

کاربرد نانو پوشش‌های سخت و مقاوم در صنعت

ویرایش سوم



- معرفی انواع نانو پوشش‌ها و خواص آنها
- معرفی فناوری‌های صنعتی پوشش‌دهی
- فرصت‌های تجاری و برخی از کاربردهای صنعتی

در نگاه کلی مزیت‌های پوشش‌های سخت نانوساختار چیست؟

از چند دهه قبل، زمانی که لایه‌نشانی پوشش‌های سخت با استفاده از روش‌های مختلف لایه‌نشانی ابداع شد، آنها به عنوان پوشش غیرقابل اجتناب برای حفاظت ابزارهای صنعتی از جمله ابزارهای برش، ابزارهای شکل‌دهی سرد، قالب‌های تزریق پلاستیک و ابزارهای پرس پودرها مورد استفاده قرار گرفتند. با ابزارهای حاوی پوشش سخت به طور خلاصه می‌توان به مزایای زیر دست یافت:

الف) مزایای فنی فناوری نانوپوشش

- افزایش سختی، مقاومت به سایش و فرسایش ابزارها، قالب‌ها و قطعات صنعتی
- مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون و پایداری در دمای بالای ابزارها، قالب‌ها و قطعات صنعتی
- امکان کاهش ضریب اصطکاک ابزار و قالب

ب) مزایای اقتصادی و تولیدی فناوری نانوپوشش

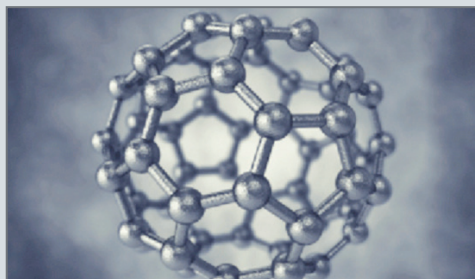
- افزایش بهره‌وری (افزایش عمر ابزار و قالب، افزایش میزان استفاده)
- کاهش هزینه‌های تولید (از طریق کاهش مصرف ابزارها و کاهش زمان تلف شده)
- کاهش مصرف مواد روان‌کننده (موجب حفاظت محیط زیست و کاهش هزینه)

ج) مزایای مهندسی فناوری نانو پوشش

- بالا بردن سرعت براده برداری از قطعه بدون داغ شدن ابزار
- بهبود کیفیت محصولات (به دلیل سطح صاف‌تر، پایداری ابعادی بهتر، کاهش مراحل تولید و...)
- قابلیت انتخاب انواع پوشش‌های سخت با کاربردهای متنوع و طراحی شده

نقش پوشش‌ها در پیشرفت فناوری‌ها برای کاربرد در صنایع مختلف قابل ملاحظه است. درصد زیادی از اجزای هواپیماها بوسیله پوشش‌های سرامیکی و فلزی برای بالا بردن قابلیت اطمینان و کارایی‌شان پوشش‌دهی می‌شوند. بنابراین، در این زمینه تلاش‌های زیادی برای افزایش عمر اجزا در محیط‌های با شرایط کاری شدید از جمله شرایط خوردگی، اکسیداسیون دمای بالا و سایش با استفاده از افزایش خواص

فناوری نانو چیست؟



«فناوری نانو» به عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی قرن بیست و یکم، توجه جدی کشورها و شرکت‌های بزرگ دنیا را به خود جلب نموده است. فناوری نانو، یک رویکرد نوین به همه فناوری‌ها است به نحوی که به آنها خواص و کارکرد ویژه‌ای می‌بخشد. «فناوری نانو» به خودی خود کارکردی نداشته، بلکه در بهره‌گیری از آن در فناوری‌های متداول می‌توان اثرات ویژه آن را در بهبود خواص درک نمود. ایجاد پوشش‌های نانوساختار بر روی ابزارهای برش و تراش از جمله این کاربردهاست که سال‌ها به صورت تجاری مورد استفاده قرار گرفته است. در این رویکرد، پوشش‌های نانوساختار با سختی بسیار بیشتر از قطعات پایه ابزارها و قالب‌ها، به ضخامت ۱ تا ۵ میکرومتر بر روی آنها اعمال می‌شود. در این شرایط بدون اینکه بر دقت ابعادی ابزار کار یا قالب تأثیری داشته باشد، موجب بهبود مقاومت سایشی، خوردگی و حرارتی آن می‌شود که افزایش راندمان تولید و بهره‌وری شرکت‌ها را در پی خواهد داشت. در یک تعریف علمی‌تر، «فناوری نانو» به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که یکی از ابعاد فیزیکی آن در محدوده مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر بوده^۱ و خواص جدید یا چالش‌مزیت جدیدی را به همراه داشته باشد.

