

کاربرد نانورنگدانه‌ها در صنعت کامپوزیت و پلیمر

سال انتشار: ۱۳۹۶

ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهرویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قزایلو report@nano.ir	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
تهیه‌کننده:	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
		صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴

۳	مقدمه
۳	ترکیبات رنگ
۳	رنگدانه
۴	تاریخچه رنگدانه‌ها
۵	تاریخچه صنعت رنگ در ایران
۵	انواع رنگدانه‌ها
۶	نانورنگدانه‌ها
۷	چالش نانورنگدانه‌ها
۷	کاربرد نانورنگدانه‌ها
۱۳	شرکت‌های ایرانی فعال در تولید نانورنگدانه
۱۳	شرکت‌های بین‌المللی تولیدکننده نانورنگدانه‌ها
۱۴	اقتصاد نانو رنگدانه‌ها در بازار جهانی
۱۵	خلاصه مدیریتی

مقدمه

رنگ هر ترکیب مایع، قابل تبدیل به مایع و یا ترکیبات بتونه‌ای است که پس از مالیده شدن بر روی سطوح به صورت غشا یا لایه‌ای سفت و جامد تبدیل شده و طیف خاصی به آن می‌دهد. به طور کلی از رنگ علاوه بر ایجاد زیبایی محیط، جهت حفاظت اشیاء در مقابل عوامل طبیعی و سببی از قبیل ضربه، خراش، ساییدگی، حلال‌ها، آب و هوای جوی و غیره استفاده می‌گردد و به ندرت دیده شده که سطح یک جسم را فقط با رنگ حفاظتی بپوشانند و از رنگ رویه تزئینی استفاده ننمایند.

صنعت رنگ‌سازی قدمت طولانی دارد. در ابتدا رنگ را از روغن‌های گیاهی با استفاده از آسیاب‌های سنگی و دستی جهت نرم کردن رنگ‌دانه‌ها تولید می‌کردند؛ اما امروزه با پیشرفت صنعت و فناوری، صنعت رنگ‌سازی پیشرفت شایانی نموده، به طوری که توانسته در میدان علم و صنعت جایی پر نفوذ برای خود باز نماید. به جرئت می‌توان گفت یکی از ارکان مهم هریک از تولیدات صنایع گوناگونی که به مصارف عمومی و خصوصی می‌رسند، صنعت رنگ‌سازی است.

قدمت رنگ به دوران ماقبل تاریخ می‌رسد؛ اما هزینه آن‌ها تا مدت‌ها بسیار گران بود و در نتیجه به طور عمده برای آثار هنری استفاده می‌شد. تقریباً پس از قرن نوزدهم بود که از رنگ برای نقاشی خانه‌ها استفاده شد. امروزه از رنگ برای رنگ‌آمیزی و حفاظت بسیاری از سطوح از جمله خانه، اتومبیل، نشانه‌گذاری در جاده‌ها و بسیاری هدف‌های دیگر استفاده می‌شود که هریک از این برنامه‌ها به نوع خاصی از رنگ نیاز دارد.

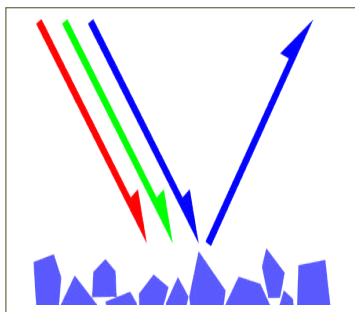
ترکیبات رنگ

اصلی‌ترین اجزای رنگ شامل رزین‌ها^۱، افزودنی‌ها^۲ و رنگ‌دانه‌ها هستند. رزین‌ها شامل چسب‌ها^۳ و حلال‌ها^۴ است. رزین یکی از اصلی‌ترین اجزای تشکیل دهنده رنگ است و خواص رنگ نهایی تا حد زیادی به آن بستگی دارد. عملکرد چسب این است که از سطح و اجزای درون لایه نازک حفاظت کند؛ همچنین باعث توزیع یکنواخت رزین، مواد، رنگ‌دانه و غیره شده و به شدت بر خواص کلیدی مانند درخشانی، دوام، انعطاف‌پذیری و چقرمگی تأثیر می‌گذارد. چسب را می‌توان از یک یا چند نوع رزین یا سیستم پلیمری یا سیستم‌های رزین مصنوعی یا طبیعی ساخت. افزودنی‌ها طیف گسترده‌ای از مواد هستند که اضافه کردن مقداری اندک از آن‌ها به ترکیب می‌تواند اثرات قابل توجهی بر محصول نهایی بگذارد. افزایش کشش سطحی، بهبود ظاهر نهایی، بهبود ثبات رنگ‌دانه، افزایش خواص ضد یخ، بهبود چسبندگی و ... از جمله خواص انواع افزودنی‌هاست.

