

بررسی انواع نانو کامپوزیت ها و کاربرد آنها در صنایع دریایی و نظامی

^۱ محمد جوان الماسی، ^۲ رضا مهرآبادی، ^۳ طاهره فنایی شیخ الاسلامی

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشکده نانو فناوری، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشکده نانو فناوری، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۳ استادیار، پژوهشکده نانو فناوری، دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

اساس نانو فناوری، درک خواص و رفتار جدید ذراتی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر است که به نانو ساختارهای ساخته شده از آن ذرات، منتقل می شود. نانو فناوری امروزه در کشور مورد توجه جدی قرار گرفته و روز به روز در حال رشد و شکوفایی هر چه بیشتر است. همزمان با آن، صنایع دریایی نیز دچار تحولات اساسی شده و سرمایه گذاری های بسیاری در این صنعت صورت گرفته است. ایران با داشتن ۲۹۰۰ کیلومتر مرز آبی، در شمال و جنوب؛ در زمینه صنایع دریایی، کشوری در حال توسعه محسوب می شود. این نکته نیز حائز اهمیت می باشد که صنایع دریایی می تواند عامل مهمی در رشد و توسعه همه جانبه در مناطق ساحلی ایران باشد. لذا با توجه به اهمیت توسعه صنایع دریایی در کشور و از طرف دیگر به دلیل خصوصیات منحصر به فرد و کاربرد بسیار نانو کامپوزیت ها، به بررسی خواص و کاربرد این دسته از مواد در صنایع دریایی پرداخته شود.

واژه های کلیدی: نانو کامپوزیت، صنایع دریایی، صنایع نظامی، نانو فناوری.

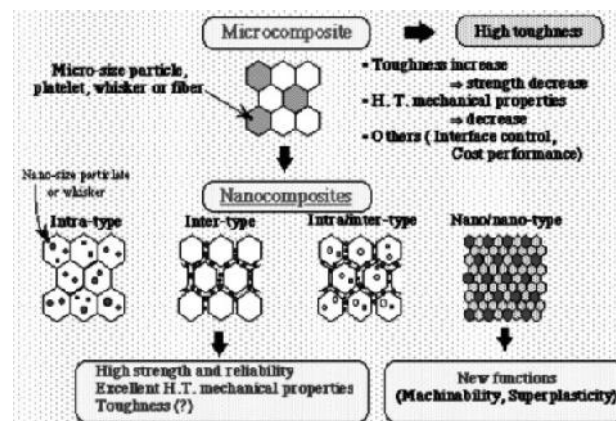
۱- مقدمه

در سال های اخیر نانو تکنولوژی به یکی از مهمترین زمینه های تحقیقات در تکنولوژی های نوین بدل شده است. این دانش به درک خواص و رفتار جدید ذراتی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر می پردازد که به نانو ساختارهای ساخته شده از آن ذرات، منتقل می شود. [۱۲]. نانو تکنولوژی علم طراحی، ساخت و کاربرد نانو ساختارها یا نانو مواد و بررسی ارتباط خواص مختلف مواد (فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، الکتریکی و ...) با ابعاد نانومتری آنها می باشد. این دانش با استفاده از علوم مختلف مانند فیزیک، شیمی، علم مواد، بیولوژی و مهندسی چهار هدف عمده که شامل الف) سنتز نانو مواد ها و نانو ساختار ها، ب) بررسی ارتباط خواص مواد با ابعاد نانو متری آنها، ج) طراحی و ساخت نانو ابزار ها، د) طراحی سازه های جدیدی با استفاده از نانو مواد، می باشند را پیگیری می نماید [۱۶]. لذا با توجه به خواص مناسبی که نانو مواد دارا می باشند، استفاده از این فن آوری در کلیه علوم مانند پزشکی، پتروشیمی، علوم مواد، صنایع دفاعی، الکترونیک، کامپوترهای کوانتومی و غیره باعث شده است که تحقیقات در زمینه نانو به عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی پیش روی جهانیان باشد [۷]. یکی از این صنایع بسیار مهم که می تواند با استفاده از تکنولوژی نانو با سرعت بیشتری پیشرفت نماید، صنایع دریایی و نظامی است. امروزه ثابت شده است که صنایع دریایی می تواند عامل مهمی در رشد و توسعه در مناطق ساحلی ایران باشد. ایران در زمینه صنایع دریایی با داشتن ۲۹۰۰ کیلومتر مرز آبی کشوری در حال توسعه محسوب می شود، در حالی که برخی از کشورهای اروپایی با کمتر از یک پنجم این مرز آبی، جزو کشورهای قدرتمند در زمینه صنایع دریایی قرار دارند و به واسطه این توانمندی، سلطه خود را بر دنیا تحمیل کرده اند. در ایران صنایع دریایی به معنای واقعی خود، یعنی ساخت سکوها ی ثابت و متحرک دریایی، کشتی های اقیانوس پیما، غوطه ور شونده ها، زیردریایی ها و غیره، حدود یک دهه از عمرشان می گذرد و صنعتی نوپا محسوب می گردند. لذا مدیران کلیه بخش های صنعتی کشور از جمله صنایع دریایی نباید خود را نسبت به فناوری نانو بیگانه بدانند، بلکه همواره باید پیشرفت های این شاخه از دانش و فناوری مولکولی را در دنیا زیر نظر داشته و از پیشرفت این فناوری جدید در کشور حمایت های مادی و معنوی لازم را به عمل آورند [۳]. یک دسته از مواد نانو ساختار که پتانسیل زیادی جهت استفاده در صنایع دریایی دارد نانو کامپوزیت ها می باشند. نانو کامپوزیت ها، مواد مرکبی هستند که ابعاد یکی از اجزاء تشکیل دهنده آنها در محدوده نانومتری (۱ تا ۱۰۰ نانومتر) قرار گرفته باشد یا به عبارت دیگر کامپوزیتی است که در ابعاد زیر میکرون خاصیت کامپوزیتی خود را حفظ نماید [۱۰]. لذا در این مقاله سعی شده است با توجه به خواص منحصر به فرد نانو کامپوزیت ها از یک سو و اهمیت استفاده از مواد نانو ساختار در صنایع دریایی و نظامی از سوی دیگر، به بررسی انواع، خواص، کاربرد و برخی از روشهای ساخت این مواد پرداخته شود.

۱- نانو کامپوزیت ها

مواد نانو کامپوزیتی در سال های اخیر در علوم محض و مهندسی مورد بررسی و تحقیق زیادی قرار گرفته اند. بهترین مثال برای نانو کامپوزیت های طبیعی بافت استخوان است که از فاز زمینه سرامیکی و تقویت کننده های آلی تشکیل شده است. این مواد به دلیل تنوع زیادی که دارند می توانند

