



کاربرد فناوری نانو در صنعت قالب سازی خودرو

محمد هادی عبادی

کارشناس مهندسی مکانیک خودرو، شرکت قالبهای بزرگ صنعتی سایپا

نبی الله یوسف زادگان

کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، مدیر تولید شرکت قالبهای بزرگ صنعتی سایپا

مهدی رشیدی آلاشتی

دانشجوی کارشناسی حقوق ثبت اسناد، ریاست تولید شرکت قالبهای بزرگ صنعتی سایپا

چکیده

با توجه به پیشرفت چشمگیر فناوری نانو پوششها مشکلات موجود در مواجهه با سایش، فرسایش و ضربه را در صنعت قالب سازی خودرو و صنایع وابسته رفع کرده است بخش عمده ای از قطعات موجود در صنایع مختلف برای رسیدن به شکل و خواص مطلوب یکی از فرآیندهای شکل دهی از جمله کشش عمیق را پشت سر میگذارند از این رو تنها به کاربردهای فناوری نانو میتوان معطوف شد به عنوان مثال در فورج با پرس چکشی، پرس به صورت ضربه ای نیروی چند ده تنی و در برخی موارد نیروی چند صد تنی را در کسری از ثانیه به قالب وارد میکنند. در چنین شرایط حادی عامل اصلی کاهش عمر قالب است که هزینه های تعمیر و نگهداری قالب را به طرز چشمگیری افزایش میدهد در این مقاله سعی شده با نگاهی به فناوری نانو پوشش ها بتوان مشکلات صنایع قالب سازی در حوزه، سایش، فرسایش، ضربه و خوردگی را گفته و برای آنها راهکاری ارائه کرد.

واژگان کلیدی: فناوری نانو، قالب سازی، کشش عمیق

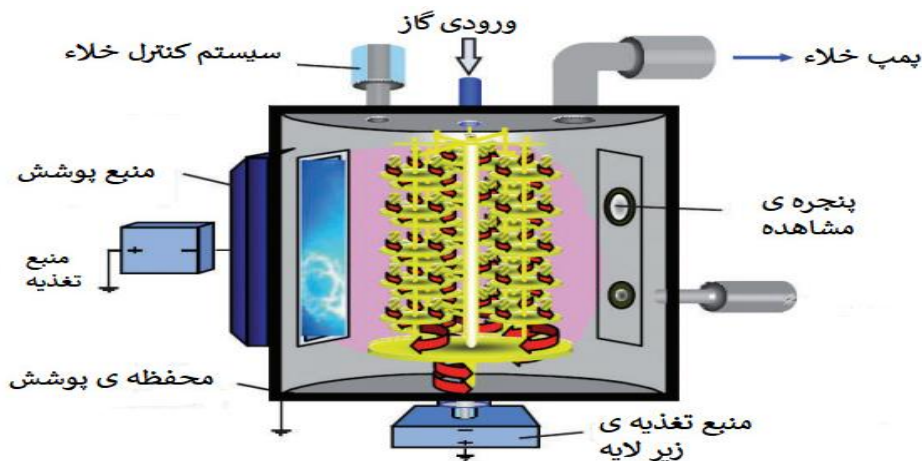


مقدمه

با ظهور فناوری های نانو فرآیندهای سنتی گذشته یا با این فن آوری ها تکمیل و اصلاح و یا اینکه جایگزین مناسبی برای آنها معرفی شده است. مواد نانو مهندسی شده به طور معمول دوام بیشتری نسبت به مواد رایج دارند تحقیقات نشان داده است همواره سایش جزو مشکلات و دغدغه های اساسی صنعت گران است که سبب تخریب قالب ها و نیز افت خواص و کیفیت سطحی قالب ها میشود که نانو ذرات به طور قابل توجهی مقاومت در برابر خراش و سایش را بهبود میبخشند و این ویژگی ها را برای مدت طولانی تری حفظ میکنند از آنجا که قالبها در شرایط نامساعد و استفاده طولانی مدت پوشش سطحی آنها دچار خراش و ترک های میکروسکوپی میشوند نانو ذرات میتوانند منافذ را پر کنند و از مواد زیر محافظت میکنند. برای مثال در فرآیند آبکاری کروم سخت سنتی، سختی و مقاومت به سایش پایین، زبری سطح بالا و مضرات زیست محیطی از جمله ی عیوب این روش است با توجه به اینکه بهبود خواص سطحی حاصل از روش های نوین بسیار بیشتر از فرآیندهای سنتی است و به همین دلیل پژوهش های بسیاری در زمینه روش های کاهش ضریب اصطکاک با استفاده از روان کارهای مختلف و اعمال فرآیندهای سطحی گوناگون در قالب سازی انجام شده است در سال های اخیر با گسترش فن آوری نانو، شرکت های بزرگ دنیا سعی در استفاده از این فن آوری در افزایش عمر کاری و کیفیت قالب های خود کرده اند.