رنگ‌دانه

رنگ‌دانه^۵ ماده‌ای است که رنگ نور بازتابی یا انتقالی را در اثر جذب طول موج انتخابی تغییر می‌دهد. این فرایند از آن چیزی که به نام فرایند فیزیکی از فلئوئورسانس، فسفرسانس و دیگر اشکال لومینسانس (که ماده نور را ساطع می‌کند) می‌شناسیم، متفاوت است. بسیاری مواد طول موج‌های خاصی از نور را به طور انتخابی جذب می‌کنند. موادی که انسان‌ها به عنوان رنگ‌دانه انتخاب و برای خواص ویژه‌ای توسعه داده‌اند، عموماً برای رنگ‌آمیزی مواد دیگر مناسب هستند. یک رنگ‌دانه باید مقاومت رنگی متناسب با ماده‌ای که آن را رنگ می‌کند داشته و در دمای محیط پایدار باشد.

برای کاربردهای صنعتی و همچنین هنری تداوم ثبات خواص دارای اهمیت است. رنگ‌دانه‌هایی که دائمی



شکل ۱. تعداد زیادی از طول موج‌ها (رنگ‌ها) با یک پیگمنت برخورد می‌کنند. این پیگمنت نور قرمز و سبز را به خود جذب کرده ولی نور آبی را منعکس می‌کند و سبب ایجاد رنگ آبی می‌شود.

نیستند، رنگ دانه‌های فرار نامیده می‌شوند. رنگ دانه‌های فرار در طول زمان و یا با قرار گرفتن در معرض نور محو می‌شوند. تا جایی که نهایتاً رنگ آن‌ها رو به سیاهی می‌زند. رنگ دانه‌ها برای رنگ آمیزی رنگ، جوهر، پلاستیک، پارچه، لوازم آرایشی، مواد غذایی و مواد دیگر بکار می‌روند. رنگ دانه‌ها همان رنگی را ایجاد می‌کنند که خودشان دارند. چراکه آن‌ها به صورت انتخابی طول موج‌های معینی از نور مرئی را جذب و منعکس می‌نمایند. ترکیب طیف کامل نور مرئی با طول موجی از ۳۷۵ تا ۴۰۰ نانومترالی ۷۶۰ یا ۷۸۰ نانومتر، با نور سفید تقریباً برابری می‌کند. وقتی که این نور با یک پیگمنت برخورد می‌کند، قسمت‌هایی از طیف توسط پیوند‌های شیمیایی سیستم‌های کوئزوگه^۱ و دیگر اجزای

پیگمنت جذب می‌شود؛ برخی دیگر از طول موج‌ها یا قسمت‌هایی از طیف، منعکس و یا پخش می‌شود. بیشتر رنگ دانه‌ها، ترکیب انتقال بار محسوب می‌شوند. مثل ترکیبات فلز واسطه با باند جذبی وسیع که بیشتر رنگ‌های نور سفید تابشی را کسر می‌کنند. طیف جدید منعکس شده ظاهری رنگ را به وجود می‌آورد. رنگ دانه‌ها برخلاف مواد فلورسنت یا فسفرسنت، می‌توانند فقط طول موج‌ها را از نور منبع کسر نموده و هرگز مورد دیگری به آن اضافه نمی‌کنند.

ظاهر رنگ دانه‌ها به رنگ نور منبع نزدیک است. نور خورشید از دمای رنگ بالا و طیف نسبتاً پکناختی برخوردار است و معیار استاندارد برای نور سفید محسوب می‌شود. منابع نور مصنوعی تمایل زیادی برای دستیابی به پیک عالی در برخی قسمت‌های طیف خود و همچنین شیاری عمیق دارند. با مشاهده این شرایط، رنگ دانه‌ها در رنگ‌های متفاوتی ظاهر می‌گردند.

تاریخچه رنگ دانه‌ها

■ در دوران ماقبل تاریخ، از پیگمنت‌هایی که به صورت طبیعی به وجود می‌آیند مثل اخراپی و اکسید آهن، به عنوان مواد رنگ دار (کلرانت) استفاده می‌نمودند. باستان شناسان حقایقی را آشکار نموده‌اند که نشان می‌دهد انسان‌های اولیه از رنگ برای اهداف زیبایی همچون نقاشی بدن استفاده می‌نمودند. وجود تجهیزات سایش رنگ و رنگ دانه به ۳۵۰۰۰۰ الی ۴۰۰۰۰۰ سال قبل بازمی‌گردد که شواهد آن در غاری در Twin Rivers حوالی لوساکا، زامبیا گزارش شده است.

■ قبل از انقلاب صنعتی، محدوده رنگی موجود برای هنر و مصارف تزئینی، از لحاظ فنی محدود بود. بیشتر رنگ دانه‌های مورد استفاده، رنگ دانه‌های معدنی یا رنگ دانه‌هایی با اصالت زیستی بوده است. رنگ دانه‌های حاصل از منابع غیر معمول مثل مواد گیاهی، ضایعات حیوانی، حشرات و نرم‌تنان، در فواصل طولانی برداشت و تجارت می‌شد. هزینه استفاده بعضی از این رنگ‌ها گران بوده یا امکان مخلوط نمودن آن‌ها با طیفی از رنگ دانه‌های موجود امکان پذیر نبوده است. رنگ آبی و بنفش به خاطر هزینه‌هایی که داشت، توسط



شکل ۲. دختری با گوشواره مروارید اثر یوهانس فرمیر (۱۶۶۵).