لذا در این نوشتار، علاوه بر اهمیت، مزایا و خواص پوشش‌های نانوساختار سخت^۲، بر کاربردها و فناوری ایجاد این پوشش‌ها اشاره‌ای شده است تا صنعتگران و مدیران شرکت‌ها بتوانند با استفاده بهینه از این دانش و فناوری، موجب افزایش بهره‌وری و توسعه توانمندی‌های با ارزش افزوده بالاتر در شرکت خود شوند.

۱. در پوشش‌های نانوساختار، هرچند ضخامت پوشش در اندازه میکرومتری است ولی ساختار دانه‌بندی یا ریزساختار تشکیل دهنده آن در محدوده نانومتر است.

پوشش‌ها وجود دارد. امروزه کاربرد پوشش‌های سخت برای بهبود خواص سایشی ابزارها (به عنوان مثال در ابزارهای شکل‌دهی فلزات و ابزارهای برشی مانند هاب‌ها و شیرهای دنده‌زنی)، قالب‌ها (مانند قالب‌های فورج، اکستروژن، دایکاست و تزریق پلاستیک)، اجزای ماشین‌آلات (مانند پره‌ها، شیرآلات، بلبرینگ‌ها و یاتاقان‌ها) و قطعات مورد استفاده در صنایع مختلف (قطعات مورد استفاده در صنایعی همچون خودروسازی، نفت و گاز، پمپ‌ها، نساجی، صنایع ساختمان و غیره) در حال افزایش است. به طوری که در طی دهه اخیر تعداد مواد، ساختارها، ترکیب و کاربردهای جدید به طور ملموسی افزایش یافته است. بنابراین نمی‌توان ماشین‌کاری قطعات سخت در سرعت‌های بالا و در محیط خشک را بدون استفاده از پوشش‌های محافظ سخت و با دوام تصور کرد.



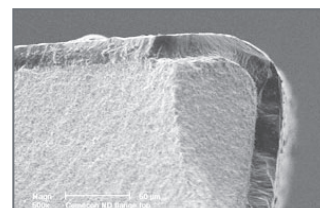
چگونه پوشش‌های نانو ساختار موجب افزایش دوام ابزار می‌شوند؟

رنگ آمیزی درب و پنجره مثال روزمره از صنعت پوشش دهی است که علاوه بر زیبایی ظاهری موجب افزایش عمر آن در مقابل خوردگی می‌شود. در مورد ابزارهای برش و قالب‌ها، موضوع سایش و فرسایش قطعه به عنوان عامل اصلی در تخریب آن می‌باشد که برای صنایعی از جمله صنایع قطعه سازی، قالب سازی و ماشین کاری، هزینه های هنگفتی را در پی دارد. در این نوشتار با انتخاب پوشش مناسب، فناوری های اعمال پوشش های سخت و راهکارهای اقتصادی برای افزایش عمر کاری قطعات و ابزارها و قالب ها آشنا خواهید شد.

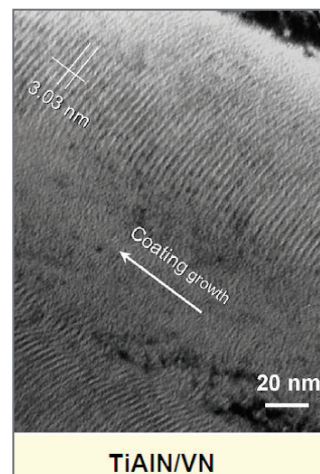
با اعمال لایه سخت تر از جنس خود ابزار و قالب بر روی آن و به ضخامت ۱ تا ۵ میکرومتر (بسته به کاربرد) می توان دوام آن را تا چند برابر ابزار و قالب خام افزایش داد. حال سوال مطرح می شود که چگونه می توان از به کار گیری فناوری نانو در آن مطمئن شد؟ پاسخ را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM^۱) یا میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM^۲) و نمودارهای پراش پرتو X^۳ می توانید بیابید. مواد تشکیل دهنده پوشش نانو ساختار در هر ضخامتی که باشند، مانند ساختار سلول در بدن انسان، از ساختارهایی ریز و در مقیاس بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر تشکیل شده است. که هر چه این ساختار ریزتر باشد موجب افزایش سختی آن خواهد شد. مطابق رابطه اثبات شده هال-پیچ^۴ در علم مهندسی مواد که بیان می کند رابطه معکوسی بین اندازه دانه (همان ریز ساختار تشکیل دهنده پوشش) و سختی آن وجود دارد. لذا اگر بتوانید ریز ساختار پوشش را به ابعاد نانومتر (تا ۱۰ نانومتر) نزدیک کنید، حداکثر سختی را خواهد داشت. بنابراین دستیابی به ساختار پوشش با اندازه دانه بندی نانو، موجب دستیابی به سختی بالا خواهید شد که ما می باشد. شکل ۱، نمونه ای از تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی از سطح پوشش نانو ساختار و سطح مقطع آن را نشان می دهد.