کاربردهای فراوانی داشته باشند. نانوکامپوزیت ها شامل مواد چند فازی هستند که حداقل یکی از اجزای تشکیل دهنده آن در یک بعد اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر داشته باشد. در این مواد زمانی که یکی از فازها به ابعاد نانو می‌رسد، خواص نانوکامپوزیت نسبت به کامپوزیت های مرسوم از همان فازها، تغییر می‌کند. شایان ذکر است برای رسیدن به خواص بهتر در نانو کامپوزیت ها می‌بایست توزیع اندازه نانو ذرات و پراکندگی آنها در فاز ماتریس کامپوزیت را کنترل نمود [۲۵]. علت اینکه این مواد نسبت به کامپوزیت های متداول خواص ویژه و مطلوب تری را از خود نشان می دهند این است که نیروهای بین سطح مشترک تقویت کننده و زمینه در یک نانوکامپوزیت، به علت ابعاد نانومتری ذرات تقویت کننده، نسبت به اندازه این نیروها در یک کامپوزیت معمولی قوی تر می باشند. نانوکامپوزیت ها از دو قسمت اصلی زمینه (ماتریس) و تقویت کننده تشکیل شده است که زمینه از لحاظ جنس پلیمری، فلزی و سرامیکی می باشد [۹]. هر یک از این نوع کامپوزیت ها بر اساس خواصی که دارند، کاربرد های متفاوتی نیز خواهند داشت. کامپوزیت های زمینه پلیمری، از یک رزین پلیمری (پلاستیک تقویت شده مولکول درشت) به عنوان زمینه با رشته ایی به عنوان عامل تقویت کننده تشکیل شده است. از ویژگیهای این دسته از کامپوزیت ها، کاربرد متنوع و گسترده، خواص خوب در دمای محیط، سهولت ساخت و هزینه کم است. در کامپوزیت های زمینه فلزی زمینه دارای یک فلز انعطاف پذیر می‌باشد. برتری های این نوع کامپوزیت نسبت به کامپوزیت های زمینه پلیمری دمای عملکرد بالاتر، عدم اشتعال و مقاومت بیشتر در برابر تهاجم سیالات آلی است. البته لازم به ذکر است این نوع کامپوزیت ها نسبت به کامپوزیت های زمینه پلیمری هزینه تولید بیشتری داشته و در نتیجه استفاده از آنها نیز محدودتر است. دسته سوم کامپوزیت ها، کامپوزیت های زمینه سرامیکی می باشد. این دسته از کامپوزیت ها بدلیل مقاومت عالی در برابر اکسایش در دمای بالا، با وجود احتمال شکست ترد، بهترین گزینه برای استفاده در دماهای زیاد و تنش های شدید هستند. به ویژه در قطعات مهندسی که می‌بایست استحکام در دمای بالا داشته باشند. کامپوزیت های زمینه سرامیکی تنها کامپوزیت هایی هستند که بالای ۹۰۰ درجه سانتی گراد استحکام خود را حفظ می کنند [۲۸]. فاز نانوساختار به کار رفته در نانوکامپوزیت می‌تواند از نانو مواد صفر بعدی (مانند نقاط کوانتومی)، یک بعدی (مانند نانوتیوب ها و نانو سیم ها)، دوبعدی (مانند نانو پوشش ها) و سه بعدی (مانند نانو ساختارها) تشکیل شود. به طور کلی نانو کامپوزیت ها می‌توانند خواص بهبود یافته‌ی مکانیکی، الکتریکی، نوری، الکتروشیمیایی، کاتالیستی و ساختاری از خود نشان دهند [۲۵]. کامپوزیت ها با داشتن آرایش های مولکولی متفاوت، کاربردهای وسیع تر و جدیدتری را تجربه خواهند کرد. از جمله خواص مهم کامپوزیت ها، استحکام زیاد در عین وزن کم، مقاومت بالا در برابر خوردگی و خاصیت جذب امواج راداری است. این خاصیت به منظور ساخت هواپیماها و زیردریایی هایی که به وسیله رادار قابل شناسایی نیستند، مورد استفاده قرار می گیرد [۷]. نانوکامپوزیت ها از نظر ساختاری نیز می‌توانند به صورت های مختلفی باشند. همانطور که در شکل زیر دیده می‌شود، نانوکامپوزیت ها می‌توانند به شکل های Intra-type, Inter-type, Intra/Inter-type و Nano/nano type باشد.



شکل (۱) شکل های مختلف نانو کامپوزیت Intra-type, Inter-type, Intra/Inter-type و Nano/nano type [۲۵].

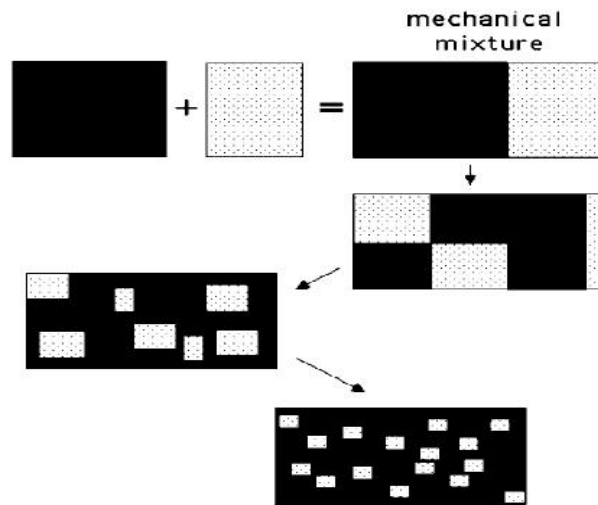
۲- روش های ساخت نانوکامپوزیت ها

نانو کامپوزیت ها معمولاً به روش های مختلفی تولید می‌شوند. در ادامه به برخی از این روش های مرسوم اشاره می‌نماییم.

۲-۱ روش آلیاژ سازی مکانیکی

آسیاب کردن مکانیکی، فرآیندی است که به طور معمول در صنایع متالورژی پودر و فرآیند های کانه آرابی استفاده می‌شود. در آسیاب کردن مکانیکی، مخلوطی از پودرهای اولیه را، که یا از پیش مخلوط شده یا در محفظه آسیاب مخلوط می‌شوند، در یک اتمسفر محافظت شده آسیاب

می‌کنند [۵]. آلیاژسازی مکانیکی معمولا برای تولید ذرات کوچک مانند اکسیدها و کاربرد ها به کار می‌رود. شکل (۲) نشان دهنده شماتیکی روش تولید آلیاژهای فلزی می‌باشد.

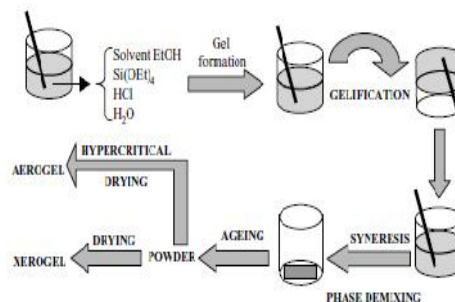


شکل (۲) تصویر شماتیکی روش تولید آلیاژسازی مکانیکی [۱۷]

در روش آسیاب پر انرژی، آلیاژ توسط شکستن های متناوب و جوش خوردن ذرات به یکدیگر تولید می‌شود. این روش ساختارهایی مانند آلیاژهای آمورف و نانوکامپوزیت ها را با انعطاف پذیری بالا تولید می‌کند اما کنترل خلوص و یکنواختی آلیاژ دشوار است. آسیاب پر انرژی با انجام فرآیند فرسایش و انباشتگی می‌تواند محرک یک واکنش شیمیایی باشد که توسط انرژی مکانیکی به سیستم القا می‌شود. لذا این مسئله می‌تواند تاثیر بسزایی بر روی پروسه آسیاب و خواص ماده تولیدی داشته باشد. با استفاده از این فرآیند می‌توان بوسیله جانشین کردن اکسید فلزات با فلزات بسیار فعال، نانوکامپوزیت های مغناطیسی اکسیدی- فلزی تولید نمود [۲۵]. همچنین این روش می‌تواند بر روی تغییرات شیمیایی سیستم های نانومتالورژیکی بوسیله القای سیلیکات ها، مواد معدنی، فریت ها، سرامیک ها و ترکیبات آلی تاثیرگذار باشد. روش آسیاب پر انرژی به دلیل سادگی روش و توانایی تولید زیاد، روشی مناسب برای ساخت مواد نانوکریستالی به حساب می‌آید.