خانواده‌های سلطنتی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

■ رنگ‌دانه‌های معدنی در مسافت‌های طولانی نیز دادوستد می‌شد. تنها راه به دست آوردن رنگ آبی بسیار تیره و غنی از رنگ، استفاده از سنگ نیمه قیمتی لاجورد بود تا بتوان رنگ‌دانه‌ای بنام سرمه‌ای به وجود آورد و بهترین منابع دستیابی به لاجورد دور از دسترس بود.

■ با فتح امپراتوری جدید توسط اسپانیا در قرن ۱۶، رنگ‌دانه‌ها و رنگ‌های جدیدی به مردم هردو طرف اقیانوس اطلس معرفی شد. کارمین، رنگ‌دانه‌ای است که از یک حشره انگلی در آمریکای مرکزی و جنوبی به وجود می‌آید

که در اروپا از ارزش و موقعیت ویژه‌ای برخوردار شد. کارمین، از برداشت، خشک نمودن و خرد کردن حشره قرمز دانه مکزیکی به دست می‌آید. بدین سبب کارمین در رنگ‌زنی پارچه، رنگ مواد غذایی، رنگ بدن، یا به فرم رنگ دانه دریاچه‌ای، تقریباً در هر نوع از رنگ یا لوازم آرایشی، استفاده می‌شد و هنوز هم می‌شود.

■ درحالی‌که کارمین در اروپا محبوب بود، رنگ آبی هنوز هم به عنوان یک رنگ منحصر به فرد و نشان قدرت و ثروت باقی ماند. استاد هلندی «یوهانس فرمیر» اغلب در نقاشی‌های چشمگیر خود از سنگ لاجورد به همراه کارمین و زرد هندی به وفور استفاده می‌نمود.

تاریخچه صنعت رنگ در ایران

برای تاریخچه این صنعت در ایران باید به سال‌های ۱۳۰۰ خورشیدی بازگردیم؛ زمانی که هیچ خط تولید داخلی برای رنگ و نقاشان حرفه‌ای وجود نداشت؛ بنابراین برای ساخت رنگ از روغن‌های گیاهی و پودرهای معدنی به روش‌های سنتی و دستی استفاده می‌شد. از این رنگ‌ها عمدتاً برای رنگ کردن کاخ‌ها یا ساختمان‌های دولتی استفاده می‌شد. اولین کارخانه رنگ، «شرکت رنگ‌سازی ایران» (شرکت تولیدی رنگ ایران) نام داشت که در سال ۱۳۰۰ تأسیس شد. بعدها دو شرکت رنگ بهنام‌های سرو و شمس که به تولید رنگ‌های روغنی با روغن‌های گیاهی و پودرهای معدنی می‌پرداختند نیز تأسیس شد.

امروزه تعداد واحدهای تولیدی رنگ به میزان قابل توجهی افزایش یافته‌اند به طوری که تعداد ۳۵۰ کارخانه تولیدی رنگ مجاز با مجموع ظرفیت ۹۰۰،۰۰۰ تن در انواع مختلف از جمله رنگ‌های تزئینی و صنعتی وجود دارد. همچنین صنعت رزین ایران شامل بیش از ۱۲۰ واحد صنعتی با مجموع ظرفیت ۷۵۰،۰۰۰ تن در سال است. این واحدها تولیدکننده انواع رزین‌های آلکیدی و انواع اصلاح شده آن، رزین‌های آمینه، انواع مختلفی از پلی استر غیر اشباع، رزین‌های اکریلیک و انواع خاصی از رزین‌های فنولیک هستند.

انواع رنگ‌دانه‌ها

رنگ‌دانه‌ها به دو گروه رنگ‌دانه‌های آلی و رنگ‌دانه‌های معدنی تقسیم می‌شوند. رنگ‌دانه‌های آلی از ترکیبات کربنی تشکیل شده‌اند. نمونه‌هایی از رنگ‌دانه‌های آلی مصنوعی عبارت‌اند از: آلیزارین^۷، رنگ‌دانه‌های آزو^۸ (زرد،



آلیزارین

آزو نارنجی

آزو قرمز

آزو زرد



فتالوسیانین سبز

فتالوسیانین آبی

کیناکریدون

➤ شکل ۳. نمونه‌هایی از رنگ‌دانه‌های آلی مصنوعی

نارنجی و طیف رنگی قرمز، فتالوسیانین^۴ (محدوده رنگ آبی و سبز) و کیناکریدون^۵ (رنگ‌دانه‌ای مقاوم در برابر نور قرمز-بنفش).

رنگ‌دانه‌های معدنی (به‌دست آمده از ترکیبات معدنی)، ترکیبات فلزی مانند اکسیدها هستند. در مقایسه با رنگ‌دانه‌های آلی، رنگ‌دانه‌های معدنی از تعداد کمتری برخوردار هستند. نمونه‌هایی از رنگ‌دانه‌های معدنی مصنوعی عبارت‌اند از: کادمیوم زرد^۶ / نارنجی / قرمز، کبالت آبی^۷ و تیتانیوم سفید^۸.



