

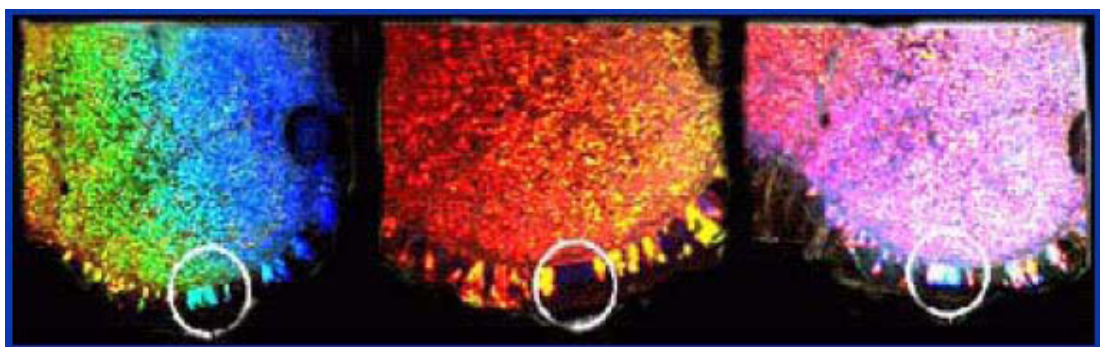
نمونه‌هایی از پوشش‌دهی رنگ در صنایع خودرو

مهندس مهناز کرباسی - دانشگاه علوم و تحقیقات - دانشکده‌ی مهندسی مواد

• درآمدی بر پوشش‌های پودری:

پوشش‌های پودری شامل رنگدانه‌ها و افزودنی‌های پخش شده در یک بایندر تشکیل دهنده فیلم (رزین و عامل پخت) هستند که به‌صورت پودرهای ریز تولید می‌شوند. چنین پودرهایی با یک تفنگ الکترواستاتیک بر روی سطوح مورد نظر پاشش می‌گردند. ذرات پودر در تفنگ باردار شده و لایه نازک چسبناکی را روی سطح مورد نظر تشکیل می‌دهند و پس از عبور از یک کوره در اثر حرارت، ذرات پودری ذوب شده و پس از ایجاد چسبندگی و باند عرضی یک پوشش سخت، بادوام و غیرقابل انحلال را ارائه می‌دهند. لغت پوشش پودری به هر دو پوشش پخت شده و حالت پودری اطلاق می‌شود و هیچ‌گونه ابهامی در به‌کار بردن آن وجود ندارد ولی ترم پودر پوششی فقط برای حالت پودری استفاده می‌شود.

پوشش‌ها: فلزات نانو ساختار می‌توانند پوشش‌های بسیار سختی ایجاد کنند که در برابر خوردگی مقاوم بوده و از آن‌ها در تجهیزاتمانند تیغه‌ی بلدوزرها و سرمته‌های حفاری و یا اسکلت‌های فلزی پل و ساختمان‌ها استفاده نمود که فلزات نانو ساختار نور را در طول موج‌های مختلفی پراکنده می‌کنند.



شکل ۱- فلزات نانو ساختار نور را در طول موج‌های مختلفی پراکنده می‌کنند که همین باعث می

شود تا در رنگ‌های مختلفی به نظر برسند.

• مشخصه‌های پوشش‌های خودرو:

پوشش‌دهی خودرو، یکی از پیچیده‌ترین و گران‌قیمت‌ترین گام‌ها در تولید خودرو است. این گام شامل ساخت چندین لایه نازک از پوشش‌های پلیمری در سطح وسایل نقلیه است که از طریق اسپری رنگ و curing چند مرحله‌ای با تغییرات دینامیکی محیط است. در روش‌های سنتی، کنترل کیفیت بعد از پایان مراحل است و تنظیم مراحل کار فقط از روی تجربه است بنابراین این روش خیلی قابل اعتماد نیست.

در ساخت پوشش‌های اتومبیل، رنگ‌ها در انواع مختلف در سطح وسایل نقلیه استفاده می‌شود. هر لایه توسط دو مرحله متوالی ایجاد می‌شود: **اسپری رنگ و فیلم curing**.

