

## پراکنش‌گرهای پلیمری در صنایع رنگ و پوشش

فاطمه مهرعلی<sup>۱</sup>، فرهود نجفی<sup>۲\*</sup>، بهزاد شیرکوند هداوند<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیمی آلی، دانشگاه پیام نور تهران، تهران، ایران، صندوق پستی: ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵

۲- استادیار، گروه پژوهشی رزین و مواد افزودنی، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

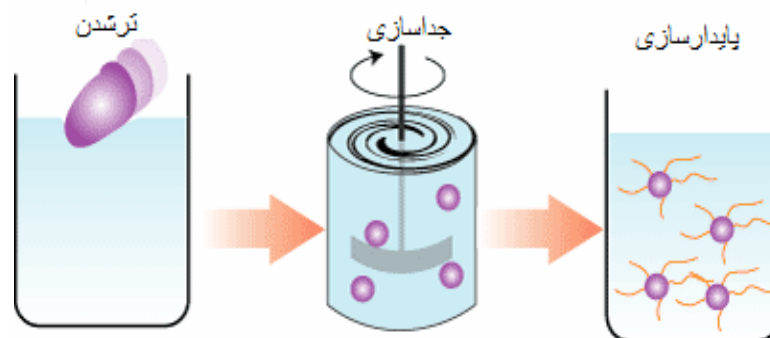
تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۵ تاریخ بازبینی: ۱: ۹۲/۵/۶ تاریخ بازبینی: ۲: ۹۲/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۲۷ در دسترس بصورت الکترونیک: ۹۲/۷/۱

### چکیده

تهیه مخلوطی همگن و پایدار از جامد نامحلول و مایع، بسیار دشوار است. از طرفی کاهش اندازه ذرات در پراکنندگی‌ها امری ضروری در برخی صنایع مصرف‌کننده رنگ‌ها، رنگدانه‌ها، پوشش‌های کاغذ، مرکب‌های چاپ، لوازم آرایش و غیره بوده است. طی فرآیند پراکنندگی، توده‌های نامحلول به ذرات اولیه می‌شکنند و به خوبی پراکنده و تثبیت می‌شوند. این فرآیند بدون حضور پراکنش‌گرها غیر ممکن است. پراکنش‌گرها، توده‌های موجود در پراکنندگی‌ها را شکسته و از تجمع ذرات جامد جلوگیری می‌کنند. مطمئناً این تنها کارایی پراکنش‌گرها نیست. این شاخه از مواد افزودنی اثر قابل توجهی بر گستره وسیعی از ویژگی‌های اساسی فرمولاسیون از جمله کاهش گرانش و افزایش سیالیت دارند. علاوه بر این پراکنش‌گرها از طریق تهیه ذرات ریز با اندازه توزیع متفاوت، موجب صرفه‌جویی در انرژی می‌شوند. عموماً پلیمرها به دلیل مقاومت حرارتی خوب، ویژگی‌های ساختاری و توانایی آنها برای تولید یک پراکنندگی پایدار، به عنوان پراکنش‌گر در پراکنندگی مواد معدنی، به‌کار رفته‌اند. مطالعات فراوان منتشر شده در به کارگیری پراکنش‌گرهای پلیمری برای ارتقاء کیفیت انواع پراکنندگی‌ها در صنایع مختلف از قبیل رنگ و پوشش‌ها مؤید این مطلب می‌باشد. در این مقاله سعی شده است تا مروری اجمالی بر ماهیت، ساختار و نحوه عملکرد پراکنش‌گرهای پلیمری انجام گیرد.

### واژه‌های کلیدی

پراکنش‌گرهای پلیمری، پراکنندگی، مواد افزودنی، پراکنش‌گر.

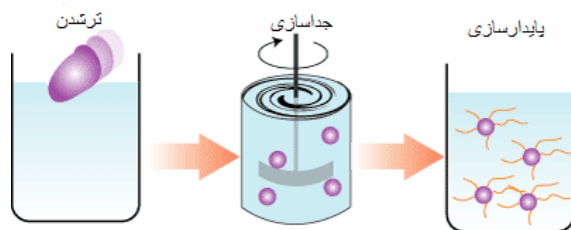


\*Corresponding author: [fnajafi@icrc.ac.ir](mailto:fnajafi@icrc.ac.ir)

Polymeric dispersants in industries paint and coating, F. Mehrali, F. Najafi, B. Shirkavand hadavand

۱- مقدمه

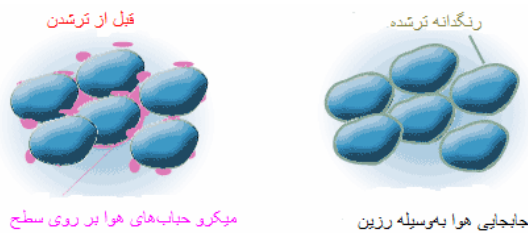
اندازه خیلی کوچک و به مقدار کافی پایدار، برای به دست آوردن پایداری و خواص نهایی مناسب. در صنعت رنگ، نوع رنگدانه و حلال و افزودنی‌های پراکنش‌گر استفاده شده نقش مهم و اساسی را ایفا می‌کند [۳]. کل فرآیند پراکنش و پایداری ذره شامل سه مرحله می‌شود این سه فرآیند به طور هم‌زمان و یا بعد از یکدیگر اتفاق می‌افتند. که از کلوخه خشک ذره در شکل ۱ آغاز می‌شود [۵]. ابتدا، حلال باید ذرات را خیس کند. دوم، ذرات باید از یکدیگر جدا شوند و با سیستم حلال مخلوط شوند. سوم، ذرات باید جدا باقی بمانند و دوباره جمع نشوند. این شیوه در بسیاری از شاخه‌ها از قبیل رنگدانه‌ها، مواد معدنی، مواد سرمایی، محصولات شیمیایی، میکروارگانیسم‌ها، داروسازی و ساخت کاغذ به کار می‌رود [۳].



شکل ۱- سازوکارها در فرآیندهای پراکنش [۴].