کادمیوم زرد

کادمیوم قرمز

کبالت آبی

کادمیوم نارنجی

تیتانیوم سفید

➤ شکل ۴. نمونه‌هایی از رنگ‌دانه‌های معدنی مصنوعی

نانورنگدانه‌ها

نانورنگ‌دانه‌ها ذراتی آلی یا معدنی با اندازه‌ای کمتر از ۱۰۰ نانومتر، نامحلول و ازلحاظ شیمیایی و فیزیکی هستند که بر بافت‌ها یا زیرلایه‌هایی اثر هستند. نانورنگدانه‌ها یا رنگ‌دانه‌های هوشمند، نسبت به رنگ‌دانه‌های معمولی خوش‌رنگ‌تر^۹ هستند و قابلیت اعمال / چاپ روی هر سطحی را دارند؛ در مقابل مواد سفیدکننده شیمیایی مقاوم بوده و کمتر سمی هستند. علاوه بر این، نانورنگدانه‌ها مقاومت بسیار بالای حرارتی دارند و می‌توانند در تولید بارکدها و برچسب‌ها ترکیب شوند.

چالش نانورنگدانه‌ها

نانورنگدانه‌ها امکان فرموله کردن پوشش‌های شفاف با مقاومت جوی مناسب را فراهم می‌کند؛ از آنجایی که به هر حال پرکننده‌ها هنوز هم می‌توانند پرتوی UV نور را جذب کنند، بزرگ‌ترین چالش نانورنگدانه‌ها، ذرات ریز پودره‌است که سطح ویژه بالاتری دارند و به دلیل این ویژگی توانایی مخلوط کردنشان کاهش می‌یابد و باعث تشکیل آگلومره‌ای ذرات می‌شود.

کاربرد نانورنگدانه‌ها

نانورنگدانه‌ها در صنایع مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شامل صنعت لوازم آرایشی مانند لوسیون‌های ضد آفتاب، کرم صورت، رنگ مو...، صفحه نمایش‌های نانورنگ‌دانه‌ای^{۱۵} مانند صفحه نمایش‌های فسفر^{۱۶}، صفحه نمایش‌های کریستال مایع^{۱۷}، رنگ دانه‌های معدنی مانند دی‌اکسید تیتانیوم^{۱۸}، اکسید روی^{۱۹}، دی‌اکسید سیلیکون^{۲۰} و اکسید منیزیم^{۲۱} در صنایع پلاستیک و لاستیک استفاده می‌شود. صنعت رنگ و کامپوزیت و پلیمر نیز از دیگر مصرف‌کنندگان نانورنگدانه‌ها می‌باشند.

۸ صنعت خودرو

به تازگی شرکت‌های BASF و Landa nano با همکاری یکدیگر و استفاده از نانورنگدانه‌ها که عموماً برای چاپ استفاده می‌شوند- موفق به توسعه و معرفی نسل جدیدی از رنگ دانه‌ها با کیفیت بسیار بالا شدند که مناسب برای استفاده در مرحله نهایی پوشش خودرو است. ذرات بسیار ریز و کوچک تر موجب تولید پوششی با کیفیت‌تر، نازک‌تر و با یکپارختی بیشتر شده است.

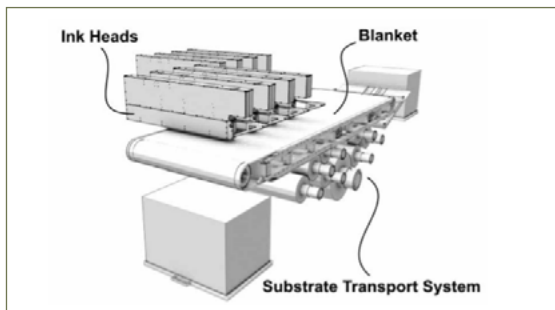


« شکل ۵. نانورنگ دانه‌هایی تولید شده‌اند که برای استفاده در مرحله نهایی پوشش خودرو مناسب‌اند.