در این عمل‌کرد، بدنه‌های خودرو به‌طور پیوسته یکی پس از دیگری توسط ناقل (حامل) از میان حمام اسپری و سپس کوره عبور می‌کنند. در اسپری رنگ، ذرات رنگ پایدار (در سایز ۱-۱۰ میکرومتری) با سرعت بالا حرکت می‌کنند (سرعت ۷۰-۸۰ متر بر ثانیه) از دستگاه‌های اسپری به بدنه خودرو که هدف است برخورد می‌کنند. در این روند، ضریب انتقال مواد، توپولوژی فیلم مرطوب و ترکیبات آلی فرار به کیفیت، هزینه اقتصادی مربوط می‌شود. کوره فیلم curing بسته به مکانیزم‌های حرارتی متفاوت به دو ناحیه تقسیم می‌شود. در پایان، پوشش‌های cure شده مورد استفاده شده خواص مطلوبی دارند بدون کوچکترین عیبی هستند. از طرف دیگر، انرژی صرف شده همان‌طور که پیش‌بینی شده حداقل است.



شکل ۴- اعمال پوشش در خودرو

• نانوفناوری در صنعت پوشش و آماده‌سازی سطح

کاربرد نانوتکنولوژی در علوم مختلف نظیر: پزشکی، پتروشیمی، مواد، صنایع دفاعی، الکترونیک، کامپیوترهای کوانتومی و ... باعث شده تا تحقیقات در زمینه نانو به عنوان چالشی جدی پیش روی جهانیان باشد. علوم و فناوری نانو، عنصری اساسی برای درک بهتر طبیعت و ناشناخته‌های آن در دهه‌های آتی خواهد بود. تأثیرات گسترش

کاربرد نانوتکنولوژی بر آینده صنعت و بویژه صنعت خودرو، بسیار حیاتی است. شواهد نشان می‌دهند که درصد بالایی از بازار محصولات صنعت خودرو در آینده متکی بر نانوتکنولوژی خواهد بود.

اغلب مواد و محصولات مورد استفاده‌ی ما نیاز به پوشش دارند؛ چون نباید در طی مراحل تولید، بسته بندی، ورود به بازار و مهم‌تر از همه در موقع مصرف، خواص و ویژگی‌های خود را از دست بدهند. پوشش عبارت است از یک "لایه" با ضخامتی کمتر از ماده‌ی پایه. پوشش‌ها دارای کاربردهای متنوعی از صنایع اتومبیل گرفته تا صنایع لوزام خانگی هستند. این پوشش‌ها سطوحی را که در معرض آسیب‌های محیطی مانند باران، برف، نمک‌ها، رسوب‌های اسیدی، اشعه ماوراء بنفش، نور آفتاب و رطوبت می‌باشند را محافظت می‌کند. از طرفی پوشش‌ها قابلیت خش برداشتن، تکه تکه شدن و یا آسیب دیدگی در زمان استفاده، ساخت و حمل و نقل را دارند. با یافتن راه‌هایی می‌توان از آسیب دیدن روکش‌ها جلوگیری کرد. فناوری نانو ایجاد نانو پوشش‌ها را پیشنهاد می‌کند.

در حقیقت نانو پوشش‌ها گونه‌ای از لایه‌های نازک هستند که یا ابعاد آن‌ها در حد نانو می‌باشد، و یا زمینه‌ای (سُل) دارند که ذرات ریز در ابعاد نانو در آن پراکنده شده‌اند و خواص ویژه‌ای را به آن می‌بخشند.

یکی از مواردی که در حال حاضر فناوری نانو در آن به طور گسترده و مؤثری مورد استفاده قرار گرفته است، فرآیندهای پوشش‌دهی و به دنبال آن تولید مواد نانو ساختار است. بررسی‌های انجام گرفته بر روی نانو پوشش‌ها نشان می‌دهد که خواص آن‌ها در بسیاری موارد نسبت به پوشش‌های معمولی بهبود چشمگیری دارد. نانو پوشش‌ها در مقایسه با پوشش‌های میکرومتری از ضریب انبساط حرارتی، سختی و چقرمگی بالاتر و مقاومت بیشتر در برابر خوردگی، سایش و فرسایش برخوردار هستند.

تاکنون عمده تحقیقات انجام شده بر روی نانو پوشش‌ها مربوط به پوشش‌های با سختی بالا و فوق سخت (Super hard) است. پوشش‌های فوق سخت پوشش‌هایی هستند که سختی آن‌ها بیشتر از ۴۰ گیگا پاسکال است.

انواع نانو پوشش‌ها

چهار گروه مهم از نانو پوشش‌ها عبارتند از:

۱. پوشش‌های دانه‌ای^۱
۲. پوشش‌های شبکه‌ای و چند لایه‌ای^۲
۳. پوشش‌های لایه نازک^۳

¹ nano grade
² super lattic
³ Thin films

۴. پوشش‌های نانوکامپوزیتی

در ادامه ضمن بررسی خواص هر یک از این پوشش‌ها به برخی کاربردهای آن‌ها اشاره می‌شود.