کاربرد فناوری نانو پوشش ها در صنعت قالب سازی

به دلیل ایجاد خواص منحصر به فرد نانو پوشش ها، فناوری نانو کاربردهای گسترده ای در صنعت قالب سازی ایجاد کرده است. دسته اول کاربردها، کاربرد نانو پوشش در افزایش دوام و کارایی ابزارهای برش و تراش برای ساخت قالب میباشد. دسته دوم کاربردها، کاربرد نانو پوشش در بهبود خواص و افزایش عمر کاری قالبهای شکل دهی فلزات میباشد. با افزایش تدریجی دما تعداد ذراتی که از سطح کنده می شوند افزایش پیدا کرده و در سطح به مقدار معینی می رسند. در این حالت واکنش های شیمیایی در حالت بخار شروع می شوند. پس از آن با سرد شدن بخارها یک لایه ی نازک روی سطح ایجاد می شود. در این روش درجه خلوص لایه مورد نظر به شدت تابع سیستم تبخیر است.



شکل ۱: فرآیندهای پوشش دهی نانو مواد باروش pvd

تقسیم بندی بر اساس نوع کارایی نانو پوشش ها

نانو پوشش های سخت

یکی از عمده ترین تقاضای صنعت، دستیابی به قطعات و ابزارهای دارای پوشش های سخت میباشد. به عنوان مثال در ابزارهای برش سختی بالا مد نظر میباشد تا به خواص مطلوب برسد. بر اساس میزان سختی، پوشش ها به دو دسته سخت و



فوق سخت تقسیم بندی میشوند. به پوشش های با سختی کمتر از 40GPa (پوشش های سخت) و به پوشش های با سختی بالاتر از 40GPa (پوشش های فوق سخت) گفته میشود. به عنوان مثال (پوشش نانو ساختار) Ti_AL_N و (پوشش نانو کامپوزیتی $Ti_AL_Si_N$) به ترتیب در دسته بندی پوشش سخت و پوشش فوق سخت قرار میگیرند.

نانو پوشش های مقاوم در برابر سایش

سایش از پدیده های غیر قابل اجتناب در ابزارها و قطعات مکانیکی میباشد که باعث تخریب تدریجی قطعه و کاهش عمر کاری آن خواهد شد لذا افزایش دوام و ماندگاری قطعات در برابر سایش به عنوان یکی از نیازهای کلیدی صنعت میباشد برای این منظور آگاهی از مکانیسم های سایش و نحوه مقابله با آن بسیار ضروری است. با استفاده از تکنیک های مختلف و استفاده از مواد متنوع در فرآیند لایه نشانی میتوان دوام و پایداری پوشش در برابر پدیده سایش را افزایش داد. به عنوان مثال اعمال پوشش DLC به عنوان لایه خارجی ابزارها، میتوان ضریب اصطکاک را تا حد 1/1 کاهش دهد.

نانو پوشش های مقاوم در برابر محیط شیمیایی

خوردگی در محیط خورنده ای مانند رطوبت، مواد شیمیایی و محیط بیولوژی به عنوان یکی از چالش های اصلی ابزارها و قطعات به شمار می رود با استفاده از مواد مهندسی شده و نیز نحوه آرایش پوشش ها امکان کنترل پدیده خوردگی وجود دارد. با اعمال پوشش های متراکم و عاری از خلل و فرج، میتوان خوردگی را به تأخیر انداخت. لذا اعمال نانو پوشش ها با هدف افزایش دوام و پایداری قطعات و ابزارها در برابر خوردگی در کنار سایر خواص نانو پوشش ها ضروری میباشد. به عنوان مثال اغلب پوشش های نیتریدی از جمله TiN به عنوان پوشش های مقاوم در برابر خوردگی محیط آب دریا و مواد اسیدی میباشد.