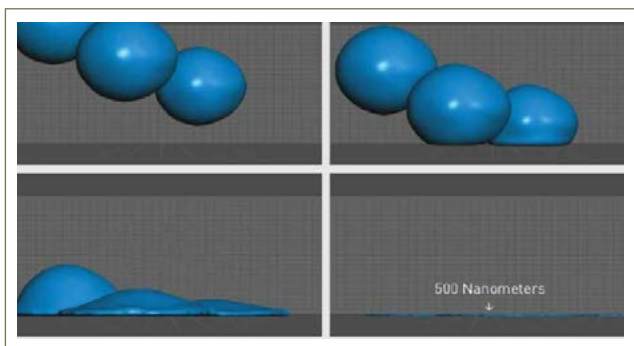
۲ صنعت چاپ

فرایند چاپ نانوگرافیک فناوری نوینی است که نوع جدیدی از چاپ را ارائه می‌دهد. این فناوری شامل یک فرایند چاپ منحصربه‌فرد با نانوجوهرهای Landa و یک بستر انتقال است. این فرایند با جهش میلیاردها قطره آغاز می‌شود؛ اما نه آن طور که در چاپ سنتی این قطرات بر روی بستر می‌نشینند. در عوض آن‌ها بر روی لایه‌ای از جوهر که بر روی میله چاپ نصب شده و در فاصله ۱ تا ۲ میلی‌متر دورتر قرار گرفته است، تزریق می‌شود. هر نوار چاپ رنگ خاصی را چاپ می‌کند. چاپ پرسبی نانوگرافیک Landa به هشت میله چاپ مجهز است و بنابراین قادر به چاپ تا هشت رنگ مختلف به طور هم‌زمان است. پیکربندی با هشت نوار این اجازه را می‌دهد

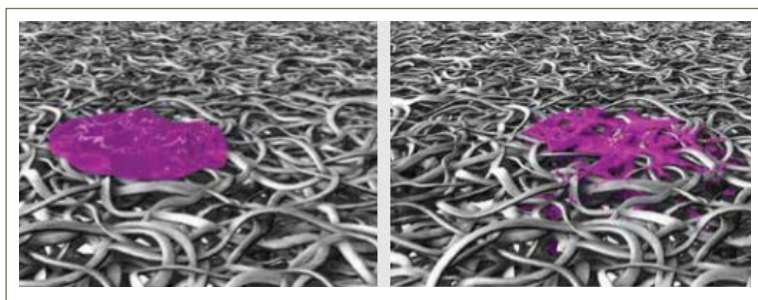
تا دو میله برای هر رنگ وجود داشته باشد ضمن آنکه کیفیت چاپ به مراتب بهتری شود، سرعت چاپ نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۶. شماتیکی از دستگاه چاپ نانوگرافیک لاندرا.



شکل ۷. نشست قطرات جوهر بر روی بستر.



شکل ۸. سمت چپ قطره نانو جوهر لاندرا در مقایسه با (سمت راست) تزریق قطره جوهر روی کاغذ.

هنگامی که جوهر با بستر چاپ در تماس قرار گرفت، این لایه نازک از جوهر فشرده که ضخامت آن ۵۰۰ نانومتر است، بلافاصله به بستر نفوذ می‌کند. تصاویر شکل گرفته بسیار سخت، مقاوم در برابر سایش، بدون نیاز به خشک کردن هستند و هیچ گونه اثری روی بستر قبلی خود باقی نمی‌گذارند. نانورنگ دانه‌های معدنی شرکت Jetcolour بسیار ظریف و باثبات بوده و می‌توانند با شفافیت بالایی که دارند به عنوان پوشش‌های مختلف استفاده شوند. در جدول ۱ برخی از این کاربردها را می‌بینید.

جدول ۱. نانوپراکندگی رنگ دانه‌های غیرآلی

نام محصول	رنگ	میزان رنگ دانه	سایز هر ذره	کاربرد	مزایا	معایب
نانوپخش شده ^{۲۲} دی اکسید تیتانیوم ^{۲۳}	سفید	۴۰٪	>۱۰۰ نانومتر	رنگ‌های صنعتی و پوشش‌ها محصولات ضد آفتاب پوشش‌های ضد بازتاب جوهرهای چاپ	استحکام بالا، بسیار کدر، ارزان، مقاوم در برابر اشعه UV	تشکیل ترکیبات رادیکال می‌دهد که اثر نامطلوب بر سایر ترکیبات دارد.
نانوپخش شده کربن سیاه ^{۲۴}	سیاه	۲۰٪	>۱۰۰ نانومتر	رنگ‌های صنعتی، رنگ‌های خودرو، پوشش چوب، جوهرهای چاپ	استحکام بالا، رنگ خوب، مقاوم در برابر نور آب و هوا	ضخامت رنگ
نانوپخش شده اکسید آهن قرمز ^{۲۵}	قرمز	۴۰٪	>۱۰۰ نانومتر	رنگ‌ها و پوشش‌های صنعتی، رنگ‌های خودرو، رنگ‌های متالیک، پوشش چوب، معماری، اسپری‌های رنگ، آب رنگ‌ها، لوازم آرایش	مقاوم در برابر نور و هوا، غیر واکنشی	قادر به تولید سایه‌های شفاف نیست