۱. پوشش‌های دانه‌ای

برای تولید پوشش‌های دانه‌ای از نانوذراتی استفاده می‌شود که ابعاد آن‌ها کمتر از ۵۰ نانومتر باشد. با چسباندن نانوذرات روی یک ماده‌ی زمینه ما پوشش‌های دانه‌ای خواهیم داشت. نانوذراتی همچون دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید مس، اکسید روی و آلومینا از این دسته‌اند. به طور مثال از نانوذرات آلومینا با خلوص ۹۹.۵٪ و اندازه متوسط ۳۶ نانومتر می‌توان در پوشش‌های مقاوم به خراشیدگی، پوشش‌های نیمه رسانا و پوشش‌های محافظ در برابر پرتو ماوراء بنفش استفاده کرد. به علاوه می‌توان ذرات آلومینا را بدون تغییر در ترکیب شیمیایی آن در رنگ‌های مختلف استفاده کرد. استفاده از پوشش‌دهی نانومتری موجب می‌شود که قطعات نیاز به رنگ مجدد نداشته باشند و علاوه بر آن، سبک‌تر و دارای طول عمر بیشتری باشند.

از نانوذرات آلومینا و تیتانا در پوشش‌دهی ادوات نظامی نیز استفاده می‌شود. استفاده از این نانو پوشش‌ها در ادوات دریایی، هزینه‌ها و صدمات ناشی از خوردگی را به شدت کاهش می‌دهد. همچنین با استفاده از نانوذرات اکسید روی، اکسید تیتانیوم و یا اکسید مس می‌توان لایه‌های محافظ در برابر پرتو ماوراء بنفش ایجاد نمود. از مزایای این پوشش‌ها مقاومت بالای آن‌ها در برابر ترک خوردگی و سایش است، ضمن آن که از شفافیت لازم برخوردار هستند. با استفاده از الکترودهای نیکلی در خازن‌های چندلایه می‌توان در حجم کم، ظرفیت‌های بالا به دست آورد. تنها مشکل این الکترودها اکسید شدن آن‌ها در دمای بالا است. با پوشش‌دهی الکترودهای نیکلی توسط اکسیدهای پایدار نظیر $BaTiO_3$ ، می‌توان این الکترودها را از اکسید شدن حفظ نمود. در این میان نکته قابل توجه آن است که این پوشش‌ها باید ضخامت نانومتری داشته باشند چرا که در غیر این صورت خواص دی‌الکتریک لایه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. برای رسیدن به این ضخامت، پوشش $BaTiO_3$ به روش سل-ژل بر روی الکترودهای نیکلی رسوب داده می‌شود.

۲. پوشش‌های شبکه‌ای و چند لایه‌ای

این پوشش‌ها از هزاران لایه و هر لایه با ضخامتی در حدود ۱ تا ۵ نانومتر ساخته می‌شوند. هر لایه ساختار کریستالی خاصی دارد و از عناصر مختلفی نظیر نیکل، تیتانیوم، وانادیم و آلومینیم ساخته می‌شوند. این پوشش‌ها بسیار متراکم بوده و چگالی بالایی دارند و به عنوان پوشش‌های چندلایه با دانسیته بالا نیز شناخته می‌شوند. استفاده از این نوع پوشش‌ها روی قطعات صنعتی باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و همچنین دوام

قطعات شده است. از مهمترین پوشش‌های شبکه‌ای می‌توان به پوشش‌های CrN/AlN ، AlN/ZrN و TiN/CrN اشاره کرد.

۳. پوشش‌های لایه نازک

پوشش‌های لایه نازک از لایه‌های متناوب با فازهای مختلف تشکیل شده‌اند. این لایه‌ها سختی و مدول الاستیک بالا و خواص سایشی خوبی دارند. دلیل افزایش سختی پوشش‌های نازک چندلایه، قرار گرفتن لایه‌های خیلی نازک با طول خط نابجایی متفاوت روی هم و در نتیجه نزدیک شدن استحکام به حد تئوری آن است. به دلیل متفاوت بودن طول خط نابجایی‌ها در هر لایه، نابجایی‌ها نمی‌توانند از یک لایه به لایه دیگر حرکت کنند چرا که طول خط نابجایی‌ها متفاوت است. همچنین لایه‌ها به قدری نازک هستند که منابع نابجایی به‌طور مستقل وارد عمل نمی‌شوند. بنابراین سختی این پوشش‌ها افزایش چشمگیری می‌یابد.