۲-۲ روش سل - ژل

روش سل-ژل یک پروسه صنعتی قدیمی است که در ابتدا برای تولید نانو ذرات کلویدی از فاز مایع به کار می‌رفته و اخیرا برای تولید نانو مواد پیشرفته و پوشش ها مورد استفاده قرار گرفته است. فرآیند سل-ژل به خصوص برای سنتز نانو ذرات اکسیدی و نانو پودر های کامپوزیتی بسیار مناسب است. آئروژل ها که دارای ساختار بسیار متخلخل هستند، می‌توانند ماده ی مناسبی برای تولید نانو کامپوزیت ها باشند. آئروژل های تولید شده بوسیله روش سل - ژل دارای چگالی کم (در حدود 0.01 تا 0.5 gr/cm^3)، تخلخل زیاد و حفرات نانو سایز می‌باشد [۱۹ و ۲۲]. در نانوکامپوزیت ها از آئروژل به عنوان زمینه (به عنوان مثال سیلیکا آئروژل ها) استفاده می‌شود و سپس با انتقال یک ترکیب به داخل حفرات، کامپوزیت مورد نظر ساخته می‌شود [۲۵]. در شکل زیر شمای کلی مراحل مختلف این فرآیند نشان داده شده است [۵].

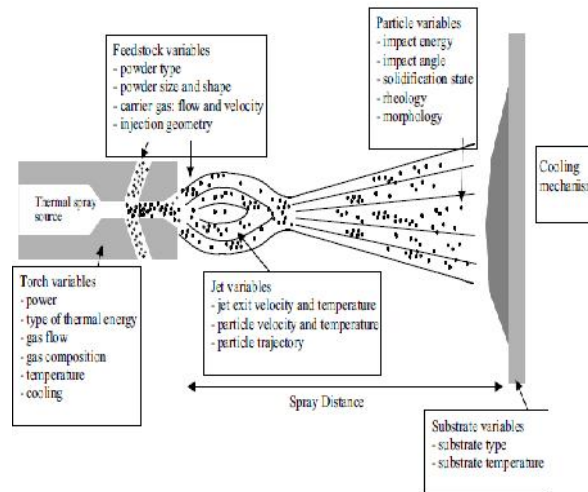


شکل (۳) تصویر شماتیکی روش تولید سل - ژل [۲۶]

نانوکامپوزیت های آئروژل می توانند به روشهای مختلفی تولید شوند که روش انتخابی بستگی به زمان افزودن فاز دوم به مواد آئروژل دارد. ماده دوم می تواند در طول پروسه سل - ژل افزوده شود. ماده افزوده شده می تواند محلول های آلی یا معدنی، پودر های نامحلول، پلیمر، بیو مواد و غیره باشد. پس از افزودن ماده دوم و خشک شدن ژل، نانوکامپوزیت حاوی یک آئروژل به همراه اتم ها و یا یون های فلزی پراکنده شده در درون آن می باشد.

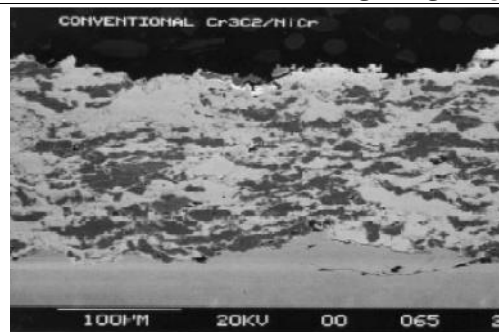
۲-۳ روش پاشش حرارتی

روش پاشش حرارتی یک روش متداول برای ایجاد پوشش های نانو ساختاری می باشد. در این روش پس از ذوب شدن پودرهای نانو کریستالی و پاشش آنها بر روی سطح، این لایه ایجاد شده سریعاً سرد می شود. این انجماد سریع باعث خواهد شد که پوشش ایجاد شده نانو کریستالی بوده و غالباً ساختاری آمورف داشته باشد [۲۵]. در شکل زیر شمای کلی فرآیند پاشش حرارتی نشان داده شده است.

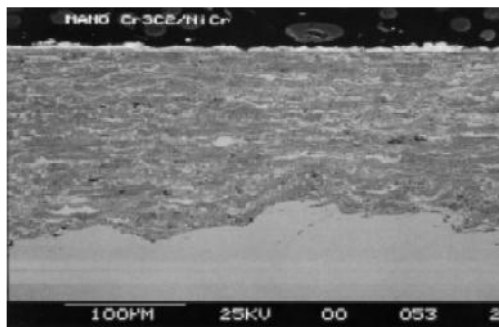


شکل (۴) تصویر شماتیکی روش پاشش حرارتی [۲۵]

این پوشش های کامپوزیتی نانو ساختار نسبت به پوشش های متداول دارای مزایای زیادی مانند پوشش دهی بهتر، سختی بیشتر و ضریب اصطکاک کمتر، هستند [۲۵]. این بهبود خواص عمدتاً به دلیل این است که در نانوکامپوزیت های تولید شده از ذرات نانو ساختار به روش پاشش حرارتی، فاز های تشکیل دهنده کامپوزیت به طور یکنواخت تری در هم پراکنده می شوند. همانطور که در شکل (۵) نیز مشاهده می شود، پوشش ایجاد شده با نانو ذرات دارای یکنواختی بیشتری نسبت به پوشش های کامپوزیتی متداول دارد.



(الف)



(ب)

شکل ۵) تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) از پوشش نانو کامپوزیتی $Cr_3C_2 / NiCr$ (الف) ساختار پوشش کامپوزیتی متداول (ب) ساختار پوشش نانو کامپوزیتی یکنواخت [۲۰]

۳- کاربرد نانو کامپوزیت ها در صنایع دریایی و نظامی

صنایع دریایی می‌تواند با استفاده از پتانسیل مواد نانو ساختار از این مواد در کاربرد های مختلفی استفاده نماید [۱۸]. برخی از مهمترین کاربردهای این مواد عبارتند از: (۱) منابع نوین انرژی و ذخیره آن (۲) سوخت و پیل های سوختی نانویی (۳) تحول در علوم کامپیوتر، الکترونیک، فوتونیک و مغناطیس (۴) نانو پوشش ها (۵) کاربردهای دفاعی نظامی (۶) مواد نوین با ورود به هزاره سوم میلادی، علم کامپوزیت که از سال ۱۹۶۰ میلادی بطور رسمی در صنایع نظامی نیروی دریایی آمریکا صنعتی گردید، دچار تغییرات بنیادی و اساسی شده است. بطوری که حوزه کاربری آن از صنایع هوافضا به شدت متوجه صنایع دریایی (بخش های سطحی و زیر سطحی) شده است. بگونه ای که کشور های پیشرفته ۷۸ درصد محصولات خود را از این منابع تامین می‌نمایند [۴]. از طرف دیگر با توسعه سایر علوم مانند نانو تکنولوژی نوع جدیدی از مواد نانو کامپوزیتی تولید گردید، که بعضا دارای خواص منحصر و خارق العاده ای هستند. از جمله خواص مهم نانو کامپوزیت ها، استفاده از آنها در کاهش مصرف سوخت و انرژی، افزایش استحکام در عین وزن کم، ایمنی و آتش سوزی، افزایش عمر سازه ها، کاهش خسارات ناشی از خوردگی و خاصیت جذب امواج راداری و غیره می‌باشد [۳]. لذا با استفاده از نانو کامپوزیت ها و ساخت موادی با خواص نوین، می‌توان بسیاری از نیاز های صنایع دریایی و نظامی را بر طرف نمود و از طرف دیگر با بهبود خواص کامپوزیت های متداول، کارایی این کامپوزیت ها را افزایش داد. در ادامه به برخی از مهمترین کاربردهای نانو کامپوزیت ها اشاره می‌نماییم.