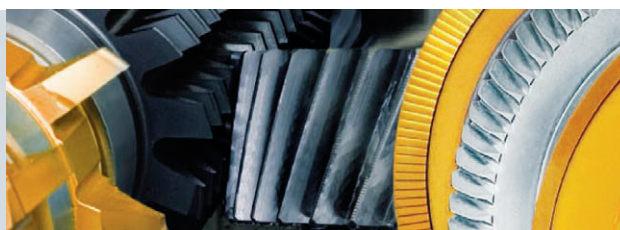
تصویر SEM از سطح خارجی و سطح مقطع پوشش نانو ساختار



تصویر TEM پوشش های نسل جدید نانولایه TiAlN/VN



۱. Scanning Electron Microscope
۲. Transmission Electron Microscope
۳. X-Ray Diffraction
۴. Hall-Petch Relation

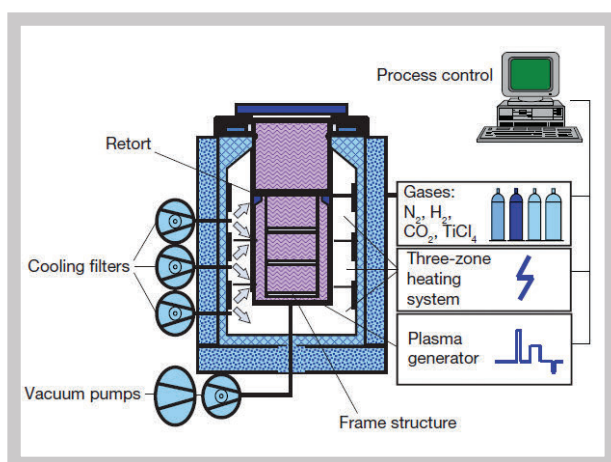


برای پوشش دهی نانو ساختار از چه فناوری هایی می توان استفاده کرد؟

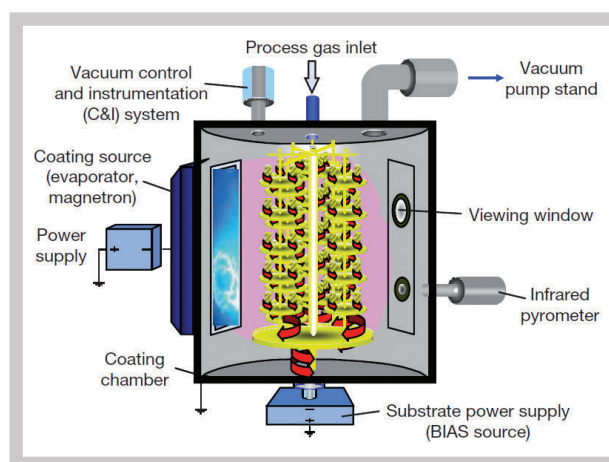
اعمال پوشش های نانو ساختار با روش های مختلف امکان پذیر است. در این روش ها از پیش ماده های فاز مایع (مانند آبکاری)، نیمه مذاب (مانند پلاسما اسپری) و بخار استفاده می شود. برای نیازهای صنعتی، با توجه به کاربرد و خواص نهایی خواسته شده از قطعات، ابزارها، قالب ها و غیره از هر یک از روش های مهندسی سطح استفاده می شود.