نانوپخش شده اکسید آهن زرد ^{۲۶}	زرد	۴۰٪	>۱۰۰ نانومتر	رنگ‌ها و پوشش‌های صنعتی، رنگ‌های خودرو، رنگ‌های متالیک، پوشش‌های چوب، پوشش‌های معماری، اسپری‌های رنگ، آب رنگ‌ها، لوازم آرایش	مقاوم در برابر نور و هوا، غیر واکنشی	قادر به تولید سایه‌های شفاف نیست
نانوپخش شده اکسید آهن سبز ^{۲۷}	سبز	۴۰٪	>۱۰۰ نانومتر	رنگ‌ها و پوشش‌های صنعتی، رنگ‌های خودرو، رنگ‌های متالیک، پوشش‌های چوب، پوشش‌های معماری، اسپری‌های رنگ، آب رنگ‌ها، لوازم آرایش	مقاوم در برابر نور و هوا، غیر واکنشی	قادر به تولید سایه‌های شفاف نیست
نانوپخش شده اکسید آهن قهوه‌ای ^{۲۸}	قهوه‌ای	۴۰٪	>۱۰۰ نانومتر	رنگ‌ها و پوشش‌های صنعتی، رنگ‌های خودرو، رنگ‌های متالیک، پوشش‌های چوب، پوشش‌های معماری، اسپری‌های رنگ، آب رنگ‌ها، لوازم آرایش	مقاوم در برابر نور و هوا، غیر واکنشی	قادر به تولید سایه‌های شفاف نیست

همچنین رنگ دانه های آلی شرکت Jetcolour نانورنگ دانه هایی با کارایی فوق العاده مطلوب هستند. این رنگ دانه ها به دلیل توزیع بسیار خوب ذرات می توانند در تولید جوهر دیجیتال، پوشش های صنعتی، جوهرهای چاپ بسته بندی، رنگ های اسپری الکترونیکی، رنگ های الکتروفورسز^{۲۹}، پوشش های فیلم پلاستیکی، پوشش های خطی فیلم ها و کاغذها و ... استفاده شوند.

جدول ۲. نانوپراکندگی رنگ دانه های آلی

نام محصول	رنگ	میزان رنگ دانه	سایز هر ذره	کاربرد
نانورنگ دانه قرمز	رنگ دانه قرمز ۱۲۲	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	جوهرهای دیجیتال، پوشش های صنعتی، اسپری های رنگ، رنگ های الکتروفورسز، رنگ خودرو، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگ دانه قرمز	رنگ دانه قرمز ۱۴۶	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	جوهرهای دیجیتال، پوشش های صنعتی، اسپری های رنگ، رنگ های الکتروفورسز، رنگ خودرو، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگ دانه قرمز	رنگ دانه قرمز ۱۷۹	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	پوشش های صنعتی، اسپری رنگ، پوشش لایه های پلاستیکی، رنگ های الکتروفورسز، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگ دانه قرمز	رنگ دانه قرمز ۲۰۲	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	جوهرهای دیجیتال، پوشش های صنعتی، اسپری های رنگ، رنگ های الکتروفورسز، رنگ خودرو، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگ دانه زرد	رنگ دانه زرد ۲۶۴	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	جوهرهای دیجیتال، پوشش های صنعتی، اسپری های رنگ، رنگ های الکتروفورسز، رنگ خودرو، جوهرهای چاپ و ...

نام محصول	رنگ	میزان رنگدانه	سایز هر ذره	کاربرد
نانورنگدانه زرد	رنگدانه زرد ۱۸۰	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	جوهرهای تزریقی چاپ، پوشش های صنعتی، رنگ ها، پوشش خطی لایه ها ^۳ ، رنگ ها، رنگ های الکتروفورسیز و ...
نانورنگدانه آبی	رنگدانه آبی ۱۵:۳	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	پوشش های صنعتی، رنگ های الکتروفورسیز، پوشش های لایه پلاستیک، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگدانه آبی	رنگدانه آبی ۱۵:۴	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	پوشش های صنعتی، رنگ های الکتروفورسیز، پوشش های لایه خطی، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگدانه آبی	رنگدانه آبی ۶۰	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	پوشش های صنعتی، رنگ خودرو، رنگ های الکتروفورسیز و ...
نانورنگدانه سبز	رنگدانه سبز ۷	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	پوشش های صنعتی، پوشش های لایه خطی، رنگ خودرو، رنگ های الکتروفورسیز، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگدانه بنفش	رنگدانه بنفش ۱۹	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	پوشش های صنعتی، پوشش های لایه خطی، رنگ خودرو، رنگ های الکتروفورسیز، جوهرهای چاپ و ...
نانورنگدانه بنفش	رنگدانه بنفش ۲۳	%۲۰	>۱۰۰ نانومتر	پوشش های صنعتی، پوشش های لایه خطی، رنگ خودرو، رنگ های الکتروفورسیز، جوهرهای چاپ و

شرکت‌های ایرانی فعال در تولید نانورنگدانه

■ شرکت رنگدانه سیرجان



از جمله شرکت‌های فعال در زمینه تولید رنگدانه می‌توان به شرکت رنگدانه سیرجان اشاره کرد. این شرکت تولیدکننده مستریج و افزودنی، کامپاند های نانو صنعتی و بهداشتی و نخ و الیاف با مقاومت و مدول بالا بوده و دارای گواهینامه موسسه استاندارد، پارک علم و فناوری (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری) و در حال دریافت گواهینامه دانش بنیان (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری) نانومقیاس (ستاد ویژه توسعه فناوری) نیز است.

