Archive of SID

شانزدهمین سمینار ملی مهندسی سطح
بهمن‌ماه ۱۳۹۴

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران

کاربردهای فناوری نانو در صنعت هوایی

مژگان باقری[1]، علیرضا فیاضی

پژوهشگر آینده پژوهی سازمان صنایع هوایی

چکیده

کاربرد فناوری های نوین از جمله فناوری نانو در صنعت هوایی برای تولید پرنده های با کیفیت فنی و ضریب ایمنی بالاتر و همچنین جذب بازار این محصول همواره مورد توجه سازندگان این محصولات می باشد. امروزه با پیشرفت فناوری نانو تعدادی از شرکت های مهم سازنده از دستاوردهای آن در تولید و ارتقای پرنده ها استفاده می کنند. در ایران نیز این صنعت از مهمترین صنایع رو به رشد به شمار می رود. از این رو استفاده گسترده از فناوری نانو می تواند به نحو چشمگیری در ایجاد تحولات اقتصادی و امکان رقابت با محصولات خارجی موثر باشد. از این رو یافته های فناوری نانو در بخش های مهم صنعت هوایی شامل قطعات گردنده، کاهش صدای پرنده، روغن موتور، پوشش و لاستیک می تواند مورد استفاده قرار گرفته و به افزایش ایمنی و کاهش آلاینده ها و حفظ محیط زیست کمک کند. این مقاله به بررسی به هر یک از بخش ها پرداخته است.

واژگان کلیدی: فناوری نانو، صنعت هوایی، کیفیت محصولات هوایی ، ایمنی محصولات هوایی

[1] کارشناس ارشد صنایع Mozhgan.bagheri@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

فناوری های نوین و نوظهور فرصت های بی بدیل رقابتی را با خود به ارمغان می آورند. روند های کاهش مصرف انرژی، کاهش مصرف مواد اولیه، کاهش آلاینده های زیست محیطی، تولید مبتنی بر نیاز و سفارش مشتری و نظایر آن، همه و همه، نقش فناوری های نو در تولید را در مقایسه با نقش سرمایه های فیزیکی برجسته ساخته اند و به این ترتیب، به محور اصلی رقابت در فضای کسب و کار جهانی تبدیل شده اند. افزایش اهمیت فناوری های نوظهور را می توان ناشی از چهار دلیل عمده دانست. اول آن که استفاده از فناوری های فوق نظیر فناوری نانو، به طور موثر و چشمگیری کیفیت محصولات تولیدی را متناسب با نیاز بازار ارتقاء می بخشد. دوم آن که استفاده موثر از این فناوری ها در چرخه ی تولید نیاز به سرعت عمل بالا و چابکی زیاد دارد. سومین دلیل اهمیت مضاعف این فناوری ها، متکی بودن نوآوری در این حوزه ها به همکاری های جمعی و بنگاهی است. نهایتا چهارمین دلیل، فزایندگی نرخ تحولات فناوری های نوظهور است، به این معنی که ظهور فناوری های جدیدتر با کارآیی بالاتر و هزینه های کمتر قابل پیش بینی می باشد. علاوه بر دلایل ذکر شده مهم ترین شاخصی که دولت ها را وادار می کند تا روند تحولات فناوری های نوظهور را به طور مستمر پیگیری کنند، نبود پیش شرط عبور از فناوری های نوظهور است. بنابراین، هر کشوری با هر درجه از توسعه یافتگی، می تواند با ایجاد بستر مناسب، زمینه ورود به فناوری های نوظهور و استفاده از فرصتهای رقابتی مرتبط با آن ها را فراهم سازد.

از سوی دیگر، باید دانست که چیدمان نهادهای مرتبط با سیستم های اقتصادی و اجتماعی هر کشور به طور منطقی پاسخ گوی نیازهای سیستم در حالت تعادل است. اما ظهور فناوری های جدید و خلق فرصت های تازه رقابتی این تعادل را بر هم می زند و طرح مجدد تقسیم کار در عرصه جهانی را سبب می شود. و این به معنای به هم خوردن پاسخ ثابت و متعادل سیستم اقتصادی و اجتماعی در سطح ملی و ورود آن ها به دوره های گذار است[1].

بدین ترتیب افزایش رقابت در سطح جهانی، افزایش محدودیت ها در منابع مالی و انسانی، کاهش توان هزینه سازی برای این مسائل و افزایش پیچیدگی سامانه های اقتصادی و اجتماعی؛ واقعیت های جهان امروز هستند. علم و فناوری در این جهان پر از رقابت، محدودیت و پیچیدگی، موقعیت های جدیدی را به وجود آورده اند که می توان آن ها را موتور محرک توسعه اقتصادی و اجتماعی جهان دانست. بهره برداری درست از تحولات

www.SID.ir

Archive of SID

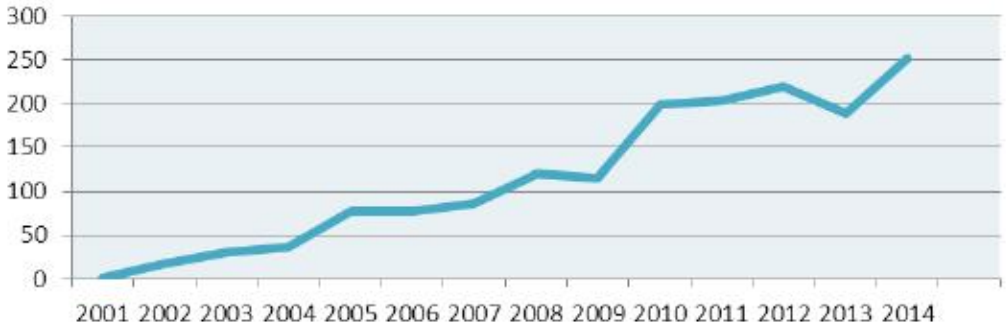
سریع علم و فناوری و مدیریت تحولات علمی و فناورانه مستلزم آن است که قادر باشیم سیاست های علم و فناوری خود را متناسب با تهدید ها و فرصت های آینده ای که در تحولات و انقلاب های علمی و فناوری

موجود است، طراحی کنیم. در جهانی که محدودیت منابع و فشار رقابت جهانی فرصتی برای اشتباه کردن فراهم نمی سازد ما باید به شناسایی و ساخت اولویت های توسعه فناوری نانو پرداخته و به بهترین وجه از مواهب این فناوری نوظهور در صنعت هوایی استفاده کنیم.

صنعت هوایی محیط مناسبی برای رشد و توسعه فناوری‌های نوظهور و علوم مربوط به آنها می‌باشد اگر چه هنوز نانوفناوری در آغاز حیات خود قرار دارد، ولی در همین چند سال اخیر امیدهای زیادی را در بین دانشمندان برای دستیابی به مواد با قابلیت‌های بالا و ساخت محصولات با عمر و کیفیت بالا ایجاد کرده است و باعث شده است که تحقیقات در زمینه نانو به‌عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی پیش روی جهانیان باشد[2].

در بررسی های صورت گرفته در اداره تجاری سازی پتنت آمریکا۱ تعداد پتنت های ثبت شده بین سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ در زمینه فناوری نانو که با صنعت هوایی مرتبط می باشند ۱۶۸۴عدد بوده است. نمودار ۱ روند اختراعات فناوری نانو که در صنعت هوایی جهان ثبت شده را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود این روند نرخ صعودی مناسبی را داراست.

نمودار ۱: پتنت های ثبت شده فناوری نانو مرتبط با صنعت هوایی جهان



منبع: (سایت اداره تجاری سازی پتنت آمریکا،

کاربرد نانو در قطعات گردنده

پوشش های نانو ساختار بر روی قطعات گردنده (چرخ دنده ها) به ضخامت ۱ تا ۵ میکرومتر بدون اینکه بر ضخامت و یا قطر قطعات تاثیری داشته باشند می توانند باعث ایجاد بهبود در مقاومت سایشی، خوردگی و

1 United States Patent ND Trademark Office (USPTO)

www.SID.ir

Archive of SID

حرارتی گردند[3]. فناوری نانو پوشش مزایای فنی چون افزایش سختی، مقاومت به سایش و فرسایش، مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون و پایداری در دمای بالا، امکان کاهش ضریب اصطکاک را در پی داشته که در اینخصوص نباید از مزایای اقتصادی و تولیدی فناوری نانو پوشش همچون افزایش بهره وری و راندمان (افزایش عمر قطعات و بهبود کیفیت محصولات)، کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری و کاهش مصرف مواد روان کننده و ... چشم پوشی کرد. در صنعت بالگردی نیز با استفاده از نانو پوشش های مقاوم به حرارت می توان در معیارهایی چون زمان بازنشستگی قطعه[1] بهبود و یا زمان بین دو تعمیر اساسی[2] را افزایش داد[5].

در طی سالیان اخیر توسعه پوشش ها همگام با توسعه صنعت و ایجاد پوشش های خاص بر اساس کاربرد صنعتی مورد توجه قرار گرفته[6] که این پوشش ها عبارتند از :

- پوشش های نانولایه
- پوشش های نانو کامپوزیت
- پوشش های چند منظوره خیلی سخت[3]
- پوشش های سد حرارتی

از سویی دیگر روند تحقیق و توسعه پوشش های PVD[4] در ایران به قرار ذیل می باشد:

- نسل اول: پوشش های تک لایه کریستالی که شامل ترکیبات TiN ، TiC، TiCN، TiAlN، CrN، TiAlCrN، TiCrN می باشد.

- نسل دوم: پوشش های چند لایه شامل TiN-TiCN, CrN-TiN, TiN-TiAlN, CrN-TiAlN, CrN-CrAlN, CrN-AlCrN, TiN-TiAlN- TiN-TiCN-TiAlN هستند.

- نسل سوم: پوشش های نانولایه و نانوکامپوزیت TiAlN/Si3N4, TiN/Si3N4, TiC/DLC می باشند

- نسل چهارم: پوشش های سه و چهار جزئی

- نسل پنجم: پوشش های سد حرارتی و مقاوم در برابر خوردگی دمای بالا مشتمل بر Oxynitride coating, Ceramic Oxide coating, YSZ است.

[1] Mandatory Retirement Time (MRT)
[2] Time Between Overhaul (TBO)
[3] Multi-purpose super hard
[4] physical vapor deposition

www.SID.ir

Archive of SID

در صنایع هوایی و در قطعات گردنده موتور، استفاده از پوشش های سد حرارتی تشکیل شده از ترکیبات YSZ، CrAlON، Cr2O3/Al2O3 که با خصوصیاتی چون ضخامت در محدوده ۳۰ تا ۱۰۰ میکرومتر، مقاومت دمایی تا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد، قابلیت تحمل شرایط سایشی و خوردگی در دمای بالا، دارای ضریب انتقال حرارت پایین در مرحله تست می باشد، می تواند بیشتر مورد استفاده قرار گیرد[7].

کاربرد نانو در کاهش صدای پرنده ها

آلودگی صوتی، یکی از مشکلات محیط داخل پرنده ها برای مسافران و همچنین خلبان می باشد. قرار گرفتن در معرض سر و صدا به مدت طولانی منجر به استرس، ضعف شنوایی و اختلال در تصمیم گیری های استراتژیک آنی خصوصا در پرواز های تهاجمی می شود. بنابراین تقاضا برای کاهش صدا در محصولات هوایی جدید رو به رشد است. شکل ۱ نمونه هایی از انواع عایق های صوتی را نشان میدهد.

شکل ۱: انواع عایق های صوتی(پشم سنگ، پشم شیشه و فوم های پلاستیکی)

عایق های صوتی، بخش کوچکی از بازار عایق است. انواع عایق های صوتی که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرد، پشم سنگ، پشم شیشه و فوم هاس پلاستیکی است. در حال حاضر پشم سنگ با بیش از یک سوم سهم بازار جهانی، اصلی ترین عایق صوتی است که مورد استفاده قرار می گیرد. مزیت های عمده پشم سنگ، عایق حرارتی، نصب آسان، مقاومت در برابر آتش، افزایش چگالی و خاصیت آکوستیک عالی است. اما مشکل اساسی که در جذب صوت وجود دارد، توانایی کم جاذب های موجود در امواج با فرکانس های پایین و یا متوسط است. محدوده شنوایی قابل درک برای انسان از ۱۶ تا ۲۰،۰۰۰ هرتز است. در نتیجه عایق صوتی باید توانایی جذب صوت در تمامی محدوده مذکور را به خوبی داشته باشد. اکثر عایق های رایج توانایی جذب صدا در فرکانس های بالا را به خوبی دارا می باشند، اما ضریب جذب آن ها در محدوده فرکانسی پایین (کمتر از ۲۰،۰۰۰ هرتز) کاهش می یابد. برای حل این مشکل هنگام استفاده از پشم سنگ، به ناچار باید چندین لایه از آن

www.SID.ir

Archive of SID

در کنار هم استفاده شود که باعث افزایش ضخامت عایق شده و موجب اشغال فضای زیادی می شود. همچنین پشم سنگ تحریک کننده پوست، چشم و مجرای تنفسی است و در صورتی که قطر الیاف آن کمتر از ۳ سانتیمتر باشد، به راحتی وارد شش ها می شود. فوم های پلاستیکی نیز به علت قابلیت اشتعال پذیری بالا محدودیت استفاده دارند[8] شکل ۲ نمونه ای از نانو الیاف جاذب صوت را نشان میدهد.

شکل ۲: نانو الیاف جاذب صوت

تحقیقات نشان داده که نانو الیاف، یعنی الیافی با قطر در محدوده چند نانومتر تا چند میکرومتر، دارای خواص بسیار جذابی برای جذب صوت می باشند. برای برخی فرکانس ها، جاذب های بر پایه نانو الیاف می توانند فاکتورهای جذب بسیار بالاتری نسبت به جاذب های سنتی داشته باشند. استفاده از نانو الیاف جاذب صوت موجب افزایش عملکرد در فرکانس های پایین و متوسط، بدون افزایش قطر عایق، خواهد شد.

کاربرد نانو در روغن موتور پرنده ها

امروزه نانو تکنولوژی به عنوان علمی با دامنه تحقیقاتی بسیار گسترده، مورد توجه محققین دنیا قرار گرفته و حقیقتا هر شاخه‌ای از این علم نیازمند مطالعات، آزمایشات و تحقیقات تخصصی و ویژه است.

یکی از شاخه‌های نانوتکنولوژی مربوط به استفاده از نانوذرات با خواص حرارتی بسیار بالا در سیالات پایه دارای خواص حرارتی پایین تر می‌شود که محصول آن سوسپانسیونی با خواص حرارتی بالاتر از سیال اولیه است. در بحث انتقال حرارت، خواص ضعیف انتقال حرارت سیالات متداول را می‌توان یکی دیگر از موانع اساسی در کارآمدسازی تجهیزات انتقال حرارت دانست. سیال‌هایی نظیر روغن، آب و اتیلن گلیکول با توجه به خواص حرارتی پایینشان، توانایی محدودی در انتقال حرارت دارند. بر عکس، فلزها دارای ضریب انتقال حرارتی تا سه

www.SID.ir

Archive of SID

برابر بیشتر از سیال‌های مذکور می‌باشند. ایده ترکیبی از این دو ماده برای تولید محیط انتقال حرارتی که شبیه به سیال عمل کند و هدایت حرارتی فلزات را داشته باشد، بر این اساس شکل گرفته است که در نهایت منجر به بوجود آمدن نانوسیال‌ها که شامل ذرات کوچکتر در ابعاد نانومتر هستند شده است.

نانوسیال، سیالی است که از توزیع ذرات جامد با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر در سیال‌های مورد استفاده در تجهیزات گرمایی به وجود می‌آید. در تهیه نانوسیال‌ها عموما از نانوذرات فلزی یا اکسیدهای فلزی مانند مس، آلومینا، نقره، طلا، اکسید مس، اکسید تیتانیوم و سایر نانوذرات که دارای خواص حرارتی مطلوبی هستند، استفاده می‌شود و سیال پایه، سیالات متداول مانند آب، اتیلن گلیکول و روغن‌های صنعتی می‌باشد. با توجه به بالاتر بودن ضریب هدایت حرارتی این ذرات در مقایسه با سیالات رایج در انتقال حرارت، انتظار می‌رود که نانوسیال کارایی حرارتی بهتری نسبت به سیال پایه مربوطه داشته باشد. دلیل انتخاب ابعاد نانو برای اندازه این ذرات، پایداری بیشتر آن‌ها در مقایسه با ذرات بزرگتر و سطح تبادل حرارتی بیشتر، همزمان با داشتن وزن کمتر می‌باشد. در عمل حدود ۱۵ تا ۴۰ درصد افزایش در ضریب رسانش حرارتی نسبت به سیال پایه و تا ۴۰ درصد افزایش در ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی ذکر شده است [4]. این مقدار افزایش در ضریب هدایت حرارتی را نمی‌توان به بالاتر بودن ضریب هدایت حرارتی نانوذرات اضافه شده به سیال پایه نسبت داد. بلکه مکانیزم‌های دیگری وجود دارد که این افزایش چشمگیر در خواص حرارتی ناشی از آن‌ها است. به صورت خلاصه مزایای استفاده از نانوسیال، در مقایسه با سیال با ذرات بزرگتر، شامل افزایش انتقال حرارت، ایجاد سوسپانسیون پایدارتر، کاهش توان لازم برای پمپاژ سیال، کاهش گرفتگی و انسداد مجاری و کاهش اندازه سیستم‌های انتقال حرارت می‌شود[9,10].

کاربرد نانو در پوشش های ضد خوردگی برای پرنده ها

یکی از مشکلات پرنده ها، پوسیدگی بدنه آن ها به دلیل عدم چسبندگی کافی رنگ به بدنه می باشد؛ که با انتخاب درست پوشش می توان میزان پوسیدگی را کاهش داد. برای رسیدن به چسبندگی مناسب باید پلیمر مناسبی انتخاب نمود. با اضافه کردن نانو پودر (تا ۳۰ درصد) به رنگ باعث افزایش واکنش پذیری پوشش گشته، که این پوشش خود وارد واکنش شیمیایی شود ولی مانع خوردگی زیر پوشش گردد. نانو پودرهای اکسید فلزی کاربردهای وسیعی در صنعت هوایی دارند. این پودرها به عنوان افزودنی رنگ برای ایجاد اثرات رنگی جدید و سختی و دوام بالاتر به کار می روند[11].

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد نانو در لاستیک پرنده ها

موارد استفاده از فناوری نانو در لاستیک عبارت از نانو فیلرها و نانو کامپوزیت ها می باشد . این مواد به لاستیک ها خواص ویژه ای می بخشد . با توجه به تحقیقات بعمل آمده چهار ماده نانومتری در صنعت لاستیک سازی کاربرد فراوانی پیدا کرده اند . این چهار ماده عبارتند از :

- اکسید روی نانومتری
- نانو کربنات کلسیم
- الماس نانومتری
- ذرات نانومتری خاک رس

با افزودن این مواد به ترکیبات لاستیک به دلیل پیوند هایی که در مقیاس اتمی بین این مواد و ترکیبات لاستیک صورت می گیرد ، علاوه بر بهبود خواص فیزیکی باعث افزایش مقاومت سایشی ، افزایش استحکام ، بهبود خاصیت مکانیکی ، افزایش حد پارگی و حد شکستگی نیز می گردد. در زیبائی ظاهری لاستیک نیز تأثیر گذاشته و باعث لطافت ، همواری ، صافی و ظرافت شکل ظاهری لاستیک می گردد[12,13].

نتیجه گیری

بکارگیری فناوری نانو در ایجاد پوشش های نانو متری یا حاوی اجزای نانو مقیاس در صنعت هوایی کشور دگرگونی عظیمی در خواص مکانیکی، فیزیکی و خوردگی آن ها ایجاد می کند. در این میان صنعت هوایی مصادیق بسیاری در به کارگیری فناوری نانو در موارد زیر دارد:

- نانو پوشش ها
- تولید مواد جدید برای ساخت بدنه پرنده و اجزای آن به منظور افزایش استحکام
- تولیدمواد جدید برای افزایش قابلیت عملکرد پرنده ها مانند سوخت های جدید، باتری های با ذخیره انرژی بسیار بالا و پیل های سوختی، انواع پوشش دهی جهت عمردهی اجزاء
- نانو فایبر گلاس و نانو کامپوزیت ها
- جاذب های ارتعاشی
- نانو رنگ ها
- نانو حسگرها

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به وضعیت مناسب کشور این حوزه با استفاده از تربیت نیروی انسانی در حوزه های شناسایی شده و ارتباط با دانشگاه ها، می تواند گام های موثری در تحقق ماموریت های خود بردارد. همچنین صنعت هوایی ایران برای نیل به پیشرفت های جدید، ارتقای بازده محصولات خود و جلب رضایت مشتری بهتر است توانمندی خود را در حوزه ی فناوری نانو شناسایی کرده، آن ها را به صورت پروژه های تحقیقاتی-کاربردی در مراکز پژوهشی یا بخش طرح و توسعه خود تعریف نماید. سازگاری محصولات هوایی با محیط زیست و کاهش آلاینده های صنعت پوشش دهی، یکی از مزایای به کارگیری فناوری نانو پوشش ها، محسوب می شود و در این زمینه دامنه تحقیقات گسترده ای به انجام رسیده است.

منابع:

[1]. Marcus Bidmon, Helene valadon et. al. , "SWOT Analysis Concerning the use of Nanomaterialsin Automotive sector", Nanomaterial Roadmap 2015

[2]. Patents in nanotechnology: an analysis using macro-indicators and forecasting curves. By Douglas Henrique Milanez. Leandro Innocentini Lopes de Faria. Roniberto Morato do Amaral Rodrigo Leiva. Jose Angelo Rodrgues Gregolin. Spinger,19 February 2014.

[3]. S. U. Choi, Nanofluids: from vision to reality through research, Journal of Heat Transfer, Vol. 131, No. 3, pp. 033106, 2009 .

[4]. M. Prakash, E. Giannelis, Mechanism of heat transport in nanofluids, Journal of computer-aided materials design, Vol ,۱۴ No. 1, pp. 109-117, 2007 .

[5]. Brook R D, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G,Lipsett M, Luepker R, Mittleman M, Samet J, Smith S C& Tager I (2004). Air pollution and cardiovascular disease. Circulation 109, 2655–2671

[6]. BMRB (2004). Nanotechnology: Views of the General Public. London, UK: BMRB nternational Ltd Report. www.nanotec.org.uk .

[7]. European Commission (2004a). Communication of the European Commission: Towards a European Strategy for Nanotechnology. COM(2004) 338

[8]. Erhardt D (2003). Materials conservation: not-so-new technology. Nature Materials Vol 2, 509-510.www.ismn.cnr.it/Symp-O-NatureMaterials.pdf

[9]. L. Liu, Z. Fang, A. Gu, Z. Guo, Lubrication effect of the paraffin oil filled with functionalized multiwalled carbon nanotubes for bismaleimide resin, Tribology Letters, Vol. 42, No. 1, pp. 59-65, 2011 .

[10]. S. Ma, S. Zheng, D. Cao, H. Guo, Anti-wear and friction performance of ZrO2 nanoparticles as lubricant additive, Particuology, Vol. 8, No. 5, pp. 468-472, 2010 .

[11]. Y. Peng, Y. Hu, H. Wang ,Tribological behaviors of surfactant-functionalized carbon nanotubes as lubricant additive in water, Tribology Letters, Vol. 25, No. 3, pp. 247-253, 2007 .

[12]. M. Shen, J. Luo, S. Wen, J. Yao, Nano-tribological properties and mechanisms of the liquid crystal as an additive, Chinese Science Bulletin, Vol. 46, No. 14, pp. 1227-1232, 2001 .

[13]. National Consumer Council (2003). Winning the Risk Game. National Consumer Council: London www.ncc.org.uk.

www.SID.ir