روش های لایه نشانی		
حالت گازی	حالت محلول	حالت مذاب یا نیمه مذاب
<ul style="list-style-type: none"> ➤ CVD ➤ PVD ➤ IBAD 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ رسوب دهی محلول شیمیایی ➤ رسوب دهی الکتروشیمیایی ➤ سل - ژل 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ لیزر ➤ پاشش حرارتی ➤ جوشکاری

به دلیل کاربردهای فراوان روش های لایه نشانی از فاز بخار، در این گزارش صرفاً به معرفی آن ها بسنده شده است. اولین استفاده صنعتی از فناوری رسوب گذاری فیزیکی از فاز بخار (PVD) مرتبط به پوشش دهی ابزارها مربوط به اوایل سال ۱۹۸۰ بوده است. در آن کاربردها، پوشش TiN بر روی فولاد تندبر (HSS) و ابزار کاربرد فلزی مورد استفاده قرار گرفت و با توسعه آن، کاربردهای فراوانی یافت. بطوری که کاربردهای بیشتر پوشش های سخت با روش PVD و روش PACVD مربوط به ابزارهای صنعتی از جمله ابزارهای فرز، تیغه های اره گرد، ابزارهای دنده زنی و غیره است که به صورت تدریجی توسعه یافته است. پوشش های اعمال شده با فناوری های PVD و PACVD به سرعت به عنوان استاندارد برای عملیات پوشش دهی سطوح در زمینه های دیگر ماشین سازی نیز پایه گذاری شد. برای مطالعه مکانیزم و نحوه کار این دو روش می توان به منابع علمی مرتبط مراجعه نمود.



▲ شماتیک دستگاه PACVD



▲ شماتیک دستگاه PVD



جنس مواد پوشش سخت نانو ساختار از چیست؟

انواع نانو پوشش های سخت و مقاوم

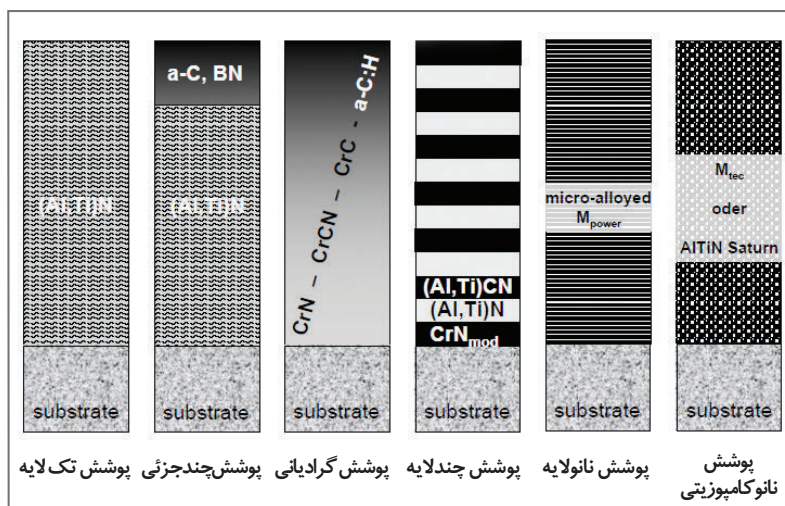
نانو پوشش ها به دسته ای از روکش ها اطلاق می شود که دارای دو ویژگی زیر باشد:

- ۱ در یکی از اجزای آن (ساختار یا اجزای سازنده) دارای ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد.
- ۲ نسبت به حالت متداول دارای خواص ویژه و منحصر به فردی باشد. مانند خواص مطلوب مقاوم به سایش، فرسایش و خوردگی، زیست سازگاری، کاهش ضریب اصطکاک.



دسته بندی انواع پوشش های مرسوم و نانو پوشش های سخت و مقاوم

فناوری نانو پوشش به دلیل نیازهای صنعتی دست خوش تغییرات شده است، به طوری که تاکنون پوشش های نسل های مختلف توسعه یافته اند. در زیر به این پوشش ها اشاره شده است:



نسل اول: پوشش دوجزئی TiN, TiC, CrN و ZrN

نسل دوم: پوشش های سه جزئی مانند پوشش های TiCN, TiAlN, TiSiN و AlCrN

نسل سوم: پوشش های چند لایه و ابر شبکه ای مانند پوشش های TiN/VN و TiN/AlTiN

نسل چهارم: پوشش های نانو کامپوزیتی مانند پوشش TiAlSiN

نسل پنجم: پوشش های خود روانکار جامد (DLC) با ضریب اصطکاک در حدود ۰/۰۵

نسل ششم: پوشش های هیبریدی، ترکیبی از دو نسل مختلف (Triple & Quad coat)