■ شرکت نانورنگدانه شریف



با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام شده توسط تیم فن آور این شرکت، فعالیت‌ها متمرکز در تولید مواد نانویی گردید که در ابتدا تولید نانوذرات کلوئیدی سیلیس و سپس نانوذرات نقره مدنظر قرار گرفت و در ادامه تولید، نانو پلیمر کامپوزیتی آنتی باکتریال و چندین محصول دیگر به تولید آزمایشگاهی رسید.

■ نیلگون رنگدانه زنجان



خاصیت رنگ دهی بالا (سه برابر بیشتر از نمونه های معمولی)، کاهش هزینه، افزایش راندمان واکنش و خواص نوری و پوشش سطحی با کیفیت بالا از مزایای این رنگدانه ها است. با توجه به بررسی های میدانی، مهم ترین چالش در حوزه خمیرهای پیگمنت صنعت رنگ، رنگدانه های با کیفیت مرغوب است. این نانورنگدانه می تواند تا دمای ۲۵۰ درجه و بالاتر پایدار باشد

و این در حالی است که رنگ های خارجی در دمای بیش از ۲۰۰ درجه از بین می روند. نانورنگدانه های تولیدی شرکت نیلگون رنگدانه زنجان به دلیل بهره گیری از جدیدترین فناوری های تولید رنگدانه، پاسخگوی نیاز شرکت های داخلی خواهد بود و امکان صادرات آن در گام های بعدی نیز وجود دارد.

شرکت های بین المللی تولیدکننده نانورنگدانه ها

برخی از معروف ترین شرکت های تولیدکننده نانورنگدانه در جهان عبارت اند از:

■ Lanxess AG (Germany)



یکی از شرکت های پیشرو در صنایع شیمیایی با فروش ۷/۷ میلیارد یورو در سال ۲۰۱۶ است. دارای ۱۹۲۰۰ کارمند در ۲۵ کشور دنیا و دارای نمایندگی فروش در ۷۵ سایت تولید در سراسر جهان است. کسب و کار اصلی LANXESS

توسعه، تولید و بازاریابی از مواد شیمیایی مواد اولیه، مواد افزودنی، مواد شیمیایی خاص و پلاستیک است.

■ BASF SE (Germany)



این شرکت که از سال ۱۸۶۵ آغاز به فعالیت کرده است، یکی دیگر از شرکت‌های فعال در زمینه تولید رنگدانه‌هاست و با داشتن ۱۱۴۰۰۰ کارمند در همه بخش‌ها و اکثر نقاط دنیا قادر به پاسخگویی نیاز مشتریان خود است. این شرکت با همراهی شرکت Landa Labs موفق به تولید نانو رنگدانه برای اتومبیل شده است.

■ Leuchtstoffwerk (Germany)



این کمپانی از سال ۱۹۴۸ آغاز به کار کرد. این کمپانی در حال حاضر به تولید فسفر، انواع رنگدانه و برخی مواد شیمیایی می‌پردازد. از جمله آن‌ها می‌توان به نانو کریستال‌های ATO یا اکسید قلع آنتیموان^{۳۱} اشاره کرد. این پوشش شفاف را می‌توان برای ضد گردوغبار کردن سطوح استفاده نمود.

■ Landanano



این شرکت در سال ۱۹۹۳ توسط بنی لانداندر حالی تأسیس شد که پیش از آن بنی لاندان اولین چاپگر دیجیتال را راه‌اندازی کرده بود. در سال ۲۰۰۲ این شرکت تصمیم گرفت با بهره‌گیری از فناوری نانو تأسیسات خود را گسترش دهد. در مدت تحقیقات برای این فرآیند، به این نتیجه رسید که نانورنگدانه‌ها می‌توانند صنعت چاپ را با تحولی عظیم روبرو کند. در حال حاضر یکی از خطوط تولید این شرکت به چاپگرهای نانوگرافیک تعلق دارد.

اقتصاد نانو رنگدانه‌ها در بازار جهانی

در میان انواع نانورنگدانه‌های معدنی یا مصنوعی، نانورنگدانه اکسید آهن در انواع رنگ‌ها، سهم قابل توجهی دارد. این رنگدانه به‌طور طبیعی در سنگ معدن یافت می‌شود و به‌صورت مصنوعی هم قابل تهیه است. رنگدانه اکسید آهن در صنعت رنگ، صنعت ساخت و ساز، صنعت پلاستیک، صنعت کاغذ و... استفاده می‌شوند. مصرف جهانی رنگدانه‌های اکسید آهن طی چند سال گذشته اخیر رشد پایدار بوده و پیش‌بینی شده است این رشد در پنج سال آینده به دلیل افزایش صنعت ساخت و ساز به مقیاس بسیار بالایی برسد. نانورنگدانه دی اکسید تیتانیوم نیز یکی دیگر از نانورنگدانه‌های معدنی و قابل استفاده در صنایع مختلف است و خواص فیزیوشیمیایی عالی در کاربردهای مختلف از خود نشان داده است. این نانوماده در مقادیر کوچک برای بهبود عملکرد و در مرحله نهایی به محصول اضافه می‌شود. با این حال عواملی مثل سمیت در غلظت بالاتر می‌تواند در رشد بازار آن تأثیرگذار باشد؛ اما با توجه به خواص منحصر به فرد آن تقاضا برای این ماده در بازار رو به رشد است. آسیا و اقیانوسیه دارای یکی از جذاب‌ترین بازارها برای این ماده است و در صناعی