روش‌های مرسوم رسوب پوشش‌های لایه نازک شامل روش‌های رسوب فیزیکی بخار، رسوب شیمیایی بخار و رسوب الکتروشیمیایی هستند. روش دیگری که برای پوشش‌دهی لایه نازک استفاده می‌شود، روش لایه به لایه نام دارد. این روش بر اساس ایجاد چندلایه روی یک ماده‌ی زیرلایه استوار است. به‌طوری که هر دو لایه باردار و دارای بار الکتریکی مخالف هستند. این رسوب‌دهی به شکل متناوب انجام می‌شود تا اینکه ضخامت مورد نیاز حاصل گردد. در سال‌های اخیر این روش توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این نوع پوشش‌دهی را برای قطعات هوایی و استخوان مصنوعی می‌توان به کار گرفت.

۴. پوشش‌های نانوکامپوزیتی

در بین چهار نوع از پوشش‌های نانوساختار، پوشش‌های نانوکامپوزیتی بیشترین کاربرد را دارند، زیرا با استفاده از آن‌ها می‌توان خواص منحصر به فرد شیمیایی و فیزیکی را بر روی سطح قطعات ایجاد نمود. در این پوشش‌ها که از دو فاز زمینه و تقویت کننده تشکیل شده‌اند، فاز نانوکریستالی (تقویت کننده) در فاز آمورف (ماده‌ی زمینه) جاسازی شده است. فاز آمورف می‌تواند پوشش‌های شبه الماسی (Diamond like carbon)، کربونتیرید یا برخی ترکیبات دیگر با سختی و مدول الاستیک مناسب باشد. به عنوان فاز تقویت کننده و نانوکریستالی نیز از TiN ، AlN و Si_3N_4 می‌توان استفاده کرد. به عنوان مثال با جاسازی ذرات TiN با اندازه‌های ۸ تا ۱۱ نانومتر در پایه DLC می‌توان سختی در حدود ۵۰ تا ۷۰ گیگا پاسکال به دست آورد.

در این دسته از نانو پوشش‌ها اندازه‌ی فاز نانوکریستال و نحوه‌ی توزیع آن به درون فاز آمورف بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هرچه اندازه مواد نانوکریستالی کاهش یابد، تشکیل نابجایی‌ها به تأخیر افتاده و تغییر شکل پلاستیکی کمتر رخ می‌دهد. توزیع ذرات نیز بایست به نحوی باشد که فاصله بین دو ذره نانوکریستالی در حدود نانومتر باشد.

چنانچه این فاصله زیاد باشد باعث ایجاد ترک و گسترش آن در ماده زیرلایه می‌گردد. فاصله بیش از حد کم بین این ذرات نیز امکان ایجاد واکنش بین صفحات اتمی دانه‌های نانوکریستال را به وجود می‌آورد. لذا در طراحی و ساخت این پوشش‌های نانوکامپوزیتی، اندازه، درصد حجمی و توزیع این ذرات فاکتورهای مهمی هستند و تغییر هر یک از این موارد روی چقرمگی و سختی پوشش تأثیر خواهد گذاشت. روش‌های مختلفی برای پوشش‌دهی نانوکامپوزیت‌ها وجود دارد اما اغلب از روش کندوپاش مغناطیسی⁴، پاشش حرارتی و رسوب شیمیایی بخار استفاده می‌شود.

سرعت رسوب‌دهی بالا و یکنواختی پوشش ایجاد شده در رسوب شیمیایی بخار از مزیت‌های این روش است. برای ایجاد این نوع پوشش‌ها اغلب از روش پاشش حرارتی و کندوپاش استفاده می‌شود، زیرا این روش‌ها در دماهای پایین قابل اجرا هستند. ضمن آن که بافت و اندازه دانه‌ها به وسیله این روش‌ها قابل کنترل است.

به وسیله روش پاشش حرارتی، می‌توان پوشش‌های سرامیکی تک فاز و پوشش‌های کامپوزیتی با زمینه سرامیکی را بر روی قطعات رسوب داد. یکی از این پوشش‌ها، پوشش مرکب $[Al_2O_3 / 13TiO_2]$ است که در حال حاضر روی بدنه کشتی‌ها و زیر دریایی‌ها با این روش رسوب داده می‌شود. در این روش یک گاز خنثی با دمای بسیار بالا، سبب پاشش ماده‌ی نانو ساختار روی سطح مورد نظر می‌شود. و پس از سرد شدن ذرات پاشیده شده، پوشش‌های لایه‌ای روی سطح ایجاد می‌گردد.

⁴ Magnetron sputtering