همانطور که اشاره شد، نانو پوشش های اعمال شده با روش های PVD و PACVD به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از فرایند تولید ابزار، قطعات و قالب ها شده است. هدف اصلی اعمال پوشش سخت و مقاوم، افزایش عمر کاری ابزار، افزایش سرعت برش، افزایش کیفیت محصول نهایی و بالا بردن سرعت عملکرد آن است. برای توسعه این پوشش ها چندین ویژگی دارای اولویت صنعتی وجود دارد که عبارتند از:

- سختی بالا به همراه چقرمگی مناسب
- چسبندگی عالی پوشش به قطعه
- مقاومت عالی در برابر دمای بالا (پایداری حرارتی)
- مقاومت به سایش، فرسایش و خوردگی بالا
- کاهش ضریب اصطکاک بین قطعات

رنگ ظاهری طلایی، بنفش، خاکستری و مشکی موجود بر ابزارها، همان پوشش های سخت می باشند که معمولاً مصرف کنندگان از رنگ آن می توانند به کیفیت هریک از آنها پی ببرند. این پوشش ها عموماً از خانواده نیتريد، کاربید، اکسید یا بوراید فلزات عناصر واسطه می باشد. معروف ترین این لایه ها پوشش طلایی رنگ نیتريد تیتانیوم (TiN) است. پوشش های نسل بعد آن یعنی پوشش های TiSiN، TiAlN، TiCrN و AlCrN هر کدام ویژگی های جدیدی مانند سختی بالاتر، مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون بالاتر و مقاوم به سایش را نسبت به پوشش های TiN از خود نشان می دهد.



خواص پوشش‌های سخت نانوساختار و معرفی کاربردها

در جدول ذیل خواص برخی پوشش‌های نانوساختار به همراه رنگ ظاهری آن آورده شده است. بسته به نوع کاربرد می‌توان از یک یا چند پوشش استفاده نمود.

▼ ویژگی برخی از نانو پوشش‌ها

DLC, a-C:Me-PVD/MS	DLC, a-C(X)-PVD	TiN/SiN	CrAIN/SiN	TiAIN/SiN	AlTiCrN/AlCrTiN	AlCrN	ZrN	CrTiN	CrN	AlTiN	TiAlN	TiCN-grey	TiN	نانوسختی (HV)
۳۰۶۰	۸۱۵-۲۸۵۵	۴۴۹۰	۴۰۸۰	۴۱۸۰	۳۷۷۰	۳۶۷۰	۲۲۴۰	۳۰۶۰	۲۰۴۰	۳۲۶۰	۳۶۷۰	۴۰۷۰	۲۶۵۰	
۳	۰/۲-۱	۱-۴	۱-۷	۱-۴	۱-۴	۱-۷	۱-۴	۱-۷	۱-۷	۱-۴	۱-۴	۱-۴	۱-۷	ضخامت (μm)
۰/۱-۰/۱۵	۰/۱-۰/۱۵	۰/۵۵	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۳۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۲۰	۰/۵۵	ضریب اصطکاک
۴۰۰-۴۵۰	۴۰۰-۴۵۰	۱۲۰۰	۱۱۰۰	۱۲۰۰	۸۵۰	۹۰۰	۵۵۰	۶۰۰	۷۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۴۰۰	۶۰۰	دمای اکسیداسیون (°C)
خاکستری	خاکستری	مسی	آبی-خاکستری	بنفش-آبی	آبی-خاکستری	آبی-خاکستری	سفید-طلایی	فلزی-نقره‌ای / طلایی	فلزی-نقره‌ای	سیاه	بنفش-سیاه	بنفش	طلایی	رنگ



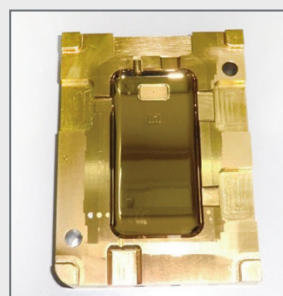


❖ مثال دوم: کاربرد پوشش‌های سخت نانوساختار TiAlN و CrAlN در ابزار برش برای ماشین کاری سرعت بالا

در این دو نانو پوشش سخت باعث افزایش مقاومت به سایش می شود. در مورد پوشش TiAlN در حین عملیات ماشین کاری به مرور مقداری آلومینیوم پوشش، بصورت باز ترکیب به شکل لایه های نازک یکنواخت سرامیکی Al_2O_3 در سطح قطعه تشکیل شده و در نتیجه موجب افزایش مقاومت پوشش در برابر اکسیداسیون در دمای بالای ۸۰۰ درجه سانتیگراد می شود.