۲-۱- تر شدن

در مرحله تر شدن، هوای موجود در کلوخه ذرات خشک، با مایع استفاده شده در فرآیند پراکنش جایگزین می‌شود. به این ترتیب برهم‌کنش جامد-گاز (ذره-هوا) به برهم‌کنش جامد-مایع (ذره-حلال) تبدیل می‌شود [۵]. تر شدن در پی آزاد شدن هوا می‌باشد، که هر چه گرانیوی مایع کمتر باشد، سریع‌تر پیش می‌رود [۶]. پراکنش‌گری که روی سطح ذره جذب می‌شود، برهم‌کنش‌های میان مایع-جامد را تسهیل و به جایگزینی هوا در سطح مشترک مایع-جامد کمک می‌کند (شکل ۲) [۴].



شکل ۲- جایگزینی هوا و آب به وسیله رزین [۴].

۲-۲- جداسازی

کلوخه ذره تر شده، در مرحله جداسازی به ذرات مجزا شکسته می‌شوند. به دلیل نیروی پیوستگی قوی بین ذرات، جدا کردن آنها به انرژی مکانیکی زیادی نیاز دارد که با استفاده از تجهیزات مناسب فراهم می‌-

افزودنی‌ها در کل به موادی اطلاق می‌شود که به میزان نسبتاً اندک (حدوداً ۰/۰۵ تا ۲٪) به فرمولاسیون رنگ‌ها (یا رنگ‌های آماده مصرف) اضافه می‌شوند تا عملکردهای فنی خاص از سیال رنگ یا سرویس‌دهی پوشش نهایی آن را کنترل کنند. از آنجا که هر افزودنی دارای عملکرد ویژه یا ترکیبی از تاثیرات خاص می‌باشد، بنابراین هر افزودنی با توجه به عملکردش در رنگ سیال یا پوشش نهایی نامگذاری و تعریف می‌شود. باید توجه داشت که بین افزودنی‌های رنگ و پوشش‌ها و اجزاء با عملکرد ویژه که معمولاً آنها هم به مقدار اندک استفاده می‌شوند، اختلاف وجود دارد، به این صورت که برخلاف اجزاء با عملکرد خاص که به رنگ اضافه می‌شوند تا خاصیت ویژه‌ای را ایجاد کنند، افزودنی‌ها برای کنترل یا تقویت خاصیت ایجاد شده به کار گرفته می‌شوند [۱]. به‌عنوان نمونه برخی مواد افزودنی موجب بهبود کشش سطحی، بهبود خواص جریان، بهبود ظاهر نهایی، بهبود پایداری رنگدانه، انتقال خواص ضدیخ‌زدگی، بهبود ثبات رنگدانه، کنترل کف و غیره می‌شوند [۲].

رنگ می‌تواند طیف گسترده‌ای از مواد افزودنی گوناگون را در برگیرد [۲]. معمولاً هر افزودنی برای استفاده در انواع خاصی از رنگ‌ها و گاهی فقط یک نوع رنگ در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان مثال هر رنگی دارای خواص رئولوژیکی می‌باشد، اما استفاده از افزودنی اصلاح‌کننده رئولوژی باعث بهینه‌کردن این خواص و جلوگیری از رسوب رنگدانه‌ها، قابلیت اعمال با روش مشخص و تنظیم خواص شره، هم‌ترازی و غیره می‌شود. همین‌طور مثلاً رنگدانه‌های ضدخوردگی از اجزاء با عملکرد خاص می‌باشند. درحالی‌که افزودنی‌های بازدارنده خوردگی کمک می‌کنند تا پوشش‌ها در برابر فرآیند توسعه و افزایش خوردگی مقاومت کنند [۱]. می‌توان مواد افزودنی را به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

- افزودنی‌های جنبشی: خشک‌کن‌ها، کاتالیزوری، ضدپوسته‌شدن
  - افزودنی‌های رئولوژیکی: حجیم‌کننده، ضدآویزان‌شدگی، ضدته‌نشینی
  - افزودنی‌های فرآیند: پراکنش‌گرها، عامل هم‌ترازکننده و کف‌زدای
  - افزودنی‌های نگه‌دارنده: زیست‌کش، تثبیت‌کننده پرتو فرابنفش [۲].
- پراکنش‌گرها یکی از مواد افزودنی مهم موجود در پوشش‌ها هستند که به‌عنوان افزودنی‌های پخش‌کننده ذره (رنگدانه) به کار می‌روند [۳]. پراکنش کامل ذره و رقیق‌سازی آن در فاز مایع به جهت بهینه‌سازی ویژگی‌هایی از قبیل فرآیندپذیری، پایداری، براقیت یا مات‌بودن محصول، از جمله ضروریات می‌باشد. علاوه بر آن کیفیت فیلم رنگ‌آمیزی شده و یا جوهر مورد استفاده به میزان بسیار زیادی به پراکنش یکنواخت ذره بستگی دارد [۴].

۲- فرآیند پراکنش

تهیه مخلوط‌های جامد/مایع غلیظ با قابلیت سیالی و پراکنش بالا، فرآیند کلیدی در برخی صنایع به کار برنده رنگ‌ها، رنگدانه‌ها، پوشش‌های کاغذ، مرکب‌های چاپ، لوازم آرایش و غیره بوده است. پراکنش عبارت است از تبدیل ذرات خشک به ذرات پراکنده شده، با



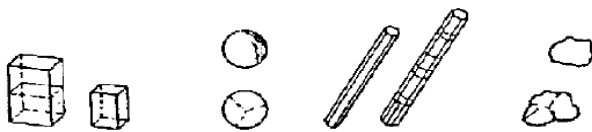
شکل ۳- پراکنش ذره [۴].

شود. هر چه ذرات کوچکتر باشد، انرژی بیشتری برای جداسازی آن مورد نیاز است [۵].

ذرات پراکنده شده در غیاب افزودنی‌های پراکنش‌گر تمایل دارند دوباره به یکدیگر بچسبند، این فرآیند دلمه‌شدن<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. این فرآیند باعث کاهش استحکام رنگ، براقیت و تغییر خواص مکانیکی محصول می‌گردد. از نقطه نظر ساختاری، لخته‌ها بسیار مشابه تجمع‌ها<sup>۲</sup> هستند. باین حال، در دلمه‌ها فضاهای خالی بین ذره‌ها به وسیله محلول رزین به جای هوا پر شده است [۴].

### ۲-۲-۱- ذرات ابتدایی

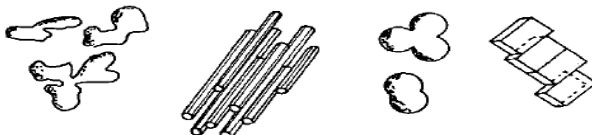
اندازه و ساختار بلور در طی فرآیند تولید، تحت تاثیر قرار می‌گیرند. ذرات اصلی، بلورهای تنها یا مشترکی هستند که به‌طور محکم به وسیله مناطق سطحی به یکدیگر متصل شده‌اند. آنها نمی‌توانند در خلال فرآیندهای آسیایی معمولی از بین بروند [۷].



شکل ۴- ذرات ابتدایی [۷].

### ۲-۲-۲- توده‌ها<sup>۳</sup>

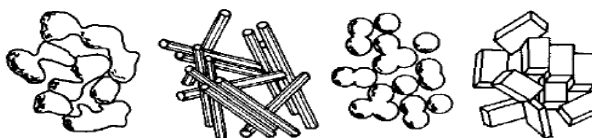
اندازه و شکل بلور می‌تواند در طی فرآیند تولید رنگدانه، تحت تاثیر قرار بگیرد. ذرات اولیه که به وسیله سطح‌شان به یکدیگر متصل شده‌اند توده‌ها را تشکیل می‌دهند. در نتیجه سطح کلی توده‌ها کوچکتر از مجموع سطح ذرات اصلی تشکیل دهنده توده می‌باشد. تخریب توده‌ها طی فرآیند آسیاب مانند ذرات اولیه سخت و دشوار است [۷].



شکل ۵- توده‌ها [۷].

### ۲-۲-۳- تجمع‌ها

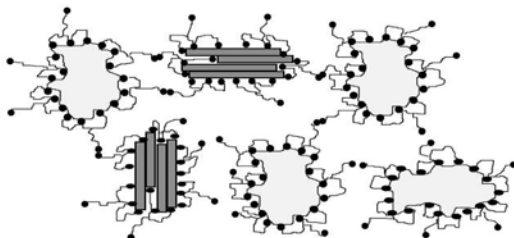
تجمع‌ها در پودر ذره یا در آماده‌سازی ذره تشکیل می‌شوند که به اندازه کافی پایدار نیستند. آنها تنها به کنار و لبه‌ها متصل هستند و بنابراین مساحت کل سطح در یک تجمع تقریباً با سطح ذرات اولیه و توده‌ها برابر است. تجمع‌ها می‌توانند اندازه‌ای تا چند صد میکرون داشته باشند. پراکندن تجمع‌ها، فرآیند اصلی در فرآیند آسیاب به شمار می‌رود [۷].



شکل ۶- تجمع‌ها [۷].

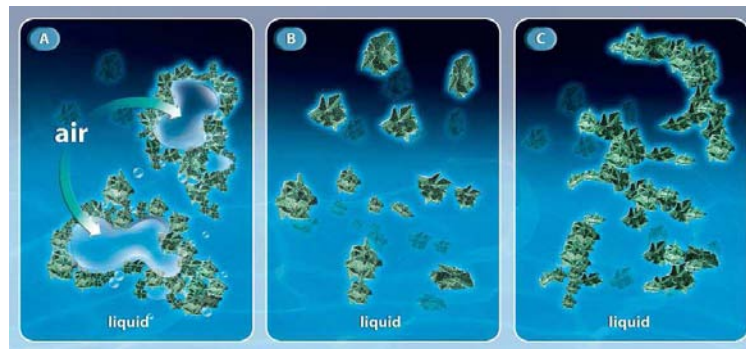
### ۲-۲-۴- دلمه‌ها

دلمه‌ها به وسیله ذراتی که از قبل پراکنده شده یا ذراتی که توسط رزین یا افزودنی‌ها مرطوب شده‌اند، تشکیل می‌شوند. رزین‌ها یا افزودنی‌هایی که روی سطح ذرات جذب می‌شوند می‌توانند باعث برهم‌کنش میان ذرات شوند.



شکل ۷- دلمه‌ها [۷].

<sup>1</sup> Flocculates  
<sup>2</sup> Agglomerates  
<sup>3</sup> Aggregates



شکل ۸- نمایشی شمایی از ذرات (a) توده شده، (b) پراکنده شده، و (c) دلمه شده [۸].

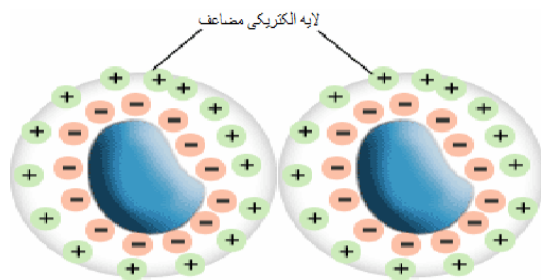
دلمه شدن اثر مثبت روی شناوری و شره کردن و اثر منفی روی براقیت و سایه رنگ می گذارد [۷].

### ۲-۳- پایدارسازی

چسبیدن ذرات جامد به یکدیگر حالت بسیار مطلوبی از نقطه نظر انرژی می باشد. به همین دلیل، ذراتی که از یکدیگر جدا شده اند، بدون استفاده از افزودنی های پراکنش گر پایدار نمی ماندند. بنابراین، به منظور جلوگیری از تجمع دوباره، باید پایدار شوند. افزودنی هایی که برای پایدارسازی ذرات در مقابل تجمع به کار می روند پراکنش گر نامیده می شوند [۵]. نیروی محرکه برای فرآیند تجمع، جاذبه وان دروالس است. نیروهای جاذبه وان دروالس در همه جا حاضرند و باید به وسیله برهم کنش های دافعه کولنی، فضایی یا سایر برهم کنش ها برای مهندسی درجه مطلوب پراکنندگی، متعادل شوند. هنگامی که ذرات تجمع می کنند، به راحتی قطعه قطعه نمی شوند و پراکنده شدن آنها به ذرات اولیه دشوار است. بنابراین، روش های پراکنندگی مکانیکی و فیزیکی برای پراکنندگی کامل لازم است. به منظور ایجاد پراکنندگی پایدار ذرات، اغلب اصلاح سطح برای جلوگیری از تجمع لازم است [۸]. خواص پراکنندگی می توانند به وسیله افزایش پراکنش گر پلیمری بهبود یابند. بنابراین درک برهم کنش بین ذرات و پراکنش گرهای پلیمری با عاملیت متفاوت، بسیار مهم است [۹]. ذرات می توانند به وسیله سازوکارهای الکترواستاتیک (بار لایه مضاعف) الکترواستریک یا فضایی، پراکنده و تثبیت شوند [۱۰].

### ۲-۳-۱- پایدارسازی الکترواستاتیک

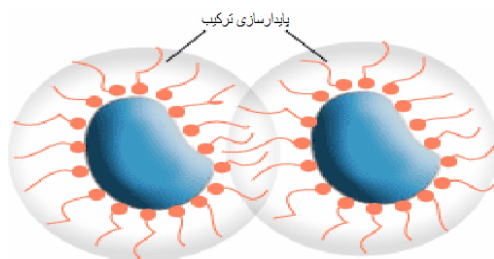
پایدارسازی الکترواستاتیک در سوسپانسیون آبی بدین شکل حاصل می شود که یون های جذب شده یک لایه باردار حول ذره می سازند، که به وسیله دافعه الکترواستاتیک از تجمع جلوگیری می کند [۹]. نیروهای الکترواستاتیک می توانند به وسیله بارهای مشابه قوی بر روی سطح ذرات معلق ایجاد شوند. بارهای سطح مشابه ذرات همسایه را دفع می کنند، بنابراین آنها را معلق در محلول نگه می دارد [۱۱].



شکل ۹- پایدارسازی الکترواستاتیک [۴].

### ۲-۳-۲- پایدارسازی فضایی

در این روش ذرات با لایه ای از زنجیرهای پلیمری پوشیده شده و در مایع حل شده اند، پایدارسازی به وسیله ممانعت فضایی ایجاد می شود [۵]. در واقع دافعه بین زنجیرهای پلیمری جذب شده در سطوح ذرات، پایدارسازی فضایی تولید می کند [۱۰]. تئوری پایدارسازی به وسیله دافعه فضایی توسط وینسنت<sup>۱</sup>، کلای فیلد<sup>۲</sup>، لامب<sup>۳</sup> و ناپر<sup>۴</sup> پیشنهاد شد. این تئوری براساس جذب پلیمرها روی سطح ذره برای تولید سدی برای جلوگیری از تجمع نزدیک ذرات است [۱۲].

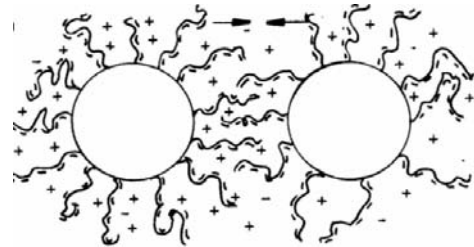


شکل ۱۰- پایدارسازی فضایی [۴].

<sup>1</sup> Vincent  
<sup>2</sup> Clayfield  
<sup>3</sup> Lumb  
<sup>4</sup> Napper

## ۲-۳-۳- پایداری الکترواستریک

تعدادی از پراکنش‌گرهای پلی‌الکترولیت می‌توانند هر دو پایداری فضایی و الکترواستاتیکی را ایجاد کنند. وقتی که هر دو سازوکار به صورت هم‌زمان حضور داشته باشند، سازوکاری با عنوان الکترواستریک ایجاد می‌شود که پایداری بهتری به وجود می‌آورد [۱۰، ۱۳].



شکل ۱۱- پایداری الکترواستریک [۱۴].

این پلی‌الکترولیت‌ها متشکل از گروه قابل یونیزه شدن مانند کربوکسیلیک اسید و یک ساختار زنجیرگونه پلیمری هستند. خواص جذبی این پلی‌الکترولیت‌ها به خواص فیزیکی و شیمیایی سطوح ذره و محیط حلال وابسته هستند. این پراکنش‌گرها ممکن است آنیونی (با بار منفی) یا کاتیونی (با بار مثبت) باشند [۱۱].

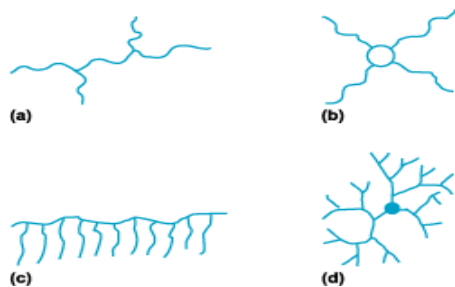
## ۳- پراکنش‌گر پلیمری

جذب مواد افزودنی بر روی سطح رنگدانه، در اثرگذاری آن بسیار مهم است و به مشخصات سطح رنگدانه بستگی دارد. سطح بسیاری از رنگدانه‌های غیرآلی دارای جذب بالای مواد افزودنی به آنها می‌باشد. وجود سطح غیرقطبی در بسیاری از رنگدانه‌های آلی، مانعی برای چسبیدن بهتر مواد افزودنی به آنها می‌باشد. به‌علاوه رنگدانه‌های آلی سطح ویژه بزرگی دارند، در نتیجه برای پایداری این نوع از رنگدانه‌ها، استفاده از پایدارکننده‌های مرسوم، در بسیاری از موارد کافی نیست. گروه جدیدی از مواد افزودنی پخش‌کننده‌های پلیمری می‌باشند [۱۵]. مواد فعال در سطحی که به صورت تخصصی برای تقویت فرآیند پخش کردن ذرات و پرکننده در محیط مایع استفاده می‌شوند و در ایجاد پایداری خمیر تولید شده نیز همکاری می‌کنند، عوامل پراکنش (پخش‌کننده) نامیده می‌شوند. عموماً پلیمرها به دلیل مقاومت حرارتی خوب و توانایی آنها برای تولید یک پراکنندگی پایدار به عنوان پراکنش‌گر در پراکنندگی مواد معدنی و فرآیند آسیاب، تولید شده‌اند [۳]. پراکنش‌گرهای پلیمری در مقایسه با مواد افزودنی شناخته شده الیگومری، دارای وزن مولکولی بالا و تعداد عوامل زیادی در مولکول هستند که قادر می‌باشند به سطح رنگدانه‌ها بچسبند و مانع توده‌ای شدن آنها شوند [۱۵]. معمولاً این ماده فعال در سطح، پلی‌الکترولیت (موادی با وزن مولکولی بالا که حاوی تعداد زیادی بارهای الکتریکی در زنجیره‌شان هستند) است. خواص اولیه‌ای که مورد توجه هستند عبارتند از نیروهای الکترواستاتیکی و قابلیت پراکنش‌گر برای پراکندن ذرات ریز و برای تثبیت پراکنندگی به

وسیله جذب روی سطح ذرات، که می‌تواند تغییرات سطح را اصلاح کند [۳]. علاوه بر این، مواد افزودنی پلیمری بخاطر حلقه‌ها و دنباله‌های زنجیری موجود خود باعث ممانعت فضایی شده و موجب کاهش فعالیت شیمیایی می‌شوند [۱۵]. وجه تمایز پراکنش‌گرهای پلیمری نسبت به پراکنش‌گرهای آلی یا غیر آلی، وزن‌های مولکولی بالای آنهاست. ویژگی‌های ساختاری پراکنش‌گر پلیمری موجب می‌شود که با جایگاه‌های سطحی متعددی مجاور شود، در همین زمان لایه‌های جذب بادوامی روی ذرات تشکیل می‌دهد [۶]. این پراکنش‌گرها دارای یک گروه عاملی کولیمیر هستند، که فرآیند پراکنندگی رنگدانه را از طریق کنترل مکانیکی پیش می‌برد و باعث پایداری موثر ذرات رنگدانه در برابر تجمع مجدد و دلمه می‌شود [۱۶]. برای پایداری خوب رنگدانه‌ها، مواد افزودنی نباید دارای زنجیره حلقوی باشند، یعنی ساختارهای ماده افزودنی متصل شده به رنگدانه باید خطی باشند و این زمانی اتفاق می‌افتد که ماده افزودنی پلیمری سازگاری خوب با محملی که آنرا احاطه کرده است داشته باشد [۱۵]. علاوه بر این پراکنش‌گرها از طریق تهیه ذرات ریز با اندازه توزیع متفاوت، موجب صرفه‌جویی در انرژی می‌شوند. [۳]. پراکنش‌گرهای پلیمری بسته به خواص بار گروه‌های عاملی همراه، در هر دو نوع غیریونی و یونی موجودند. گروه‌های عاملی یونی می‌توانند پراکنش‌گرهای موثری در پایداری ذرات در فاز آبی بسازند. نمونه‌هایی از گروه‌های عاملی که می‌توانند به‌عنوان آویز زنجیره‌های پلیمری به ذرات اکسید معدنی، مورد استفاده قرار گیرند عبارتند از آمین‌ها، آمونیم و گروه‌های آمونیم چهارتایی، کربوکسیلیک، سولفونیک، و گروه‌های فسفریک اسید و نمک‌هایشان، گروه‌های اسید سولفات و استر فسفات [۶].

## ۳-۱- ساختار پراکنش‌گرهای پلیمری

ساختار شیمیایی پراکنش‌گرهای پلیمری، آکرلیک (پلی‌استر-پلی‌اتر) بوده و بسته به نوع کاربرد دارای عوامل شیمیایی هیدروکسیل، کربوکسیل و یا آمینی می‌باشند [۵]. ساختار پراکنش‌گرهای پلیمری را می‌توان در پنج دسته کلی هوموپلیمرها، کولپلیمر بلوکی، پلیمرهای شاخه‌دار (پلیمر ستاره‌ای و دندیریم) و پلیمر شانه-مانند تقسیم‌بندی کرد [۱۷].



شکل ۱۲- نمونه‌ای از پلیمرهای شاخه‌دار. (a) پلیمر شاخه‌دار (اگر ترکیب بازوها مشابه ستون پلیمری است) یا پلیمر پیوندی (اگر ترکیب‌ها متفاوتند). (b) پلیمر ستاره‌ای. (c) پلیمر شانه-مانند. (d) دندیریم [۱۸].

### ۳-۱-۲- گروه‌های متصل‌شونده از طریق یونی یا گروه‌های

#### اسیدی- بازی

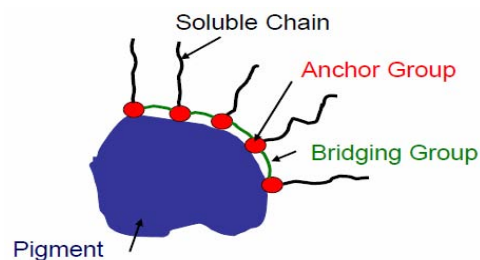
زمانی که ذرات رنگدانه دارای سطحی نسبتاً واکنش‌گر هستند (رنگدانه‌های غیر آلی)، ایجاد یک پیوند جفت-یون میان یک مقر بار روی سطح ذره و بار مخالف اتم یا گروه ایفاکننده نقش روی پراکنش‌گر، ممکن می‌شود. از آنجایی که اکثر ذرات غیر آلی کاملاً ناهمگن<sup>۳</sup> هستند، یعنی هر دو بار منفی و مثبت روی سطح آنها قرار دارد، استفاده از پراکنش‌گرهای پلیمری با هر یک از گروه‌های متصل‌شونده مثبت و منفی کاملاً یکسان است. نمونه‌هایی از گروه‌های قابل استفاده به عنوان گروه‌های متصل‌شونده باردار یا اسیدی- بازی عبارتند از: آمین‌ها، آمونیم و گروه‌های آمونیم نوع چهارم، کربوکسیلیک، سولفونیک، فسفریک، گروه‌های اسید و دیگر نمک‌ها، اسید سولفات و گروه‌های فسفات استر [۴].

### ۳-۱-۳- گروه‌های متصل‌شونده از طریق پیوند هیدروژنی

اگر چه بیشتر رنگدانه‌های آلی و بعضی از ذرات غیر آلی مثل کوارتز فاقد مقرهای باردار روی سطح خود هستند ولی ممکن است دارای گروه‌های دهنده هیدروژن پیوندی یا پذیرنده هیدروژن پیوندی مثل استرها، کتون‌ها و غیره باشند. بنابراین امکان برقراری پیوند هیدروژنی بین ذرات و گروه‌های متصل‌شونده پراکنش‌گر پلیمری وجود دارد. پیوندهای هیدروژنی منفرد کاملاً سست و ضعیف هستند. بنابراین یک برهم‌کنش قوی ممکن است بین رنگدانه و پراکنش‌گر پلیمری دارای پیوند هیدروژنی را فاصله بیاندازد [۴].

<sup>3</sup> Heterogeneous

پراکنش‌گرهای پلیمری می‌توانند به راحتی توصیف شوند چرا که دو جزء اصلی در ساختارشان دارند، گروه‌های متصل‌شونده<sup>۱</sup> که روی سطح ذره جذب می‌شوند و زنجیره‌های پلیمری<sup>۲</sup> که پایداری فضایی را مانند سدی در اطراف ذره ایجاد می‌کند. جذب قوی بین سطح جامد ذرات با گروه‌های متصل‌شونده موجود در مولکول‌های پراکنش‌گر، فرآیند پایدارسازی را تسهیل می‌کند. انتخاب اینکه کدام گروه متصل‌شونده استفاده شود، به ترکیب سطح جامد بستگی دارد. آویختن روی سطح قطبی آسان و روی سطوح غیرقطبی آب‌گریز معمولاً مشکل است. هر چند، ترکیب سطح ذرات جامد با آمایش قبلی ذرات مشخص می‌شود [۱۹].

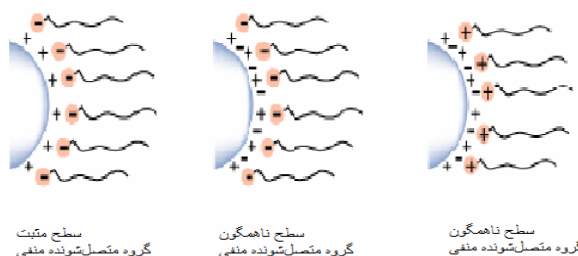


شکل ۱۳- ساختار پراکنش‌گرهای پلیمری [۲۰].

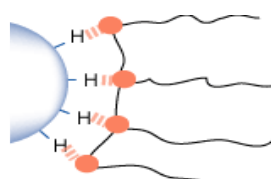
### ۳-۱-۱- گروه‌های متصل‌شونده به رنگدانه

سطح رنگدانه‌ها به صورت طبیعی متفاوت هستند. مطابق با نوع شیمیایی سطح رنگدانه می‌توان گروه‌های شیمیایی متفاوتی را برای گروه‌های متصل‌شونده به رنگدانه در پراکنش‌گرهای پلیمری پیدا کرد. گروه‌های متصل‌شونده می‌توانند از طریق سازوکارهای متفاوتی روی سطح رنگدانه قرار بگیرند [۴].

- <sup>1</sup> Anchoring groups
- <sup>2</sup> Polymeric chains



شکل ۱۴- گروه‌های متصل‌شونده از طریق یونی یا گروه‌های اسیدی- بازی [۴].

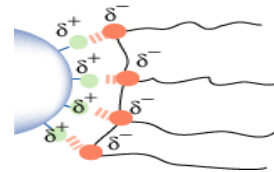


شکل ۱۵- گروه‌های متصل‌شونده به گروه پلیمری از طریق پیوند هیدروژنی [۴].

این زنجیره‌ها ممکن است در یک انتها یا هر دو پایانه، به گروه‌های آویزان متصل شوند. فرآیند پایداری فضایی می‌تواند به وسیله تغییرات انتروپیک، هنگامی که دو ذره به یکدیگر نزدیک می‌شوند توضیح داده شود. هنگامی که زنجیره‌ها باهم مخلوط می‌شوند، آزادی حرکت زنجیره‌های پلیمری کاهش داده می‌شود و چنین وضعیتی در دوره‌های انرژی آزاد نامطلوب است، در نتیجه زنجیره‌ها (و بنابراین ذرات متصل) از هم دور می‌شوند تا به وضعیت ممتازتری برسند. بنابراین لختگی از نظر انرژی نامطلوب است. از آنجاییکه فعل و انفعالات ذره-ذره به حداقل رسیده است، گر انرژی سیستم پراکنده شده کلوییدی کاهش می‌یابد [۲۱]. شکل ۱۸ تعدادی پیکربندی را نشان می‌دهد که در گروه‌های تحقیقی مختلفی در سطح جهانی ارزیابی شده‌اند. اتصال بر روی سطح ذره یا از طریق گروه‌های عاملی (c, b) یا از طریق بلوک‌های پلیمری (f, e, d, a) انجام می‌گیرد. زنجیره پلیمری یا در یک پایانه یا در دو پایانه به سطح ذره آویخته شده است. این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که در مقایسه سیستماتیک مزیت‌های نسبی پایداری فضایی زنجیره‌هایی که در یک انتها یا هر دو انتها آویخته شده‌اند به این نتیجه می‌رسیم که پایداری فضایی زنجیره‌هایی که تنها به یک انتها تکیه داده‌اند بیشترین کارایی را دارد. آویخته‌شدن هر دو انتها از زنجیره پایداری فضایی، مانع آزادی حرکت می‌شود. برای تولید پایداری فضایی موثر، یک زنجیره پلیمری می‌بایست در محیط حل شود [۲۱].

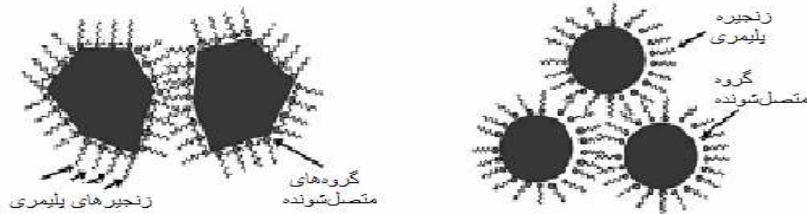
### ۳-۱-۴- گروه‌های متصل‌شونده از طریق گروه‌های قطبی

برهم‌کنش همچنین می‌تواند بین گروه‌های قطبی یا قابل قطبی‌شدن بر روی سطح ذرات رنگدانه آلی و به صورت مشابه گروه‌های قطبی یا قابل قطبی‌شدن بر روی گروه‌های متصل‌شونده در پراکنش‌کننده پلیمری ایجاد شود. این نوع برهم‌کنش نیز نسبتاً ضعیف بوده و در حضور یک برهم‌کنش قوی‌تر ممکن است سست شود و بین رنگدانه و پراکنش‌گر فاصله بیافتد. پلی‌یورتان به صورت گسترده به عنوان گروه‌های متصل‌شونده قطبی استفاده شده است [۴].



شکل ۱۶- گروه‌های متصل‌شونده از طریق گروه‌های قطبی [۴].

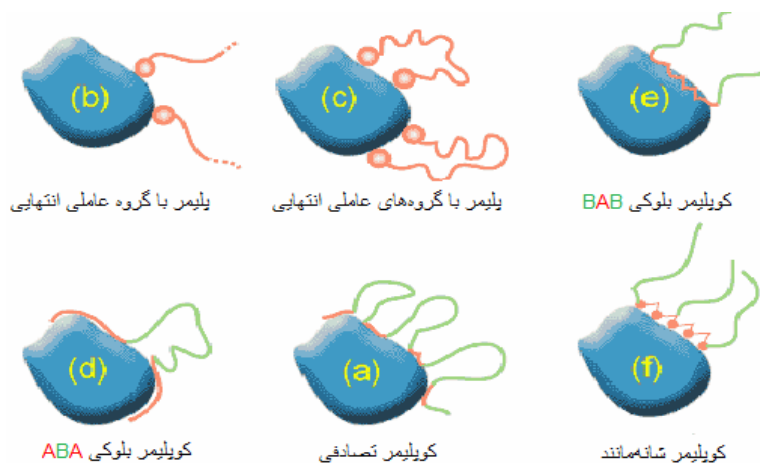
همچنین آنها می‌توانند به وسیله یک گروه عاملی تک متصل شوند، یا ترکیبی از چند گروه متصل شونده باشند. شکل ۱۷ روشی را که دو پیکربندی متفاوت از پراکنش‌گرها فعالیت می‌کنند تا ذرات را از یکدیگر جدا نگه دارند، نشان می‌دهد. به همین شکل، مولکول می‌تواند از یک زنجیر پلیمری منفرد، یا بسیاری از زنجیره‌های پلیمری تشکیل شود.



پراکنش‌گر بر پایه گروه آویز پلیمری.

پراکنش‌گر بر پایه گروه آویز تک‌عاملی.

شکل ۱۷- سازوکار پایداری فضایی برای دو پیکربندی پراکنش‌گر [۲۱].



شکل ۱۸- پیکربندی‌های پراکنش‌گرهای مختلف [۴].

## ۳-۲- وزن مولکولی پراکنش‌گرهای پلیمری

باید به وسیله افزایش پراکنش‌گرها شکسته شوند. پراکنش‌گرها یکی از مواد افزودنی مهم در پوشش‌ها هستند که به‌عنوان افزودنی‌های پخش‌کننده ذره (رنگدانه) و پایدارکننده ذرات در مقابل تجمع به کار می‌روند. علاوه بر این پراکنش‌گرها از طریق افزایش سیالیت و قابلیت پراکندگی در فرآیند آسیاب، به‌منظور صرفه‌جویی در انرژی استفاده می‌شوند. خواص پراکندگی می‌توانند به وسیله افزایش پراکنش‌گر پلیمری بهبود یابند. پراکنش‌گرهای پلیمری تشکیل شده‌اند از یک گروه عاملی کوپلیمر که فرآیند پراکندگی رنگدانه را از طریق کنترل مکانیکی پیش می‌برد و باعث پایداری موثر ذرات رنگدانه در برابر تجمع مجدد و دلمه می‌شود. هنگامی که ذرات تجمع می‌کنند، به راحتی قطعه قطعه نمی‌شوند و پراکنده شدن آنها به ذرات اولیه دشوار است. بنابراین، روش‌های پراکندگی مکانیکی و فیزیکی برای پراکندن کامل لازم است. ذرات می‌توانند به وسیله سازوکارهای الکترواستاتیک (بار لایه مضاعف)، الکترواستریک یا فزایی، پراکنده و تثبیت شوند. ساختار پراکنش‌گرهای پلیمری را می‌توان در پنج دسته کلی هوموپلیمرها، کوپلیمر بلوکی، پلیمرهای شاخه‌دار (پلیمر ستاره‌ای و دندیریم) و پلیمر شانه‌مانند تقسیم‌بندی کرد. پراکنش‌گرهای پلیمری حاوی دو جزء اصلی در ساختارشان هستند، گروه‌های متصل شونده که روی سطح ذره جذب می‌شوند و زنجیره‌های پلیمری که پایداری فزایی را مانند سدی در اطراف ذره ایجاد می‌کند. گروه‌های متصل‌شونده به سه گروه کلی گروه‌های متصل شونده از طریق یونی یا گروه‌های اسیدی-بازی، گروه‌های متصل شونده از طریق پیوند هیدروژنی و گروه‌های متصل شونده از طریق گروه‌های قطبی تقسیم می‌شوند. وزن مولکولی پراکنش‌گرهای پلیمری باید برای تولید زنجیره‌های پلیمری با طول مناسب برای غلبه‌کردن بر نیروهای وان دروالس جاذبه بین ذرات، مناسب باشند. اگر زنجیره‌ها خیلی کوتاه باشند، مانع ضخیم مناسبی برای جلوگیری از تراکم ذره تولید نخواهند کرد. بنابراین وزن‌های مولکولی بسیار کم موجب ناپایداری پراکندگی می‌شوند. وقتی زنجیره‌ها بسیار بلند هستند، پتانسیل بالایی از ارتباط ذره-ذره هستند. علاوه بر این تمایل دارند روی خود تابخورند، که باعث لخته‌سازی است. بنابراین، وزن‌های مولکولی بسیار بالا عملکرد پراکندگی را کاهش می‌دهند.

پایداری فزایی، وزن مولکولی و توزیع وزن مولکولی به‌طور آشکاری عوامل مهمی هستند. جذب سطحی یک پلیمر زنجیره‌بلند معمولاً موجب جذب بسیاری از قطعات پلیمری به سطح می‌شود. برای مثال، در مورد یک مولکول پراکنش‌گر پلیمری حاوی دوازده گروه آویزان و هر کدام با ۲۰٪ شانس برای محکم‌شدن، شانس تکیه‌دادن مولکول به سطح ذره بالغ بر ۹۰٪ است. اگر یک مولکول پراکنش‌گر حاوی دو گروه آویزان باشد، هر گروه حداقل ۷۰٪ شانس برای تکیه‌دادن به سطح ذره نیاز دارند تا اینکه تراز متعادلی از تکیه‌دادن ایجاد کنند. به‌منظور داشتن یک پراکنش‌گر پلیمری جذب شده روی سطح ذره، گروه‌های آویزان باید بتوانند به‌طور قوی روی سطح ذره جذب شوند [۶]. وزن مولکولی پراکنش‌گرهای پلیمری باید برای تولید زنجیره‌های پلیمری با طول مناسب برای غلبه‌کردن بر نیروهای وان دروالس جاذبه بین ذرات، مناسب باشند. اگر زنجیره‌ها خیلی کوتاه باشند، مانع ضخیم مناسبی برای جلوگیری از تراکم ذره تولید نخواهند کرد اگر متوسط وزن مولکولی خیلی کم باشد نمونه پراکنده‌شده ناپایدار است و به افزایش گرانیروی و ازبین رفتن خواص مطلوب رنگ می‌انجامد. بنابراین وزن‌های مولکولی بسیار کم موجب ناپایداری پراکندگی می‌شوند. وقتی زنجیره‌ها بسیار بلند هستند، آنها دارای پتانسیل بالایی از ارتباط ذره-ذره هستند، علاوه بر این تمایل دارند روی خود تابخورند، که باعث لخته‌سازی است، بنابراین، وزن‌های مولکولی بسیار بالا عملکرد پراکندگی را کاهش می‌دهند. وزن مولکولی ترجیحی برای پراکنش‌گرهای پلیمری حالتی است که کمتر از ۲۰۰۰۰ g/mol باشند، در حالیکه پلیمرهای با وزن‌های مولکولی بالای ۱۰<sup>۶</sup> g/mol عمدتاً به‌عنوان توده‌کننده استفاده می‌شوند [۶].

## ۴- نتیجه‌گیری

تهیه مخلوط‌های جامد/مایع غلیظ با قابلیت سیالی و پراکندگی بالا، فرآیند کلیدی در برخی صنایع مصرف‌کننده رنگ‌ها، رنگدانه‌ها، پوشش‌های کاغذ، مرکب‌های چاپ، لوازم آرایش و غیره بوده است. پراکنش عبارت است از تبدیل ذرات خشک به ذرات پراکنده شده، با اندازه خیلی کوچک و به مقدار کافی پایدار. برای کاهش گرانیروی و افزایش سیالیت پراکندگی‌های بسیار غلیظ، باید از تجمع ذرات جامد جلوگیری شود و توده‌های موجود

## ۵- مراجع

۱. س. نیک سیرت، افزودنی‌ها در رنگ، ناشر: آبگین رایان. ۱۳۸۸.
۲. www.paarthapaint.com/paint/additive.php. 09:10:11 2013/05/11.
۳. D. Fu, S. Wu, X. He, J. Ni, "Preparation and property analysis of polyacrylate dispersant for calcium carbonate", Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 326, 122-128, 2008.
۴. www.inkline.gr/inkjet/newtech/tech/dispersion/wetting. 13:38:01 2013/01/12.
۵. J. Beetsma, "Pigment Dispersion and Stabilization", Special Chem. Apr 8, 2011.
۶. S. Farrokhpay, "A review of polymeric dispersant stabilisation of titania pigment", Ian Wark Research Institute, University of



16. www.afcona.com.my/ Dispersing Technology. pdf. 19:46:51 2013/04/23.
17. H. Mori, Axel H.E. Müller, "New polymeric architectures with (meth) acrylic acid segments", Prog. Polym. Sci. 28. 1403-1439. **2003**.
18. www.answers.com /topic/ branched-polymer. 17:43:11 2013 / 03/ 10.
19. D. Waldbillig, O. Kesler, "The effect of solids and dispersant loadings on the suspension viscosities and deposition rates of suspension plasma sprayed YSZ coatings", Surf. Coat. Tech. 203, 2098-2101, **2009**.
20. www.huntsman.com .15:51:23 2013/02/08.
21. J. D. Schofield, "Extending the boundaries of dispersant technology", Prog. Org. Coat. 45, 249-257, **2002**.
- Wark Research Institute, University of South Australia, Mawson Lakes, SA 5095 Australia. Prog. Color Colorants Coat. 3, 66-72, **2010**.
11. R. Suntako, P. Laoratanakul, N. Traiphol, "Effects of dispersant concentration and pH on properties of lead zirconate titanate aqueous suspension", Ceram. Int., 35, 1227-1233, **2009**.
12. H. J. Spinelli, "Polymeric Dispersants in Ink Jet Technology", Adv. Mater. 10, No. 15. **1998**.
13. N. Traiphol, R. Suntako, K. Chanthornthip, "Roles of polymeric dispersant charge density on lead zirconate titanate aqueous processing", Ceram. Int. 36, 2147-2153, **2010**.
14. http://depts.washington.edu/solgel/pages/courses/MSE\_502/Electrostatic\_Stabilization.html. 08:40:55 2013/02/06.
۱۵. س. م. کثیریها، ط. سمعی یکتا (دانشگاه صنعتی امیرکبیر). مواد افزودنی رنگ. ناشر: انجمن خوردگی ایران. ۱۳۸۴.