نانو پوشش های مقاوم در برابر اکسیداسیون

ابزارهای برش در محیط خشک و نیز قالب های ریخته گری و اکستروژن همیشه در مواجهه با پدیده اکسیداسیونی میباشد که به عنوان عامل مخرب دیگر، برای قطعات میباشد. لذا با بهره گیری از پوشش های مهندسی شده، امکان محافظت قطعات و ابزارها در برابر اکسیداسیون فراهم میشود. به عنوان مثال در پوشش های نانو ساختار (Ti_AL_N) در دمای بالای کاری، لایه نازک نانو متری (AL_2O_3) تشکیل شده در سطح پوشش مانع از اکسیداسیون کل قطعه خواهد شد و به عنوان لایه محافظ در برابر اکسیداسیون ایفای نقش میکند. بنابراین با لایه نشانی نانو پوشش های چند جزئی امکان طراحی پوشش با شرایط مقاومت در برابر اکسیداسیون مهیا خواهد شد.

نانو پوشش های مقاوم در برابر دمای بالا

با افزایش دما برخی خواص قطعات از جمله سختی و استحکام با تهدید مواجهه شده و موجب کاهش راندمان و طول عمر آن خواهد شد. از این رو با بهره گیری از نانو پوشش های مقاوم در برابر حرارت، می توان این ضعف را کاهش داد. بنابراین اعمال پوشش هایی که در دماهای بالا نیز سختی خود را حفظ نمایند، کاندیدای مناسبی برای قطعات در معرض دمای بالا خواهد بود. پوشش های چند جزئی حاوی کروم و سیلیکون از جمله $Ti-Cr-Si-N$ پوشش های پایدار در دمای بالا خواهند بود به طوریکه این پوشش ها تا دمای در حدود 1000 درجه سانتی گراد سختی خود را حفظ نموده و می تواند موجب افزایش بهره وری و راندمان قطعه شده و عمر مفید کاری آن را افزایش دهد.

روش های لایه نشانی - لایه نشانی در خلا- پوشش های نانوساختار

روشهای مختلفی برای ایجاد لایه ای از مواد گوناگون روی سطوح مختلف بسته به مدت و نوع و شرایط استفاده از آن وسیله و یا قطعه، و نوع کاربرد آن، وجود دارد به طور مثال: روش آبکاری (Electroplating)، ساده و ارزان بوده و برای استفاده در



سطوح فلزی ساده، بهبود رسانایی سطح و وسایل تزئینی از این روش استفاده میشود. همچنین روش های دیگری مانند لایه نشانی دورانی (Spin Coating)، اسپری کردن (Spraying)، روش لایه نشانی در خلا، لایه نشانی به روش های رسوب شیمیایی بخار (CVD) و رسوب فیزیکی بخار (PVD)، لایه نشانی به روش تبخیر حرارتی (DCR, DCT) و دستگاه تبخیر حرارتی (DTT)، لایه نشانی با استفاده از لیزر پالسی (PLD)، لایه نشانی به روش کند و کاش (Sputtering)، لایه نشانی با استفاده از پرتوی الکترونی (Electron Gun)، لایه نشانی با روش پوشش چرخشی، میتوان نام برد.

اعمال پوشش های نانو ساختار ها با روش های مختلف با استفاده از فازهای مایع (مانند آبکاری) نیمه مذاب (مانند پلاسما اسپری و بخار) امکان پذیر است به دلیل کاربردهای فوق العاده روش های لایه نشانی از بخار، در این نوشتار بیشتر بر این روش معطوف شده است.

از سوی دیگر علاوه بر انتخاب روش لایه نشانی، انتخاب جنس پوشش نهایی نیز برای مهندسان سطح حائز اهمیت است. در این میان پوشش های نیتریدی، کاربیدی و بورایدی فلزات عناصر واسطه ای مانند Ti و TiC به جهت مقاومت در برابر سایش و خوردگی کاربردهای ویژه ای یافته است. به دلیل نیاز مبرم صنایع به قطعات با مقاومت به سایش و خوردگی بالاتر، تحقیقات جدید در صدد دستیابی به پوشش های کارآمدتر هستند. اخیراً محققان برای دستیابی به هدف بیان شده به پوشش های ترکیبی سه جزئی توجه نموده اند. پوشش های TiAlN, TiBN و TiCN از این مثال هاست. با توجه به اینکه در لایه نشانی به روش رسوب گذاری شیمیایی از فاز بخار، علاوه بر Ti که به صورت کلریدی وارد محفظه واکنش میشود، ورودی Al و B نیز به صورت محلول کلریدی است، بنابراین حضور جزئی کلر در پوشش نهایی موجب کاهش نسبی مقاومت به خوردگی قطعه نهایی در این روش خواهد شد. همچنین برخی از محققان از پوشش های ساندویچی (چند لایه ای) و برخی دیگر از پوشش های نانو کامپوزیتی بهره جسته اند که هر یک به تناسب دارای مزایا و محدودیت هایی است که به چند مورد از پوشش های مختلف توسعه یافته اشاره میکنیم:

