اسـتوار است.

در روش تبخیر، اتم‌ها از سطح ماده منبع توسط وسایل حرارتی یا الکتریکی کنده می‌شوند. تبخیر حرارتی محدودیتی در مورد مواد چند جزیی دارد، به عنـوان مثـال یـک عنصـر قبـل از بقیـه عناصـر تشکیل دهنده ماده تبخیر می‌شود که این به خاطر اختلاف در فشار بخار عناصر تبخیر شونده است.

بعد از عملیات تبخیر و کندن اتم‌ها از سطح ماده هدف، عملیات چگالش بخارات تشکیل شـده را بـه شکل بسیار سریع چگال نموده این امر سبب می‌شود که امکان رشد ذرات تولیدی بسیار محدود شده و اندازه آنها کاهش یابد[18].

.

۱-۴-۳-۱-۲- چگالش گاز خنثی

روش چگالش خنثی با تبخیر حرارتی معمولا برای تولید پودرهای نانو متـری فلـزی و اکسـیدهای فلزی با توزیع اندازه دانه مشخص به کار می‌رود در این روش فلز درون یک اتاقک با خلا بسیار زیاد که مملو از یک گاز خنثی (معمولا هلیوم) است. تبخیر می‌شود. بخارهای تولیـد شـده، از منبـع گـرم توسط جابجایی و نفوذ به طرف گازهای سردتر مهاجرت می‌کند. این بخارها بـه واسـطه برخـورد بـا مولکول‌های هلیوم، انرژی خود را از دست می‌دهند.

---

[1].Physical Vapor Deposition :PVD

به خاطر همین برخوردها، محدودیتی در مسیر حرکت بخارها ایجاد می‌شود و بنابراین یک منطقه فوق اشباع در منطقه بالای ماده منبع بدست می‌آید. در فوق اشباع‌های بالا، بخارها سریعا جمع شده و تعداد زیادی خوشه یا خوشه‌های اتمی تشکیل می‌شود. در ادامه، این خوشه‌های تجمع یافته در گاز خنثی، توسط جریان جابجایی ناشی از گاز خنثی به طرف یک سطح (که توسط نیتروژن مایع سرد نگه داشته شده است)، حرکت می‌کنند. در اثر وجود شیب حرارتی بالا، این خوشه‌ها سریعا منجمد شده و تبدیل به ذرات نانومتری می‌شوند. نانو ذرات تولید شده توسط یک وسیله خراشنده از روی سطح سرد جدا می‌شوند.

اندازه، شکل و سرعت رشد خوشه‌ها در تولید ذرات به روش چگالش گاز خنثی به سه عامل بستگی دارد.

۱- نرخ رساندن اتم‌ها به منطقه فوق اشباع که کندانس شدن در آنجا صورت می‌گیرد.

۲- نرخ از دست رفتن انرژی از اتم‌های داغ

۳- نرخ تولید خوشه‌ها از بخار تولیدی در منطقه فوق اشباع

با کنترل سه عامل ذکر شده محققین طیف وسیعی از اندازه دانه ذرات نانومتری با مورفولوژی‌های مختلف را تولید کرده‌اند[18].

۱-۴-۳-۱-۳- پاشش حرارتی

نوع دیگری از روش کندانس گاز که از پیش سازهای شیمیایی برپایه مواد اولیه استفاده می‌کنند، پاشش شعله احتراق یا به طور خلاصه پاشش حرارتی است. این روش مزایایی نظیر ارزان بودن، یک مرحله‌ای بودن، تطبیق پذیری و سرعت تولید بالا را داراست. در این روش احتراق مخلوط اکسیژن و سوخت در مشعل، شعله را ایجاد می‌کند. پیش سازهای شیمیایی در منطقه گرم شعله تبخیر می‌شوند و تجزیه حرارتی در منطقه گرم شعله رخ می‌دهد.

در این راستا فعل و انفعالات بین شعله و قطرات، منجر به شکل گیری نانو ذرات می‌شود. ذرات با خلوص بالا فقط در اتاقک‌های با فشار پایین تولید می شوند چرا که فشار پایین موجب افزایش زمان مورد نیاز برای واکنش ناخالصی‌ها با نانو ذرات می‌گردد.

همچنین فار پایین باعث ایجاد یکنواختی حرارت در طول عملیات می‌شود. پاشش حرارتی در فشار پایین را معمولا چگالش شیمیایی بخار احتراق می‌نامند.

این روش برای تولید نانو ذرات اکسید فلزی خالص متنوعی نظیر Al_2O_3 آلومینا و دی اکسید تیتانیوم TiO_2 به کار می‌رود[18].

۱-۴-۳-۱-۴- ذوب در محیط فوق سرد

بیگت[1] و همکارانش روشی مناسب‌تر از روش قبل با بازدهی بیشتر را برای تولید نانو ذرات توسعه دادند. این روش ذوب در محیط سرد نامیده می‌شود و بیشتر برای تولید نانو ذرات فلزی بکار می‌رود. مزیت اصلی این روش ، سرعت بالای تولید (حدود ۶۰ گرم در ساعت) و راندمان بالاتر (حدود ۷۵٪) می‌باشد. ذرات و پودرها در این روش، توسط چگالش خودبخودی گازهای فلزی در یک واسطه برودتی تولید می‌شوند. بنابراین در این روش هم نیاز به تبخیر ماده منبع داریم.در این روش از فرکانس‌های رادیویی(RF) برای ذوب و تبخیر ماده هدف استفاده می‌شود.

قطره مذابی از فلز مورد نظر تولید شده و در میان کویل مغناطیسی دستگاه معلق باقی می‌ماند. بعد از مدت بسیار کوتاهی دراطراف این قطره مذاب یک لایه از بخار فلز تولید می‌شود. در این مرحله از پایین دستگاه، یک مایع برودتی (معمولا نیتروژن یا آرگون مایع) با سرعت به طرف قطره مذاب حرکت می‌کند. در اثر برخورد مایع برودتی به قطره مذاب و لایه بخار اطراف آن، بخارها سریعا چگال شده و تبدیل به نانو ذرات مورد نظر می‌شوند. نانو ذرات تولیدی به واسطه حرکت مایع برودتی به بالا به طرف یک فیلتر مخصوص حرکت کرده و جداسازی می‌شوند. قابل ذکر است که نوع مایع برودتی مورد استفاده در این روش بستگی به فلز مورد نظر دارد. به عنوان مثال در مورد آلومینیوم، استفاده از نیتروژن مایع احتمالا باعث تشکیل ذرات نیترید آلومینیوم می‌شود. در این مورد باید از آرگون مایع استفاده نمود[18].

۱-۴-۳-۱-۵- رسوب شیمیایی بخار [2]

این روش عمدتا برای تولید پوشش‌های نازک به کار می‌رود. اما اخیرا محققین در حال توسعه این روش برای تولید نانو ذرات هستند. رسوب شیمیایی بخار روشی است که در آن یک یا چند نوع جذب سطحی گاز روی سطحی داغ برای تولید ماده مورد نظر انجام می‌گرد. مراحل اصلی فرآیند CVD عبارتند از:

۱- انتقال گاز واکنش دهنده به سطح مورد نظر

۲-جذب سطحی گاز مورد نظر

---

[1].Biget

[2].Chemical Vapor Deposition:CVD

۳- واکنش سطحی گاز مورد نظر
۴- نفوذ سطحی نمونه برای گسترش و رشد.
۵- جوانه زنی و رشد لایه
۶- جدایش گاز تولیدی واکنش و دور شدن محصولات جانبی واکنش از سطح [18]

۱-۴-۳-۲-روشهای حالت مایع

۱-۴-۳-۲-۱- سل – ژل

روش سل – ژل برای تولید ذرات سرامیکی و اکسید فلزی همگن با خلوص بالا به کار می رود. این روش شامل تشکیل یک سوسپانسیون کلوئیدی (سل) است که متعاقبا به ژل‌های ویسکوز یا مواد جامد تبدیل می‌گردد.

پراکنده شدن ذرات با اندازه‌های کمتر از ۱۰۰ نانو متری در داخل زمینه پیوسته سیال را اصطلاحا سل یا کلوئید گویند. در این روش مواد واکنش دهنده که همان فلزات پیش ساز هستند، ابتدا هیدرولیز می‌شوند. این ترکیب متعاقبا چگال شده و واکنش‌های پلیمریزاسیون رخ می‌دهد.

این فرآیند نسبت به دیگر روشهای تولید نانو ذرات اکسید فلزی، مزیت‌های ممتازی دارد که عبارتند از تولید پودرهای فوق‌العاده خالص به علت مخلوط شدن همگن مواد خام در مقیاس مولکولی و حجم تولید صنعتی بالای نانو ذرات، از عیب‌های این روش، هزینه بالای پیش سازهای آلکوکسید و سمی بودن مواد اولیه مورد استفاده است[19] .

۱-۴-۳-۲-۲-فرآیندهای شیمیایی مرطوب

فرآیندهای تولید نانو ذرات بر پایه محلول، شامل رسوب جامد از یک محلول اشباع، تبدیل و احیاء شیمیایی فاز مایع و تجزیه پیش سازهای شیمیایی به کمک امواج ماوراء صوت است. این عملیات به خاطر سادگی، تنوع و تطبیق پذیری و قابلیت استفاده شان با مواد پیش ساز ارزان قیمت مورد توجه هستند.

احیاء نمک یکی از روش های مورد تایید برای تولید ذرات کلوئیدی فلزی است. این فرآیند شامل تجزیه نمک‌های فلزی در محیط‌های آبی یا غیر آبی و احیاء کاتیون‌های فلزی می‌باشد.

اخیرا امواج مافوق صوت برای تحریک واکنش‌های شیمیایی نمک‌های غیر آلی به کـار بـرده مـی شوند. در این راستا نانو ذرات فلزی توسط روش رسوب به وسیله امواج مافوق صوت اتم‌های فلـزی با پیش سازهای شیمیایی نیز می‌توانند تولید شوند[18] .

۱-۴-۳-۳- روشهای حالت جامد

۱-۴-۳-۳-۱- آلیاژسازی مکانیکی

روش آلیاژسازی مکانیکی اولین بار توسط بنیامین و همکارانش در اواخر دهه شصت قرن بیسـتم میلادی معرفی شد. آنها این روش را به منظور تولید سوپرآلیاژهای پایه نیکلی استحکام یافته بـا ذرات با ذرات اکسیدی بکار بردند. طی این فرآیند، ذرات پودری خام در اندازه چنـد میکـرون تحـت یـک تغییر شکل پلاستیکی شدید قرار می‌گیرند و پیوسته متحمل جوش سرد و شکست مـی شـوند. بـرای این کار از انواع آسیاب‌های گلوله‌ای سیاره‌ای، آسیاب‌های گلوله ای ارتعاشی، آسیاب‌های گلوله‌ای یـا میله‌ای غلتشی، آسیاب‌های شافتی و آسیاب‌های مغناطیسی استفاده می‌شود.

چنانچه پودر مورد استفاده از نظر ترکیب شیمیایی کاملا همگن باشد (برای مثال پودر یـک عنصـر یا پودر یک آلیاژ) فرآیند، آسیاب کردن مکانیکی نامیده می‌شود. در این حالـت هـیچ گونـه تغییـر در ترکیب شیمیایی پودر اولیه صورت نمی‌گیرد و آلیاژسازی مکانیکی تنهـا منجـر بـه تغییـر در سـاختار داخلی و اندازه پودر می‌گردد[18].

۱-۴-۳-۳-۲- فرآیندهای شیمیایی – مکانیکی

این روشها شامل اکتیواسیون مکانیکی واکنش‌های جانشـینی حالـت جامـد در آسـیاب گلولـه‌ای است. بنابراین انرژی مکانیکی برای تحریک واکنش‌های شیمیایی به کار برده می‌شود. پـیش سـازهای شیمیایی معمولا ترکیبی از اکسیدها یا کلریدهای فلزی هستند که در طول آسیاب در یک حلال نمکی با هم واکنش می‌دهند. ذرات مورد نظر به وسیله شستشوی ماده حلال، بازیابی می‌شوند.

۱-۵- فناوری نانو و محیط زیست

امروزه پیشرفت تکنولوژی و دستیابی انسان به روش های نـوین بـرای اسـتفاده از منـابع طبیعـی دستاوردهایی را به همراه دارد که علاوه بر تاثیرات فراوان در زندگی بشر، تاثیراتی منفی را نیـز بـرای طبیعت به ارمغان می آورد. به تازگی انسان متمدن به این تفکر رسیده است که شاید بتوان با اسـتفاده از تکنولوژی مدرن و پیشرفته به کمک منابع طبیعی و محیط زیست شتافت که ازجمله آنها می تـوان به فناوری نانو و کاربرد آن در حفظ محیط زیست اشاره کرد. تاثیرات مستقیم و غیرمسـتقیم فنـاوری

نانو بر محیط زیست، از جنبه های مختلف قابل بررسی است. در حال حاضر، می توان موارد متعددی از کاربرد مواد نانو ساختاری در حفظ محیط زیست، از قبیل نانوفیلترها (برای تصفیه پساب های صنعتی)، نانوپودرها (برای تصفیه گازهای آلاینده خروجی از خودروها و واحدهای صنعتی) و نانوتیوب ها (برای ذخیره سازی سوخت کاملا تمیز هیدروژن) را برشمرد، اما دورنمای استفاده از این فناوری نوین بسیار گسترده تر از اینگونه کاربردهای جزئی و مقطعی است. برخی از مهمترین کاربردهای علمی شناخته شده فناوری نانو در زمینه محیط زیست نانوذرات نانوحسگرها، نانوفیلترها و کاتالیزورهای زیست محیطی هستند که به ترتیب به آنها اشاره می شود.

۱-۵-۱- نانوحسگرها[1]

نانوحسگر وسیله ای است بسیار ریز که قادر به شناسایی و ارائه پاسخ به محرک های فیزیکی در مقیاس یک نانومتر است.

نانوحسگرها کاربردهای متعددی در علوم مختلف ازجمله محیط زیست یافته اند که در ادامه به چند مورد اشاره خواهد شد.

الف) آلودگی هوا: یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی هواست. با استفاده از نانوحسگرها پیشرفت موثری در زمینه کنترل آلودگی هوا صورت گرفت. با اختراع اولین نمونه های غبار هوشمند، تولید اینگونه حسگرها به مرحله کاربرد علمی نزدیک شد. هدف اصلی از ساخت غبارهای هوشمند، تولید مجموعه ای از حسگرهای پیشرفته به صورت نانو رایانه های بسیار سبک است. این نانوحسگرها به راحتی ساعت ها در هوا معلق باقی می مانند. این ذرات بسیار ریز از سیلیکون ساخته می شوند و می توانند از طریق بی سیم موجود در خود، اطلاعات جمع آوری شده را به یک پایگاه مرکزی ارسال کنند. سرعت انتقال اطلاعات در نمونه های اولیه حدود یک کیلوبایت در ثانیه است.

ب) نشت گازهای مهلک: نشت گازهای مهلک یکی از خطرات روزمره زندگی صنعتی است. متاسفانه هشداردهنده های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی اینگونه گازهای نشتی می شوند. این نوع حسگرها از نانوتیوب های تک لایه به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته

[1].Nano Sensors

شده اند و می توانند مولکول های گازهای سمی را جذب کنند. آنها همچنین قادر به شناسایی تعداد معدودی از مولکول های گازهای مهلک در محیط هستند. محققان مدعی اند که این حسگرها برای شناسایی گازهای بیوشیمیایی جنگی، آلاینده های هوا و حتی مولکول های آلی موجود در فضا کاربرد خواهند داشت [19] .

۱-۵-۲- نانوفیلترها

یکی دیگر از کاربردهای مهم فناوری نانو در محیط زیست، استفاده از نانوفیلترها در تصفیه آب و پساب است. غشای مورد استفاده در فرایند نانوفیلتراسیون معمولا مولکول های بزرگ را دفع می کند و در مقایسه با روش های دیگر قادرند با صرف انرژی کمتر آب چاه ها یا آب های سطحی را نیز به خوبی تصفیه کنند. این فرایند قادر است انواع باکتری ها، ویروس ها، آفت کش ها، آلاینده هایی با منشا آلی و املاح کلسیم و منیزیم را از آب جدا کند. نظر به این که در فرایند نانوفیلتراسیون از هیچ ماده شیمیایی برای سختی گیری آب استفاده نمی شود، بنابراین اثرات منفی زیست محیطی آن به مراتب کمتر از روش های شیمیایی معمول است. علاوه بر این، ذرات نانوساختار انعطاف پذیری زیادی در تصفیه آلاینده ها دارند. به عنوان مثال از ذرات نانوساختار برای تصفیه فوری خاک، رسوبات، ضایعات جامد، تصفیه آب و پسماندهای مایع استفاده می شود. تحقیقات نشان می دهد که ذرات دوفلزی نانوساختار مانند آهن- پالادیم، آهن- نقره و روی- پالادیم کاربردهای زیادی در تصفیه و پالایش آلوده کننده های محیط زیست، مانند آفت کش های کلرینه با منشا آلی و حلال های آلی هالوژنه یافته اند. تجربه نشان داده است که استفاده از ذرات نانوساختار دو فلزی موجب می شود تا کلیه هیدروکربن های حاوی ترکیبات کلردار که بسیار سمی اند به هیدروکربن های بی خطر برای محیط زیست تبدیل شوند. به علاوه، شواهد بسیار مبین این واقعیت است که ذرات نانوساختار با پایه آهنی، قادر به تجزیه آلودگی های بسیار پایدار همچون ترکیبات پرکلرات ها، نیترات ها، فلزات سنگین (نیکل و جیوه) و مواد رادیواکتیو مانند دی اکسید اورانیوم هستند. علاوه بر این می توان از نانوساختارها برای رنگ زدایی از آب آشامیدنی استفاده کرد. رنگ موجود در آب آشامیدنی نه تنها به خاطر ظاهر آن باید از آب زدوده شود، بلکه چون این رنگ ها می توانند منشا تولید تری هالومتان نیز باشند، بسیار خطرناک محسوب می شوند. این ماده هنگام ترکیب با کلر موجب تشکیل کلروفرم و

دیگر ترکیبات هالوژنه مضر و سرطان زا می شوند. رنگ موجود در آب طبیعی معمولا ناشی از وجود اسیدهای معدنی است.

اسیدهای مذکور از تجزیه مواد آلی موجود در آب حاصل می شوند. اغلب روش های متداول برای تصفیه آب قادر به جداسازی مواد فوق نیستند، لیکن با استفاده از غشاهای نانو می توان تا ۹۹ درصد اینگونه مواد را به سهولت از آب جدا کرد. همچنین تحقیقات نشان می دهد استفاده از فناوری نانو در تصفیه آب می تواند هزینه های تصفیه را تا حدود زیادی کاهش دهد [20] .

۱-۵-۳- نانوپلیمرهای متخلخل

هنگامی که آلاینده های آلی آب گریز از طریق آب وارد خاک می شوند، به راحتی توسط ذرات جامد غیرمحلول در آب جذب و از آب جدا می شوند. پدیده جذب و دفع اینگونه آلاینده ها از آب به خاک و از خاک به هوا بسیار پیچیده است و به عوامل متعددی از قبیل حلالیت در آب، آب موجود در شبکه خاک و رقابت اجزای مختلف خاک برای جذب این ذرات بستگی دارد. هنگامی که بیش از یک مولکول آب گریز در محیط وجود داشته باشد، مولکول های آلاینده به جسمی متصل می شوند که از لحاظ شیمیایی بیشترین شباهت را به آنها داشته باشد. به همین دلیل نانوپلیمرهای متخلخل که شباهت زیادی به مولکول های مواد آلاینده دارند، مناسب ترین وسیله برای جداسازی این نوع آلاینده های آلی از آب و خاک بشمار می روند. به طور کلی کاربردهای زیست محیطی این نانوساختارها عبارتند از

۱- جداسازی آلاینده های آلی از آب آشامیدنی.

۲- تصفیه پساب های واحدهای صنعتی مانند نیروگاه های هسته ای برای استفاده مجدد از آنها

۳- پاکسازی منابع آبی آلوده شده به مواد نفتی.

۴- پاکسازی منابع آب زیرزمینی از آلاینده های آلی.

باتوجه به این که نانوپلیمرهای متخلخل به کرات مورد ا ستفاده قرار می گیرند، بنابراین هزینه های تصفیه به مراتب کمتر می شود[21] .

۱-۶- میکروسکوپ **الکترونی روبشی(SEM)**:[7]

میکروسکوپ الکترونی روبشی[1] SEM گروهی از تجهیزات گوناگون را در بر می‌گیرد که در یک واحد مجتمع شده‌اند به طوری که خاصیت مشترک آنها تشکیل تصویر میکروسکوپی بزرگنمایی الکترونیکی و استفاده از یک پرتوی الکترونی برای بررسی تصویر است. وجه تمایز آنها نیز در نوع اثر متقابلی است که بین برخورد الکترون‌ها و سطح نمونه رخ می‌دهد. طبیعت و شدت این اثر متقابل به طور مستقیم با تصویر حاصله مرتبط است و بدین ترتیب اطلاعات لازم از تصویر بزرگنمایی شده استخراج می‌شود.

SEM یک میکروسکوپ الکترونی معمولی نیست که در آن تصویر الکترونی از یک جسم شفاف توسط عدسی‌های الکترونی به بزرگنمایی بالاتری رسانده شود. در SEM هیچ سیستم نوری-الکترونی برای تشکیل تصویر و بزرگنمایی وجود ندارد. بلکه تصویر از مشاهده نقطه به نقطه پدیده‌های سطحی منتج از اثر متقابل پرتوی الکترونی با سطح نمونه تشکیل می‌گردد. منطقه مورد مطالعه با یک حالت ویدیویی توسط پرتوی الکترونی روبشScan شده و تصویر متقابل نیز به همان طریق ساخته می‌شود. در این صورت عدسی‌های الکترونی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند.

SEMدر زمینه‌های مختلف نظیر بیولوژی، زمین‌شناسی، متالوژی، تکنولوژی نیمه هادی‌ها، مطالعات سطوح، کنترل کیفی و .... به کار رفته و در ارتباط با علم مواد در بررسی‌های ساختاری فلزات، شکست، خوردگی، پارگی، پودرها، غیرفلزات، الیاف، لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها و .... مورد استفاده است.

تاریخچه طراحی و کاربرد SEM به حدود سال ۱۹۳۵ باز می‌گردد که در آن سال Knoll آلمانی امکان ساخت وسیله‌ای مشابه میکروسکوپ‌های روبشی امروزی را حدس زد. مشابه این طرح در سال ۱۹۳۸ توسط Von Ardenne ساخته شد و در سال ۱۹۴۲ توسط Zworykin به قدرت تفکیک A0500 ارتقا یافت .

1. Scanning Electron Microscopy

۲-۱- تاریخچه رنگرزی و مواد رنگی

انسان های اولیه تلاش کردند به افزودن رنگ به پیرامون خود از زمانی که قادر به خلق کردن شدند آنها از مواد طبیعی برای رنگ کردن پوست، صدف های زینتی، پر و نقاشی کردن داستان های خود بر روی دیوار غارها استفاده می کردند. دانشمندان توانسته اند بر روی رنگدانه های سیاه، سفید، زرد، قرمز تهیه شده از خاک سرخ که توسط انسانهای اولیه در نقاشی ها استفاده می شدند بیشتر از ۱۵۰۰۰ قبل از میلاد قدمت بگذارند. با پیشرفت زیستگاه و کشاورزی در ۲۰۰۰ – ۷۰۰۰ قبل از میلاد انسان تولید و استفاده از منسوجات را آغازکرد وبه خوبی به آن ها رنگ افزود. [22] رنگ های طبیعی آلی تاریخچه بی‌انتها در کاربرد بخصوص به عنوان رنگ های نساجی دارند.

اولین رنگ سنتز شده توسط ویلیام هنری پرکین[1] یک دانشجو شیمی در کالج رویان کشف شد. او سعی به ساخت دارو کوئینین[2] از آنیلین (یک ماده شیمیایی یافت شده در زغال سنگ) داشت که طی آزمایش یک لجن سیاه و ضخیم تولید شد. او سعی کرد به جای دور ریختن آن را با الکل رقیق کند و متوجه شد که محلول بنفش شد. او همچنین کشف کرد که می تواند ابریشم را با آن رنگ کند که رنگی پایدار، مقاوم در برابر شویش و محو شدن در برابر نور بود. نتایج این تحقیق خیلی زود توسط دیگران دنبال شد. رنگ های جدید در بازار از روش تحقیقی ککوله[3] روی ساختار مولکولی بنزن در سال ۱۸۶۸ بوجود آمدند. در اوایل قرن بیستم مواد رنگی سنتزی با رنگ های طبیعی کاملاً جایگزین شدند.[23]

۲-۲-اجزای رنگ

هر رنگ اصولا از دو قسمت اصلی تشکیل شده است که عبارتند از:

***رنگدانه:** ماده رنگی نامحلول در آب است که مشتمل بر مواد سیاه ، سفید و رنگی بوده و موارد استفاده زیادی در رویه زدن، رنگرزی انبوه دارد.

[1]- William Henry Perkin
[2] -quinine
[3] -Kekule

معمولاً رنگدانه‌ها را براساس انواع شیمیایی به رنگدانه‌های معدنی یا آلی طبقه‌بندی می‌کنند، اما این رنگدانه‌های آلی یا معدنی می‌توانند طبیعی یا سنتزی باشند.

*__محمل رنگها__: مایعی است که با رنگدانه مخلوط شده ، کاربرد آنرا آسان می‌کند و در چسبیدن آن کمک می‌کند. امروزه متداولترین محمل‌های رنگدانه‌ها را آب یا روغن تشکیل می‌دهد. از این‌رو رنگها را به دو دسته رنگ‌های روغنی و رنگ‌های آلی تقسیم می‌کنند. [24]

۲-۳-انواع رنگدانه

تمام ترکیبات آروماتیک انرژی الکترومغناطیس را جذب می کنند. اما فقط آن هایی نور را جذب می‌کنند که با داشتن طول موج در ناحیه مرئی (۸۵۰nm -۳۵۰)رنگی باشند. رنگ ها شامل کروموفور[1]ها (دارای سیستم الکترون غیر مستقر با پیوند دوگانه مزدوج) و آکسوکروم [2]ها (استخلاف الکترون کشنده یا الکترون‌دهنده که رنگ کروموفورها را با تغییر انرژی الکترونی تشدید می کند) هستند. اغلب کروموفورها شامل پیوندهای-C=C- –C=N- و -N=N- و NO_2 و حلقه های کوئینوید [3]هستند و اکسوکروم ها شامل NH_3 - ، COOH- ، SO_3H- و OH هستند. بر اساس ساختار شیمیایی کروموفورها، ۲۰ تا ۳۰ نوع از گروه های مختلف رنگ ها را می توان تشخیص داد. رنگ های آزو (منوآزو- دی آزو- تری آزو- پلی آزو) آنتراکوئینون[4]، فتالوسیانین[5]، تری آریل متان از لحاظ کمیت مهمترین گروه ها هستند. [25]

رنگدانه‌های معدنی طبیعی از پوسته زمین استخراج می‌شوند، خرد شده ، شسته شده ، از لحاظ اندازه درجه‌بندی می‌شوند. غالباً برای این رنگدانه‌های طبیعی ، معادل مصنوعی هم وجود دارد، یعنی رنگدانه از اجزاء دیگری در اثر یک فرآیند شیمیایی ساخته می‌شود. ظاهراً از نظر شیمیایی با نمونه طبیعی یکسان است، ولی اغلب خواص متفاوتی دارد و معمولاً به خاطر شکل بلوری مطلوبتر ، خلوص بیشتر و دانه‌بندی مطلوبتر ، مرغوبتر از نوع طبیعی می باشد. رنگدانه‌های معدنی طبیعی که هنوز اهمیت دارند، از خانواده اکسید آهن می‌باشند که عبارتند از: گل اخرا، گل ماشی (خاک سرخ) ، اخرای زرد ، اکسیدهای آهن قرمز زرد و سیاه. رنگدانه‌های آلی [26]

[1]-Chromophore
[2] -Auxochrome
[3]- Quinoid
[4]- Anthraquinone
[5]- Phthalocyanine