❖ مثال اول: کاربرد پوشش‌های نانوساختار دوجزئی CrN و TiN در قالب تزریق پلاستیک

به عنوان قدیمی ترین و پرکاربردترین نوع پوشش های سخت هستند که افزایش سختی ابزار کار تا حدود ۲۰۰۰ ویکرز را فراهم می کند. مقاومت به سایش، فرسایش و خوردگی این پوشش از دیگر مزایای آن است.



❖ مثال چهارم

کاربرد پوشش های نانو کامپوزیتی فوق سخت و دارای پایداری حرارتی

دستیابی به پوشش های نانو کامپوزیتی مانند TiAlSiN که در این پوشش نانوذرات بلوری TiAlN در زمینه آمورف Si_3N_4 توضیح شده است، به عنوان پوشش فوق سخت^۲ معروف هستند. سختی این پوشش با حضور ۹٪ سیلیکون به حداکثر مقدار خود یعنی در حدود ۴۰۰۰ ویکرز (۴۰ گیگاپاسکال) می رسد. همچنین با افزایش مقدار سیلیکون دمای پایداری لایه را تا ۱۱۵۰ درجه افزایش می یابد.



❖ مثال سوم

کاربرد پوشش DLC^1 به عنوان جامد روی قطعات و قالب ها

پوشش های کربنی شبه الماسی (DLC) مانند گرافیت به عنوان ماده جامد صنعتی می باشد که معمولاً به صورت لایه نازک و در بیرونی ترین لایه روی قطعه و ابزار به کار می رود. لایه نازک DLC روی پوشش های دو یا سه جزئی، موجب کاهش ضریب اصطکاک تا زیر ۰/۱ خواهد شد که موجب کاهش شدید گرمای تولیدی ناشی از حرکت ابزارها و قطعات می شود.



مثال پنجم: کاربرد پوشش های DLC در شیرهای نفتی

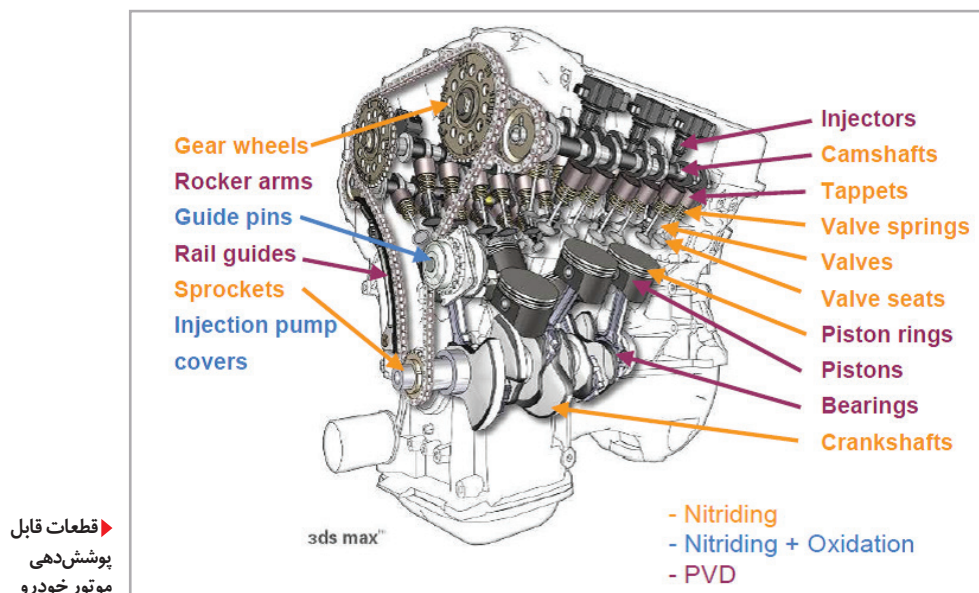
انواع پوشش های DLC در صنعت نفت، برای کاربردهای ضد رسوب، مقاوم به سایش و مقاوم به خوردگی مورد استفاده قرار می گیرند. از عوامل اصلی تخریب بسیاری از شیرهای نفتی سایش و همچنین خوردگی توسط H_2S به همراه گاز CO_2 می باشد. از این رو پوشش های DLC در کنار افزایش مقاومت به خوردگی شیرها، موجب کاهش نیروی لازم برای تغییر حالت شیر نیز می شود.