- پوشش دو جزئی مانند TiN و CrN که به دلیل نیاز به افزایش دوام و عمر کاری ابزارها و قطعات میباشد.
- پوشش های سه جزئی مانند پوشش های TiAlN, TiCrN, TiAlSiN و AlCrN که به دلیل نیاز به افزایش مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون
- پوشش های چندلایه و ابر شبکه ای مانند پوشش های VN/TiN که به دلیل نیاز به افزایش چقرمگی پوشش ها
- پوشش های نانو کامپوزیتی مانند پوشش نانوساختار TiAlSiN که به دلیل نیاز به افزایش همزمان خواص از جمله سختی، چقرمگی و پایداری حرارتی
- پوشش های DLC (الماس گونه) با ضریب اصطکاک کم، به دلیل نیاز به کاهش ضریب اصطکاک.



بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله علاوه بر اهمیت، مزایا و خواص پوشش‌های نانو ساختار سخت، بر کاربردها و فناوری ایجاد این پوشش‌ها اشاره شده است تا صنعت گران 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. به همین دلیل پژوهش‌های بسیاری در زمینه روش‌های کاهش ضریب اصطکاک با استفاده از روان کارهای مختلف و اعمال فرآیندهای سطحی گوناگون در قالب سازی انجام شده است در سال‌های اخیر با گسترش فن آوری نانو، شرکت‌های بزرگ دنیا سعی در استفاده از این فن آوری در افزایش عمر کاری و کیفیت قالب‌های خود کرده‌اند.



منابع

میرعباس زاده، کاووس (تکنولوژی ساخت لایه نازکو کاربردهای آن) مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، سال 1381
علم خواه حسن، موسوی زاده سیدعلی، گزارش کاربردهای نانوپوشش های سخت و مقاومت در صنعت، انتشارات ستاد ویژه توسعه فناوری

نانو، سال 1392

G.Erkens,R.Cremer,T.Hamoudi,K.-D.Bouzakis,I.Mirisidis,S.Hadjiyiannis,"Properties and performance of high aluminum containing (Ti,Al)N based supernitride coatings in innovative cutting applications",Surface and coatings Technology 177-178(2004)727-734

L.Chen,J.paulitsch,Y.Du,P.H.Mayrhofer,Thermal stability and oxidation resistance of Ti-Al-N coatings"Surface &Coatings Technology 206(2012)2954-2960.

S, SequeiraApplications of Nanotechnology in Automobile Industry,Octobr 2015

K.S.Klimek,A.Gebauer-Teichmann,p.Kaestner,K.T.Rie,"Duplex-PACVD coating of surfaces for die casting tools",Surfacs & Coatings Technolgy 201(2016)5628-5632

D.Heim,F.Holler,F.Ustel,D.Heim,"Application of hard coatings in aluminium die casting soldering,erosiom and thermal fatigue behavior",Surface and Coatings Technology 125(2020)233-239.



The application of nanotechnology in the automotive molding industry

Mohammad Hadi Ebadi Automotive mechanical engineering expert, Saipa large industrial molds company

Nabi Ollah Yusuf Zadegan Senior expert in executive management, production manager of Saipa large industrial molds company

Mehdi Rashidi Alashti

Bachelor's student of document registration law, production of Saipa large industrial molds company

Abstract

Due to the significant progress of nano coating technology, the existing problems in facing wear, erosion and impact in the automotive molding industry and related industries have been solved. A major part of the parts in various industries to achieve the desired shape and properties is one of the shape processes. For example, in forging with a hammer press, an impact press can use a force of several tens of tons and in some cases a force of several hundreds of tons in a fraction of Enters seconds into the format In such an acute situation, the main factor is the reduction of the life of the mold, In this article, by looking at the technology of nano coatings, it is possible to tell the problems of molding industries in the field of wear, erosion, impact and corrosion and provide a solution for them.

Keywords: Nano technology, molding, deep drawing