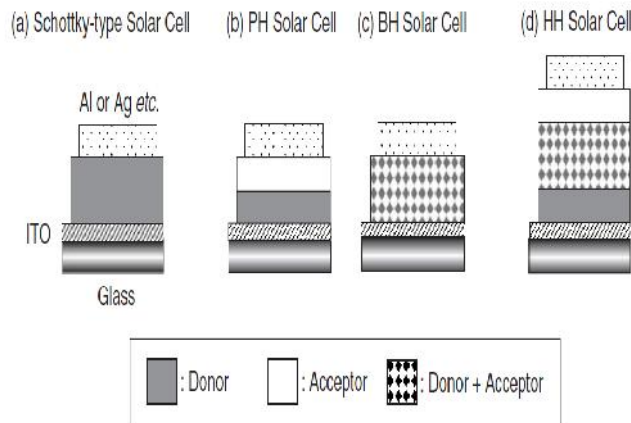
۳-۱ روش های نوین استحصال انرژی از عوامل محیطی

منابع انرژی تجدیدپذیر منابعی هستند که از منابع طبیعی بدون ایجاد نقصان در آنها استفاده کرده و اثرات مضر برای محیط زیست ندارند. انرژی تولید شده از نور خورشید، باد و امواج آب از جمله این منابع هستند [۱۴]. در مقایسه با نیروگاه های سوختی فسیلی، سامانه های انرژی تجدیدپذیر امروزی توانایی تولید انرژی با هزینه کم را ندارند. بنابراین، برای استفاده زیاد از این منابع، توسعه و ایجاد سامانه هایی که توانایی رقابت با تسهیلات سوخت های فسیلی را داشته باشند، لازم است. این توسعه باید به منظور کاهش هزینه و افزایش بازدهی صورت پذیرد. میزان استفاده فعلی از منابع انرژی تجدید پذیر برای تولید برق و گرما در جدول (۱) نشان داده شده است [۶].

جدول ۱ استفاده فعلی از منابع انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق و گرما در جهان (۱۰^۱ GW)

انواع انرژی	برق (GW)	گرما (GW)	کل (GW)
انرژی آب	۸۱۶	-	۸۱۶
انرژی زیست توده	۴۴	۲۲۰	۲۶۴
انرژی خورشیدی	۵۴	۸۸	۹۳
انرژی باد	۵۹	-	۵۹
انرژی زمین گرمایی	۹۳	۲۸	۱۲۱
انرژی اقیانوس	۰۳	-	۰۳
کل	۹۳۴	۳۳۶	۱۲۷۰

در حوزه‌ی تبدیل و ذخیره سازی انرژی، نانو تکنولوژی از طرفی می‌تواند در سیستم های ماکروسکوپی سبب افزایش بازدهی گردیده و از طرف دیگر با ساخت تجهیزات میکروسکوپی در سیستم هایی که نیاز به انرژی بسیار کم دارند، کاربرد داشته باشد. در سیستم های ماکروسکوپی سلول های مبدل انرژی، استفاده از الکتروودها و غشاهای نانو ساختار بسیار مهم است. سلول های مبدل انرژی با اندازه متوسط می‌توانند برای تامین انرژی تجهیزات و وسایل الکتریکی و سلول های بزرگتر جهت تامین نیروی محرکه شناورها مورد استفاده قرار گیرند [۱۵]. یکی از بهترین منابع تجدید شونده انرژی برای تامین انرژی در دهه های آینده، انرژی خورشیدی است. برای استحصال انرژی الکتریکی از نور خورشید از پدیده فتوولتائیک استفاده می‌شود. به پدیده ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیزم های محرک، الکتریسیته تولید کند پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده ها استفاده کند سیستم فتوولتائیک گویند. سیستم های فتوولتائیک یکی از پر مصرف ترین کاربرد انرژی های نو می باشند و تاکنون سیستم های گوناگونی با ظرفیت های مختلف در سراسر جهان نصب و راه اندازی شده است. از سری و موازی کردن سلولهای آفتابی می توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک مجموعه از سلول های سری و موازی شده پنل فتوولتائیک می گویند. سلول خورشیدی عبارت از قطعات نیم رسانایی هستند که انرژی تابشی خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل میکنند [۳]. اولین نسل از سلول های خورشیدی، سلول های خورشیدی غیر آلی مبتنی بر سیلیکون بوده است. در سالهای اخیر ساخت و توسعه سلول های خورشیدی کم هزینه تر مورد توجه قرار گرفته است [۲۴]. نانوکامپوزیت های آلی به دلیل داشتن انعطاف مناسب و وزن کم در سلول های خورشیدی به کار می‌روند. معمولا میزان انرژی تولیدی این سلول های خورشیدی کم است، لذا می‌توان برای تامین انرژی وسایلی که نیاز به انرژی کمی دارند، استفاده شود. لازم به ذکر است با ساختن سطح وسیعی از این سلول های خورشیدی (به عنوان مثال بر روی سطح دریا) می‌توان انرژی تولیدی این سلول ها را افزایش داد. سیستم های میکروسکوپی نیز با استفاده از نانوتکنولوژی می‌توانند انرژی هایی در حدود میکرو وات تولید کنند. از طرف دیگر نانوتکنولوژی می‌تواند با توجه به دوام بالاتر و وزن کمتر با استفاده از موادی با مقاومت حرارتی خوب (غشاهای نانو حفره ای)، باعث بهبود عملکرد ژنراتور ها شود [۱۵]. سلول های خورشیدی پلیمری به دلیل پتانسیل ها متعددی از جمله وزن کم، انعطاف پذیری، هزینه ساخت پایین، استفاده از مواد کمتر و امکان تهیه در مقیاس بزرگ مورد توجه قرار گرفتند. از آنجا که با کوچک شدن ذرات نسبت سطح به حجم ذرات افزایش می‌یابد، استفاده از نانو ساختار ها در لایه فعال سلول خورشیدی به عنوان پذیرنده (Acceptor) یا بخشنده (Donor) و یا در الکتروودها به عنوان گرد آورنده حامل ها بسیار مفید است [۱]. لازم به ذکر است که این سلول های خورشیدی پلیمری ساختار نانوکامپوزیتی دارند. در شکل (۶) انواع مختلف سلول های نانو کامپوزیتی خورشیدی نشان داده شده است.



شکل ۶) مختلف سلول های نانو کامپوزیتی خورشیدی [۲۷]

باد یکی دیگر از این منابع انرژی است که گرچه استفاده از انرژی باد یکی از قدیمی ترین راه های تولید انرژی است اما اخیراً استفاده از دستگاه های بادی مولد برق در بسیاری از کشورها و با بهبود وضعیت اقتصادی آنها رشد قابل ملاحظه ای داشته است. در عین حال مقدار انرژی که یک کشور به آن نیاز دارد و می تواند آن را تولید کند محدود است که این امر به ویژه برای کشورهای فاقد سواحل آبی گسترده به منظور ایجاد نیروگاه های برق آبی حائز اهمیت بوده و می توانند مقدار زیادی از زمین های دور از ساحل را به این کار اختصاص دهند. ممکن است به نظر عجیب برسد که چگونه فناوری نانو که فناوری مدرن و جدیدی است می تواند چیزی به قدمت نیروگاه های بادی را تحت تأثیر قرار دهد. پاسخ این سؤال در مواد مورد استفاده نهفته است. همان طور که می دانیم توان یک توربین بادی متناسب با مربع طول تیغه آن افزایش می یابد در حال حاضر از پیشرفته ترین کامپوزیت های فیبر کربنی در این تیغه ها استفاده می شود اما در صورت استفاده از کامپوزیت هایی از نوع نانولوله های کربنی در آنها، نسبت توان به وزن آنها تا چند برابر افزایش می یابد [۳]. یکی دیگر از منابع جدید برای تامین انرژی استفاده از نیروی امواج دریاست. اخیراً در تحقیقات انجام شده از نانو کامپوزیت های پیزوالکتریک جهت تبدیل انرژی فشاری موج دریا به انرژی الکتریکی استفاده می شود. یکی از این مواد پیزوالکتریک، نانو کامپوزیت های زمینه پلیمری با تقویت کننده های نیمه هادی است [۱۳ و ۲۳]. استفاده از نانو کامپوزیت های پلیمری به دلیل خواص منحصر به فرد آنها نظیر، انعطاف پذیری، وزن کم، سازگاری با محیط زیست و توانایی ساخت در اندازه های بسیار بزرگ در ضخامت ها و شکل های مختلف، می تواند جایگزین مناسبی برای مواد پیزوالکتریک مرسوم جهت استحصال انرژی الکتریکی از نیروهای مکانیکی، باشد [۲۱].

۳-۲ نانو پوشش ها

خوردگی یکی از مشکلات اساسی صنایع دریایی است که همه ساله خسارت های فراوان اقتصادی و زیست محیطی به بار می آورد. خوردگی از عوامل مختلفی ناشی می شود که یکی از علل آن، فعالیت باکتری ها و میکروب ها است. از این نوع خوردگی، تحت عنوان خوردگی میکروبی یاد می شود. رسوبات موجود در آب رودخانه ها و دریاها محیط های مناسب برای رشد و تکثیر میکرو ارگانیزم ها هستند. این میکرو ارگانیزم ها می توانند در سازه های دریایی از قبیل پایه های دکل های حفاری، بدنه کشتی ها و قسمت های فلزی و یا غیر فلزی که در تماس با آب هستند ایجاد مشکلات اساسی نمایند. بر طبق بررسی های جدید، حتی پلیمرها مثلاً پلی اورتان ها نیز از اثرات تجمع میکروبی در امان نیستند. تیرهای چوبی به عنوان کامپوزیت های طبیعی نیز در نتیجه فرسایش جلبک ها و قارچ های پوساننده چوب می توانند دچار انواع پوسیدگی ها شوند. برخی از روش های معمول مقابله با خوردگی میکروبی استفاده از مواد مقاوم در مقابل خوردگی، روکش های محافظ بر روی سطوح فلز، آستر های روئین، تمیز کردن سطوح، استفاده از روشهای بازرسی غیر مخرب و استفاده از میکروب کش ها هستند [۷]. خوردگی معمولاً در سطح مواد شروع شده و طول عمر مواد مورد استفاده را مرتباً کاهش می دهد. به واسطه خوردگی سطح ماده، علاوه بر زیبایی، خواص فیزیکی، مکانیکی، و شیمیایی مواد نیز کاهش می یابد. اخیراً چندین تحقیق راجع به مقاومت به خوردگی مواد نانو ساختاری (نانو کامپوزیت ها، پوشش های نازک در مقیاس نانو، نانو ذرات و غیره) صورت گرفته است. مواد در مقیاس نانو، خواص فیزیکی، شیمیایی و شیمی فیزیکی بی نظیری از خود نشان می دهند و این نکته می تواند سبب بهبود مقاومت به خوردگی گردد [۱۱]. با استفاده از نانوتکنولوژی می توان به روکش هایی دست یافت که محافظت از سطح فلزات را بسیار بهتر از قبل انجام دهد. در این خصوص می توان به نانو کامپوزیت ها و پوشش های نانو کامپوزیتی و فایبرگلاس ها اشاره نمود [۷]. روکش های مورد استفاده در بدنه شناورها و تجهیزات زیر دریا باید در مقابل PH آب دریا، املاح، عوامل خوردنده، نفوذ آب و رشد جلبکها مقاوم باشد. همچنین، باید دارای ویژگی پوشش های بالای سطح آب باشد و در برابر عوامل محیطی مانند تابش نور، رطوبت هوا، عوامل فیزیکی مانند ضربه امواج مقاوم باشند. در ساخت این پوشش ها

باید تمام این فاکتورها را مد نظر قرار دهیم. همچنین روشن شده است که نانو ذرات به علت سطح ویژه بالایشان، توزیع یکنواختی روی ماده زمینه دارند. لذا در این پوشش ها با استفاده از حداقل ماده مصرفی می توان به حداکثر بازده پوششی رسید [۱۱]. یکی از این نوع پوشش ها که در صنایع دریایی مورد استفاده می گردند نانو رنگ ها می باشند. فناوری نانو رنگ های جدید بسیار مقاوم در برابر خوردگی و اثرات محیطی هستند که با توجه به طول عمر شناورها و دوام بیش از ۲۰ سال این رنگ ها بر بدنه شناورها، می توان این امر را به معنای مادام العمر بودن این رنگ ها دانست. استفاده از تکنولوژی نانو در صنعت رنگ مانع از چسبیدن جلبک ها به بدنه کشتی و باعث طولانی تر شدن عمر کشتی ها می شود. یکی دیگر از روش های بهبود خواص سطحی شناورهای دریایی و افزایش طول عمر آنها استفاده از پوشش های نانو کامپوزیتی است. پوشش های نانو کامپوزیتی پوشش های دارای ساختار نانو هستند که خواص بهتری نسبت به پوشش های رایج دارند که چسبندگی بسیار خوب و ایجاد خواص سطحی بسیار ویژه از این جمله اند. نانو پوشش ها را روی سطوحی مانند فلزات، شیشه، سرامیک و پلاستیک با ضخامت های چند میکرونی نشانده اند و به آنها خواصی نظیر مقاومت در برابر خوردگی مکانیکی (سایش) و شیمیایی (زنگ زدگی)، مقاومت حرارتی، درخشندگی و خود تمیز شوندگی داده اند. تمامی این عوامل سبب کاهش در میزان مصرف مواد اولیه لازم جهت جایگزینی، کاهش مصرف انرژی لازم جهت تولید مواد اولیه بیشتر و نیز کاهش نیاز به مصرف مواد پاک کننده که در برخی موارد، خود آلاینده محیط زیست به حساب می آیند می گردد [۷]. از جمله مواردی که از دیر باز در مورد حرکت اجسام داخل یک سیال مورد توجه بوده است، مساله کاهش نیروی مقاوم در برابر حرکت می باشد که در دوره های مختلف تحقیقات، مورد توجه بسیاری از دانشمندان و محققین قرار گرفته و مقالات و پروژه های زیادی در این مورد نگاشته شده است. با کاهش نیروی مقاوم یا درگ، امکان دستیابی به سرعت های بالاتر و کاهش مصرف سوخت و یا منابع دیگر انرژی برای حرکت، امکان طی مسافت های بیشتر به ازای دفعات سوخت گیری کمتر، آلودگی کمتر محیط و در نهایت افزایش عمر کارکرد تجهیزات و کارایی بهتر آنها را به دنبال خواهد داشت [۲]. درگ را می توان به صورت اصطکاک بین سیال و جسم تعریف کرد، که این نیروی درگ مستقیماً میزان نیروی مورد نیاز برای حرکت جسم را مشخص می کند. هرچه جسم با نیروی درگ کمتری روبرو شود حرکت جسم در سیال ساده تر خواهد بود. روشهای مختلفی مانند تزریق هوا به زیر بدنه، بهینه سازی فرم بدنه ها و استفاده از فرم بدنه های جدید به منظور کاهش درگ انجام شده است. یکی دیگر از روشهای کاهش درگ استفاده کردن از پوششهای کاهش مقاومت و رسوب است. این پوششها باعث کاهش چسبیدن رسوب و موجودات دریایی به بدنه شناور می شوند به همین دلیل در دراز مدت زبری شناور و مقاومت افزایش نمی یابد. همچنین اخیراً پوشش هایی بر پایه نانو ساخته شده است که باعث کاهش درگ شناور می شود [۸]. یکی دیگر از مواردی که در حال حاضر نانو کامپوزیت ها در آن به طور گسترده و موثرتری مورد استفاده قرار گرفته است، فرایندهای پوشش دهی می باشند. تحقیقات انجام گرفته بر روی این پوشش ها نشان می دهد که خواص پوشش های نانو ساختار در بسیاری از موارد نسبت به پوشش های معمولی بهبود چشمگیری دارد. پوشش های نانو ساختار در مقایسه با پوشش های میکرومتری از ضریب انبساط حرارتی، سختی و چقرمگی بالاتر و مقاومت بیشتر در برابر خوردگی، سایش و فرسایش برخوردار هستند [۹]. لازم به ذکر است مشکل اصلی تردی و شکنندگی پوشش هاست که با استفاده از نانو کامپوزیت های زمینه سرامیکی این مشکل برطرف خواهد شد. مثلاً می توان با استفاده از تقویت کننده نانو تیوپ های کربن در پوشش سرامیکی آلومینا، چقرمگی این ماده را تا ۲۰ درصد افزایش داد در حالی که سختی پوشش نه تنها کم نشده بلکه بیشتر هم می شود [۲]. نانو کامپوزیت های سرامیکی را عموماً از روش اسپری حرارتی پوشش می دهند [۹]. یکی دیگر از نمونه های کاربرد عملی نانو تکنولوژی نشان دادن لایه های نانو کامپوزیتی بر روی مته های حفاری است. راندمان ابزارهای حفاری با استفاده از این ابزارها دو برابر مته های معمولی است. تولید حرارت کمتر در هنگام استفاده از مته هایی که با پوشش جدید بهبود یافته، موجب می شود که بتوان از این مته ها در سوراخکاری خشک استفاده نمود [۷].

۳-۳ مواد نوین

با استفاده از نانو فناوری می توان به موادی دست یافت که دارای خواص نوینی می باشند. همچنین با تغییر ساختار موادی که به طور متداول مورد استفاده قرار می گیرند نیز، می توان خواص آنها را بهبود داده و کاربردهایی جدیدی برای آنها طراحی نمود. لذا استفاده از این مواد نانو ساختار می تواند در بهبود کارایی آنها در صنایع دریایی کمک شایانی نماید. الیاف، موادی هستند که در مقایسه با سایر مواد یک محور بسیار بلند دارند و استحکام آنها در جهت طول نسبت به سایر جهات به مراتب بیشتر است. تقاضا برای الیاف تقویت کننده با استحکام و مدول بالا منجر به توسعه الیاف کربن یا گرافیت شده است. الیاف گرافیت الیافی کربنی هستند که تحت عملیات حرارتی بالاتر از ۱۶۵۰ درجه فارنهایت قرار گرفته اند. رسانایی نسبتاً خوب الکتروسیسته، سبکی، استحکام، مقاومت در برابر خزش و میرایی عالی از جمله مزایای آن است. از جمله معایب آن نیز ترد بودن، مقاومت ضربه ای کم و گران بودن است [۷]. می توان از این الیاف به عنوان فاز تقویت کننده در نانو کامپوزیت ها استفاده نمود. در سال ۲۰۱۱ دانشمندان آمریکایی موفق به ساخت شناوری با استفاده از نانولوله های کربنی شدند که سبب افزایش سرعت شناور، کاهش ۷۵ درصدی مصرف سوخت، کاهش ۱۰ برابری وزن و افزایش ۳ برابری ظرفیت باربری نسبت به شناورهای آلومینیومی شده است. در مورد ناوهای هواپیما بر نیز با توجه به اینکه توان رزمی

و اهمیت این ناوها برای نیروی دریایی و قابلیت دفاعی هر کشوری به یک قضیه بدیهی تبدیل شده است، فناوری نانو می تواند در این شناورها هم تأثیر چشمگیری داشته باشد. بدنه ناو از ورقه های مقاوم و محکم فولاد چند اینچی ساخته شده است که مقاومت فوق العاده ای در برابر آتش سوزی و آسیب دیدگی های ناشی از میدان نبرد دارد. بدنه اصلی ناو در زیر آب به صورت قوس دار و نسبتاً باریک از دو قسمت تشکیل شده که در واقع دو لایه مجزا بوده و در صورت اصابت اژدر (موشک دریا به دریا) به پوسته بیرونی، پوسته داخلی به عنوان محافظ از درهم شکستن و غرق شدن کشتی جلوگیری می کند. بنابراین نانو کامپوزیتها و مواد تقویت کننده فولادها در افزایش استحکام و مقاومت در برابر انفجار و آتش می تواند کمک شایانی نماید [۳]. یکی از دسته های مواد نوین ساخته شده به کمک نانوفناوری، نانو کامپوزیت ها می باشند که بعضاً دارای خواص منحصر به فرد و یا بهبود یافته هستند. در ادامه به برخی از این خواص اشاره می نماییم.

۳-۳-۱ بهبود خواص مکانیکی

خواص مکانیکی همواره یکی از خواص بسیار مهم مواد بوده است که محققان و مهندسان برای بهبود هرچه بیشتر آن تلاش می کنند. خواص مکانیکی بوسیله روش های مختلفی چون آلیاژ سازی، ریز دانه کردن، کامپوزیت سازی و غیره افزایش می یابد. بهبود خواص مکانیکی بوسیله نانو کامپوزیت کردن مواد یکی از روش هایی است که امروزه مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این نانو کامپوزیت ها، کامپوزیتی مبتنی بر گرافیت بوده که ورقه گرافنی نام دارد و دارای خواص مکانیکی بسیار ویژه ای است. گرافن در مقایسه با فولاد شش برابر سبک تر، دو برابر مستحکم تر، قدرت کشش آن ۱۰ برابر بیشتر، مقاومت در برابر خم شدن آن ۱۳ برابر بیشتر و همچنین می تواند منجر به تولید محصولاتی قابل بازیافت شود که هم زیست سازگار بوده و هم ارزان تر است. شرکت های هواپیماسازی بزرگ نظیر بوئینگ، شروع به جایگزینی الیاف کربنی و مواد مبتنی بر کربن به جای فلزات کرده اند. بدنه ناو از ورقه های مقاوم و محکم فولاد چند اینچی ساخته شده است که مقاومت فوق العاده ای در برابر آتش سوزی و آسیب دیدگی های ناشی از میدان نبرد دارد. بدنه اصلی ناو در زیر آب به صورت قوس دار و نسبتاً باریک از دو قسمت تشکیل شده که در واقع دو لایه مجزا بوده و در صورت اصابت اژدر (موشک دریا به دریا) به پوسته بیرونی، پوسته داخلی به عنوان محافظ از درهم شکستن و غرق شدن کشتی جلوگیری می کند. بنابراین نانو کامپوزیتها و مواد تقویت کننده فولادها در افزایش استحکام و مقاومت در برابر انفجار و آتش میتواند کمک شایانی نماید [۳]. یکی دیگر از مواد نانو کامپوزیتی مستحکم شده نانو کامپوزیت های زمینه پلیمری می باشد. که معروفترین آنها فایبر گلاس ها می باشند. فایبرگلاس با آرایش تار و پودی (ماتریسی)، استحکام زیادی دارد. در این مواد، الیاف شیشه به صورت تارهای نازک و تحت شرایط خاصی تولید شده، به صورت متفاوتی به هم بافته می شوند؛ رایج ترین نوع آن ها الیاف بافته شده به صورت حصیری و الیاف سوزنی است. فناوری نانو با اعمال آرایش تار و پودی بین مولکول ها، نانوفایبرگلاس های بسیار محکم و سبکی ایجاد می کند که نسبت به فایبرگلاس های امروزی برتری بسیاری دارند [۷].

۳-۳-۲ نانو کامپوزیت های ساندویچی و لایه ای

کامپوزیت های مورد استفاده در صنایع دریایی مانند دیگر کامپوزیت ها از لحاظ ساختاری به دو گروه کامپوزیت های لایه ای و کامپوزیت های ساندویچی، تقسیم می شوند. کامپوزیت های لایه ای ترکیبی از فاز زمینه و تقویت کننده است. کامپوزیت های ساندویچی از سه بخش روکش، هسته و مواد چسبی تشکیل شده است. روکش ها در دو طرف هسته قرار داشته و می توانند یک کامپوزیت لایه ای یا یک ورقه فلزی باشند. هسته یک لایه حجیم و سبک بوده و از معروفترین آنها فوم ها می باشند که بیشتر از پلیمرها درست می شوند. سازه های ساندویچی بیشتر در جاهایی کاربرد دارند که وزن و حجم سازه بر استحکام آن ارجحیت داشته باشد. این مواد در صنایع دریایی بیشترین کاربرد را در ساخت هاورکرافت دارند. اما در کشتی و زیردریایی استفاده زیادی از آنها نمی شود. بنابراین اگر به طریقی بتوان سازه های ساندویچی را تقویت کرد جایگزین بسیار خوبی برای انواع سازه های فلزی و کامپوزیتی خواهند بود. یکی از روشهایی که اخیراً در جهان بسیار به آن توجه نشان داده شده است و می تواند در صنایع دریایی نیز کاربرد بسیار زیادی داشته باشد، استفاده از تقویت کننده های در مقیاس نانو در زمینه پلیمری هسته و پوسته کامپوزیت های ساندویچی است. لذا می توان از این مواد به جای سازه های فلزی و کامپوزیتی به دلیل استحکام و مقاومت زیاد و وزن کم آن ها و در ضمن عدم خوردگی در آنها استفاده نمود. پس علاوه بر استفاده آنها در هاورکرافت ها و کشتی ها می توان این سازه ها را به خصوص در زیر دریایی هایی که هم وزن سازه و هم استحکام اهمیت زیادی دارد به کار گرفت [۱۰].

۳-۴ کاربرد های دفاعی و نظامی

یکی از مسائلی که در صنایع دریایی و نظامی از اهمیت بسزایی برخوردار است، مسئله تجهیزات نظامی و دفاعی می باشد. با توجه به مرز آبی وسیع کشورمان (۲۹۰۰ کیلومتر مرز آبی) از یک سو و تهدیدات موجود در منطقه از سوی دیگر، می توان گفت تجهیز نمودن نیروهای دریایی به تکنولوژی های روز دنیا یکی از مهمترین چالش هایی است که همراه پیش روی مدیران دفاعی کشور بوده است. بدون شک می توان با استفاده از تکنولوژی های

نوین نظیر نانو فناوری به تجهیزاتی دست یافت که بیش از پیش توان نیروهای دریایی و نظامی کشور را افزایش داد. امروزه از نانو تکنولوژی در ارتش های قدرتمند دنیا استفاده های فراوانی می شود. در این میان نانو کامپوزیت ها نیز می توانند به دلیل داشتن خواص مناسب کاربردهای وسیعی داشته باشند. همانطور که در جدول (۲) مشاهده می شود، این دسته از مواد در استتار و اختفا، زره ها و سپرهای جنگی (مقاوم در برابر نفوذ و انفجار ادوات نظامی دشمن) و تجهیزات دفاعی و نظامی کاربردهای وسیعی داشته باشد. تعدادی از این کاربردها در جدول (۲) به طور اجمالی نشان داده شده است [۱۵].

جدول (۲) برخی از کاربردهای نانوتکنولوژی در صنایع دفاعی و نظامی

کاربرد	مثال ها و موارد مورد استفاده
استتار و اختفا	تغییرات سریع رنگ (الگو) و یکسان شدن با محیط- پراکندگی و جذب امواج الکترومغناطیس بوسیله نانو ساختارها و نانو پوشش ها
مواد منفجره نوین	افزایش میزان تخریب بوسیله افزایش چگالی انرژی
زره های جنگی	افزایش مقاومت مکانیکی و حرارتی با استفاده از نانوکامپوزیت ها و نانوساختارها
لباس و تجهیزات نظامی	لباس های مقاوم در برابر نفوذ گلوله- آزاد کننده های دارویی در بدن- لباس ها و تجهیزات نظامی با قدرت ترشوندگی کم- سنسورهایی با قدرت بیشتر
تجهیزات ارتباطی	افزایش سرعت انتقال اطلاعات- وسایل ارتباطی قابل استفاده در زیر آب- ماهواره های کوچک- دقت بیشتر در مونیترینگ ها
سلاح های شیمیایی	ساخت سلاح های شیمیایی هدفمند- کپسول ها- گروه های فعال جهت واکنش تخریبی
سلاح های بیولوژیکی	ورود راحت تر مواد به بدن- واکنش های انتخابی- کنترل فعالیت ها- نفوذ به مغز و سلولها
حفاظت های شیمیایی/بیولوژیکی	سنسورها- غشاهای فیلترینگ- جاذب ها- خنثی کننده ها

۳-۴-۱ خاصیت جذب امواج رادار

یکی از مهم ترین چالش هایی که در نیروهای نظامی همواره مورد توجه بوده است، مسئله رادارگریزی و اختفاست. به کمک نانوفناوری و بخصوص نانو کامپوزیت ها می توان از روش های جدیدی در جهت اختفای راداری استفاده نمود. جذب امواج رادار توسط بدنه های شناورهای دریایی یکی از روشهایی است که امروزه به کار گرفته می شود. بدنه ناوچه های ویسی که از جدیدترین شناورهای نیروی دریایی سوئد و در حقیقت اولین ناو جنگی تمام پنهان در جهان می باشد، از یک ساختار فیبر کربن ساندویچی (چند لایه) ساخته شده است. استفاده از این مواد ترکیبی وزن بدنه را در حدود ۵۰ درصد شناورهای سنتی کاهش داده و در نتیجه شناور می تواند محموله سنگین تری را نسبت به شناورهای سنتی حمل کند. از دیگر مزایای مواد ترکیبی بکار رفته در بدنه ویسی می توان به جذب امواج رادار، کاهش میدان مغناطیسی (فرار از دست مینهای مغناطیسی) و مقاومت خوب در برابر موج انفجار اشاره کرد. شناور دیگری که با استفاده از این تکنولوژی ساخته شده است، شناور هامینا می باشد. تمامی بدنه شناور هامینا که از آلومینیم ساخته شده توسط مواد ترکیبی تقویت شده و با مواد جذب کننده امواج رادار پوشانده شده است. بدنه فیبر کربن هامینا بر خلاف بدنه های ساخته شده از فیبر شیشه جلوی عبور امواج را می گیرد و می تواند شناور را در برابر امواج الکترومغناطیسی ناشی از انفجارات هسته ای یا بمب ها محافظت کند. در ضمن، این بدنه سبب می شود تا امواج ساخته شده توسط دستگاههای داخلی شناور به خارج از آن نفوذ نکنند که این مورد حفاظت الکترونیکی بالایی در جنگهای الکترونیکی برای هامینا ایجاد می کند [۳۰].

۴- نتیجه گیری

بکارگیری فناوری نانو در صنایع مختلفی چون صنایع دریایی و نظامی سبب تحولات عظیم و پیشرفت های چشمگیری در این صنعت رو به رشد می گردد. بهره گیری از این فناوری نوین جهش عظیمی در رفاه، جابجایی های اقتصادی، کیفیت زندگی، توانایی های دفاعی و زیست محیطی را به

وجود خواهد آورد. امروزه فناوری نانو با ساخت نانومواد نوین و بهبود خواص مواد مرسوم کمک شایانی به پیشرفت مواد و کاربرد آنها نموده است. یکی از این دسته نانومواد که کاربرد آنها روز به روز در حال افزایش است، نانو کامپوزیت ها می باشند که امروزه به طور وسیعی در صنایع دریایی و نظامی به کار گرفته می شوند. برخی از این کاربردها شامل: روش های نوین استحصال انرژی از عوامل محیطی، نانو پوشش ها، مواد نوین و کاربرد های دفاعی و نظامی می باشد. با توجه به موقعیت استراتژیک کشور، تهدیدات منطقه ای و لزوم بهره گیری از قدرت دریایی بیش از پیش قوی تر، می توان از نانو کامپوزیت ها استفاده های قابل توجهی در جهت رفع و بهبود نیازهای صنایع دفاعی و نظامی نمود. لذا می بایست مدیران نهاد های مرتبط با صنایع دریایی و نظامی کشور از یک سو با رصد کردن پیشرفت های فناوری نانو و از سوی دیگر با برنامه ریزی و سرمایه گذاری های مناسب در این زمینه، در صدد بهبود و پیشرفت هر چه بیشتر این صنعت عظیم کوشا باشند.

۵- مراجع

- [۱] احمدی گورچی، خدیجه، احمدی، مهدی، میر عباس زاده، کاووس، نقش نانو ساختارها در عملکرد سلول های خورشیدی پلیمری، ماهنامه فناوری نانو، سال دهم، شماره ۵، صفحه ۱۸، ۱۳۹۰.
- [۲] افتاری، محمد، راد، منوچهر، استفاده از مواد نانو در کاهش نیروی پسا در شناورهای سطحی و زیر سطحی دریایی، دوازدهمین همایش صنایع دریایی، ایران، زیباکنار، ۱۳۸۹.
- [۳] خامنی، علی اکبر، افشان، مهدی، ضرورت بکارگیری فناوری نانو در صنایع دریایی ایران، سیزدهمین همایش صنایع دریایی، کیش، ۱۳۹۰.
- [۴] ذوالفقاری کیان، یوسف، صنایع دریایی فجر (صدف)، کاربری کامپوزیت های هوشمند در صنایع دریایی، دهمین همایش صنایع دریایی، ایران، آبادان خرمشهر، ۱۳۸۷.
- [۵] رسولی، سوسن، نانو مواد و خطرات بالقوه تولید و کاربرد آنها برای سلامتی انسان و محیط زیست، ناشر نقش بیان با همکاری پژوهشکده صنایع رنگ ایران، ۱۳۸۵.
- [۶] عرب پور، فرزانه، کوکی، مهرداد، تولید انرژی الکتریکی از انرژی خورشیدی توسط سلول های خورشیدی پلیمری: شرایط کنونی چالش ها، سیویلیکا.
- [۷] غفاری، عمران، تقوی، سحر، دورنمای کاربردهای فناوری نانو در صنایع دریایی، نهمین همایش صنایع دریایی، ایران، مازندران، نور، ۱۳۸۶.
- [۸] کیانزاد، سید صدر الدین، سیف، محمد سعید، ارزیابی انواع پوشش های کاهش دهنده رسوبات بدنه و مقاومت شناور، سیزدهمین همایش صنایع دریایی، ایران، کیش، ۱۳۹۰.
- [۹] مرانی، عبدالعلی، بصری، سید حسن، پوشش های نانو کامپوزیتی سرامیکی، مرجع مهندسی عمران، سیویلیکا.
- [۱۰] مرانی، عبدالعلی، بصری، سید حسن، نانو کامپوزیت های ساندویچی و فوم های کامپوزیتی و کاربردشان در صنایع دریایی، مرجع مهندسی عمران، سیویلیکا.
- [۱۱] مرادی، شهرام، مددی، آزاده، بهمنش، سیما، کاربرد نانو ذرات اکسید روی در مقاوم سازی پوشش شناورها و تجهیزات زیر دریایی، مرجع مهندسی عمران، سیویلیکا.
- [12] Charles P. Poole, Jr., Frank J. Owens, **Introduction to nanotechnology**, published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey., 2003.
- [13] C. Sun, J. Shi, D. J. Bayerl, X. Wang, **Energy & Environmental Science**, 4, 2011, 4508–4512.
- [14] Drees M., **Polymer/Fullerene Photovoltaic Devices-Nanoscale Control of the Interface by Thermally-controlled Interdiffusion**, PhD Thesis, Virginia, Virginia Polytechnic Institute and State, 2003.
- [15] Jurgen Altmann, **Military Nanotechnology potential applications and preventive arms control**, first published by Routledge, USA and Canada, 2006.
- [16] Guozhong Cao, **Nanostructure & Nanomaterials Synthesis Properties & Applications**, Published by Imperial College Press, London, 2004.
- [17] H. K. D. H. Bhadeshia, Proc. R. Microsc. Soc. , London, 35(2), 95, 2000.
- [18] James Jay Carafano, Andrew Gudgel, **Nanotechnology and National Security: Small Changes Big Impact**, published by The Heritage Foundation, Backgrounder, No. 2071, 2007.
- [19] J. D. Wright, N.A.J.M. Sommerdijk, **Sol-Gel Materials: Chemistry and Applications**, Taylor & Francis, New York, NY, USA, 2001.
- [20] J.He, M. Ice, E. J. Lavernia, **Synthesis of nanostructured Cr₃C₂-25(Ni₂₀Cr) coatings**, Metall. Mater., Trans., A, 31, 555, 2000.
- [21] Jiyoung Chang, Michael Dommer, Chieh Chang, Liwei Lin, **Piezoelectric nanofibers for energy scavenging applications**, Nano Energy, 1, 356–371, 2012.
- [22] G.Picaluga, **Sol – Gel Preparation and Characterization of Metal-Silica and Metal Oxide –Silica Nanocomposites**, Trans Tech Publications, Zurich, Switzerland, 2001.
- [23] K. I. Park, S. Xu, Y. Liu, G. T. Hwang, S. J. L. Kang, Z. L. Wang, et al., **Piezoelectric BaTiO₃ Thin Film Nanogenerator on Plastic Substrates**, Nano Letters, 10, 4939–4943, 2010.

- [24] Magdalena Skompska, **Hybrid conjugated polymer / semiconductor photovoltaic cells**, Synthetic Metals, 160, 1-15, 2010.
- [25] P. M. Ajayan, L. S. Schadler, P. V. Braun, **Nanocomposite Science and Technology**, published by WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2003.
- [26] Robert Corriu, Nguyen Trong Anh, **Molecular Chemistry of Sol-Gel Derived Nanomaterials**, published by John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- [27] Tetsuo Soga, **Nanostructured Materials for Solar Energy Conversion**, Published by Elsevier, 2006.
- [28] James K. Wessel, **Handbook of advanced materials: enabling new designs**, Wiley & Sons, 2004.
- [29] Abstract – "**High Toughness Ceramics Containing Carbon Nanotube Reinforcement**"
- [30] [http:// www.iranpanel.net](http://www.iranpanel.net)