مثال ششم:

کاربرد نانو پوشش ها در صنعت خودرو

پیستون به دلیل حرکت در دهانه سیلندر تحت سایش می باشد. در سال های گذشته پوشش های چند لایه Cr/CrN به دلیل پایداری حرارتی و مقاومت به اکسیداسیون عالی برای لایه نشانی رینگ پیستون مورد استفاده قرار می گرفتند که امروزه با پیشرفت انواع نانو پوشش از پوشش های چند لایه از لایه های CrN، CrCN و DLC به دلیل محدوده پایداری حرارتی گسترده تر و خواص روانکاری بیشتر استفاده می شود. در شکل زیر استفاده از پوشش DLC در لایه نشانی تایپیت ها و بخش های کناری و انتهایی نشان داده شده است.



▶ قطعات قابل پوشش دهی موتور خودرو



مورد کاوی استفاده از پوشش های سخت نانو ساختار در صنایع کشور

شاید تصور شود که پوشش دهی ابزارها و قطعات با پوششی مانند TiN با ظاهر طلایی رنگ، موجب افزایش هزینه کلی تولید شود. ولی با ارزیابی دقیق تر، مشخص می شود که علاوه بر بهبود کیفیت محصول نهایی، موجب افزایش بهره وری و سود شرکت خواهد شد.

مورد اول: بر اساس ارزیابی انجام شده توسط شرکت صنعتی نیرومحرکه مشخص شد که با اعمال لایه سخت نیتريد تیتانیوم بر ابزارهای دنده زنی مانند هاب و شیرپر، موجب افزایش ۱۰۰ درصدی عمر ابزار برش و بهبود کیفیت محصول نهایی قطعات تولیدی شد.

مورد سوم: شرکت توربو کمپرسور نفت آسیا (OTC) به عنوان یکی از شرکت های شناخته شده در تولید موتورهای توربینی در سطح کشور قرار دارد. از جمله مشکلات این شرکت، مواجهه با پدیده های فرسایش و خوردگی در پره ها می باشد. به دلیل شرایط کاری موتورهای توربین های گازی در دما و فشار بالا، پره های این قطعات نیازمند پوشش دهی می باشند. بخش مربوط به کمپرسور، ورود هوای حاوی ذرات گرد و خاک با سرعت بالا باعث فرسایش تدریجی پره ها و تخریب آن ها می شود. شرکت اوتک با همکاری شرکت مهندسی سطح سوین پلاسما، با بهره گیری از پوشش های چند لایه نانو ساختار TiN/TiAlN و CrN/CrAlN بر روی پره ها، توانستند ضمن کنترل رسوب



ذرات روی پره های از خوردگی ناشی از رطوبت هواروی آن ها نیز جلوگیری به عمل آورند. در شکل زیر وضعیت سطحی پره ها در حالت بدون پوشش بعد از ۱۳۳ ساعت کاری و همچنین پره ی با پوشش نانو ساختار TiN بعد از ۲۰۲۲ ساعت کاری نشان داده شده است.

مورد دوم: شرکت الماسه ساز از شرکت های فعال در حوزه ساخت ابزارهای کاربرد تنگستن (ابزار برش) که به صورت متداول از پوشش های نانو ساختار چند لایه بر روی محصولات نهایی خود بهره می گیرد. پوشش های چند لایه $TiN/TiCN/TiN/Al_2O_3$ از جمله پوشش های سخت و بادوام است که با استفاده از روش CVD بر روی ابزار اعمال می شود. همچنین شرکت الماسه ساز با همکاری شرکت فناوران سخت آرا، برخی از پوشش های چند لایه نانو ساختار از جمله $TiN/TiAlN$ از روش PVD را توسعه داده و در سبد فناوری خود قرار داده است. در پوشش های چند لایه به جهت افزایش ضخامت و چقرمگی پوشش امکان ایجاد پوشش های بادوام میسر می باشد. همچنین هر یک از لایه ها عملکرد خود را داشته که در یک پوشش ظاهر می شود. به عنوان مثال،