چون رنگ‌ها و پوشش‌ها، لوازم آرایشی و پلاستیک استفاده می‌شود. تحقیقات در سال ۲۰۱۵ نشان داد بیشترین استفاده نانورنگدانه اکسید تیتانیوم مربوط به بخش لوازم آرایش و دارای ۳۳٫۹ درصد بازار بوده است. بازار جهانی نانورنگدانه اکسید روی در سال ۲۰۱۵ ارزشی بالغ بر ۲/۰۹۹ میلیون دلار داشت و تخمین زده می‌شود این میزان تا سال ۲۰۲۲ به میزان ۷/۶۷۷ میلیون دلار برسد. نانورنگدانه اکسید روی، خواصی چون ضد میکروبی، ضد خوردگی، کاتالستی و مقاوم به پرتوی فرابنفش است. این خواص باعث شده این نانورنگدانه اغلب در انواع رنگ‌ها و پوشش‌ها، لوازم آرایشی، لوازم مورد استفاده در خانه، البسه پزشکی و... استفاده شود. به‌طور کلی بخش عظیمی از اقتصاد نانورنگدانه‌ها مربوط به صنعت لوازم آرایشی می‌شود. این بخش شامل انواع لوازم آرایشی برای صورت، رنگ مو، لاک ناخن و... است. اقتصاد نانورنگدانه‌ها بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۱ رشد ارزشی ۷/۶ درصد خواهد داشت که تا پایان سال ۲۰۲۱ مبلغی بالغ بر ۱۱/۵۷ میلیون دلار خواهد بود.



خلاصه مدیریتی

در سال‌های اخیر حل مشکلات صنایع رنگ و رزین، به عنوان یکی از صنایع مهم کشور، مورد توجه فناوران و شرکت‌های دانش بنیان قرار گرفته است. از سوی دیگر فناوری نانو، به عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی قرن بیست و یکم به عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود فرایندها و ارتقای عملکرد قطعات و تجهیزات در این صنعت خواهد بود. از آنجایی که استفاده از رنگ‌ها در تمام صنایع و برای مصارف گوناگون به کار می‌رود، به کار بردن رنگ‌هایی که در ساختار آن‌ها از نانورنگدانه (به جای رنگ دانه‌های معمولی) استفاده شده است، می‌تواند کمک شایانی به دوام تجهیزات و قطعات کند ضمن آنکه صرف هزینه کمتری را نیز در پی خواهد داشت. در این گزارش سعی شده تا با نگاهی به فناوری نانو بتوان مشکلات ناشی از رنگ‌های معمولی را مرور نمود و برای آن‌ها راهکاری مبتنی بر فناوری نانو ارائه داد.

پی‌نوشت‌ها

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| ۱ resin | ۱۸ TiO ₂ |
| ۲ Additives | ۱۹ ZnO |
| ۳ Binders | ۲۰ SiO ₂ |
| ۴ Solvents | ۲۱ MgO |
| ۵ Pigments | ۲۲ Nano Dispersed |
| ۶ conjugated systems | ۲۳ TiO ₂ |
| ۷ alizarin | ۲۴ Carbon Black |
| ۸ azo-pigments | ۲۵ Iron Oxide Red |
| ۹ phthalocyanine | ۲۶ Iron Oxide Yellow |
| ۱۰ quinacridone | ۲۷ Iron Oxide Green |
| ۱۱ cadmium yellow | ۲۸ Iron Oxide Brown |
| ۱۲ cobalt blue | ۲۹ electrophoresis paints |
| ۱۳ titanium white | ۳۰ film liner coatings |
| ۱۴ Tunable color | ۳۱ Antimony Tin Oxide |
| ۱۵ Nano-pigment Screen | |
| ۱۶ Phosphorus screen | |
| ۱۷ LCD | |

مراجع

- ۱ https://en.wikipedia.org/wiki/Paint#Pigment_and_filler
- ۲ <https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B1%D9%86%DA%AF%D8%AF%D8%A7%D9%86%D9%87>
- ۳ <https://www.royaltalens.com/information/a-guide-to-pigments/types-of-pigments/>
- ۴ http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pigment-market-143004566.html?gclid=CjsKDwjw6qnJBRDpoonDwLSeZhIkAlpTR8LFQ4MF0NhiMLrTxuOQHdK5EE dK0LN0ZQyJEI7VRMYOGgKzf_D_BwE
- ۵ https://www.basf.com/documents/corp/en/news-and-media/news-releases/2017/04/P168e_Joint-PR_BASF_Strategic_Partnership.pdf
- ۶ <http://www.micromarketmonitor.com/market-report/iron-oxide-pigments-reports-6162602525.html>
- ۷ http://www.academia.edu/17537447/A_Review_on_Application_of_Nano_pigments_in_General_Coating_Industry
- ۸ <http://www.genkychem.com/prointroe.html>