مرکز توسعه نانو پوشش

- مرکز توسعه نانو پوشش با هدف شبکه سازی خدمات مهندسی پوشش های نانو ساختار برای فراهم آوردن بستری برای حل مشکلات صنعتی در حوزه سایش، فرسایش و خوردگی با استفاده از توانمندی فناوران و متخصصین می باشد. کارگروه صنعت و بازار ستاد نانو در نظر دارد حمایت های صنعتی در حوزه های یاد شده از صنایع را در قالب این مرکز انجام دهد.
- ارایه حمایت های صنعتی و تحقیق و توسعه با هدف حل مشکل صنعتی
- تسهیلات مالی از خرید دستگاه ساخت داخل
- ارایه مشاوره های صنعتی و خدمات مهندسی به شرکت ها و صنایع
- ارایه آموزش های عمومی و تخصصی در حوزه نانو پوشش
- حمایت مالی از پایان نامه های دکتری تخصصی و کارشناسی ارشد در حوزه مشکلات صنعتی
- ارایه خدمات لایه نشانی و پوشش دهی پیشرفته
- حمایت های ستاد از شرکت ها و صنایع به شرح ذیل است:



راهبردهای مدیریتی در توسعه تجاری فناوری نانوپوشش‌ها در صنعت

همان‌طور که اشاره شد، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری از اهداف راهبردی شرکت‌ها می‌باشد. استفاده از فناوری «نانوپوشش» افق روشنی را پیش روی صنایع و شرکت‌ها گشوده است. بطوریکه در سه دهه اخیر، این فناوری در صنایع دنیا به صورت تجاری در آمده است و از آن به عنوان عملیات پایانی بر روی قطعات و ابزارها استفاده می‌شود. هم‌اکنون این فناوری به عنوان کسب و کاری با ارزش افزوده بالا برای شرکت‌ها بدل شده است و صدها شرکت دانش‌بنیان در قالب تولیدکننده تجهیزات و ارائه خدمات لایه‌نشانی در دنیا فعالیت می‌کنند. بر اساس گزارش‌های منتشر شده، میزان ارزش بازار صنعت نانوپوشش در آمریکا در سال ۲۰۱۵ بالغ بر ۹ میلیارد دلار بوده است که نشان از توجه بالا به عرصه نانوپوشش می‌باشد.

۲. نیاز به تجهیزات پوشش‌دهی پیشرفته:

بر خلاف حوزه قدیمی آبکاری که بصورت سنتی و با هزینه کم قابل اجرا است، اغلب روش‌های پوشش‌دهی نانو نیاز به تجهیزات و ادوات پیشرفته دارد. نیاز به سامانه خلأ و سیستم پلاسما (که از الزامات لایه‌نشانی است) موجب بالا رفتن هزینه دستگاه می‌شود. خوشبختانه سازندگان داخل کشور، تجهیزات و ادوات لایه‌نشانی را با هزینه بسیار کمتر از نمونه‌های خارجی تولید و عرضه می‌کنند.

۳. نیاز به مهندسی و طراحی لایه بر اساس تقاضای مشتری

همان‌طور که در این گزارش اشاره شد، بر اثر ساخت و تولید تجهیزات پوشش‌دهی، امکان اعمال پوشش‌های مختلف با خواص متنوع فراهم شده است. تنوع لایه‌ها به نحوی است که هر لایه، کاربرد و ویژگی منحصر به فرد خود را دارد. لذا تقویت تیم مهندسی کارآزموده در واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌ها می‌تواند به این مهم کمک نماید.

بر اساس گزارش‌ها منتشره، بیش از ۷۰ درصد قطعات صنعتی به علت تخریب سطح از رده خارج می‌شوند. از عوامل مخرب می‌توان به خوردگی، اکسیداسیون، سایش و فرسایش اشاره نمود که بسته به

شده است:

۱. آشناسازی صنایع نانوپوشش‌ها:

بر اساس گزارش‌ها منتشره، بیش از ۷۰ درصد قطعات صنعتی به علت تخریب سطح از رده خارج می‌شوند. از عوامل مخرب می‌توان به خوردگی، اکسیداسیون، سایش و فرسایش اشاره نمود که بسته به

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانوپوشش منتشر شده است



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو



صندوق پستی:
۱۴۵۶۵-۳۴۴

پست الکترونیک:
report@nano.ir - info@nanocoating.ir

پایگاه اینترنتی:
www.nano.ir

نمابر:
۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

تلفن:
۰۲۱-۶۳۱۰۰

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهریژن