

### «بررسی وضعیت مواد نو و کاربردهای آن در ایران و چند کشور جهان» (دکتر محمود شاکری)

پیشرفت روزافزون بشر، استفاده از مواد نو را به امری اجتناب‌ناپذیر و غیرقابل‌انکار بدل نموده است. شاید بشر دیروز هرگز نمی‌توانست تصور کند که روزی این مواد بتوانند چنین نقش کلیدی را در زندگی وی ایفا کنند. امروزه دیگر فلزاتی نظیر آهن و مس نمی‌توانند به تنهایی پاسخگوی نیازهای بشر باشند، و بالطبع رفع نمودن این نیازها مستلزم تمرکز بیش‌تر بر تحقیق و بررسی در زمینه مواد نو می‌باشد. یقیناً افزایش دانش جوامع علمی و صنعتی کشور در رابطه با مواد نو مهندسی مقدماتی برای گسترش کاربرد این مواد و سود جستن از ویژگیهای فوق‌العاده آنها در قسمتهای مختلف زندگی است. به همین منظور در این مقاله به بررسی مواد نو پرداخته شده است. مواد نو به طور کلی به پنج دسته کلی طبقه‌بندی شده است. این طبقه‌بندی شامل، مواد هدفمند، مواد هوشمند، آلیاژهای حافظه‌دار، مواد مرکب، نانو موادها می‌باشد. در این مقاله ابتدا ساختار و به دنبال آن کاربردهای مواد نو بصورت خلاصه مرور شده، و در ادامه آمار مقالات و اختراعات به ثبت رسیده در کشورهای مختلف طی سالیان اخیر مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان، از این آمار، نتایجی مانند سطح کمی و کیفی دانش مواد نو، میزان استقلال کشورها در زمینه دانش مواد نو و ... استخراج شده است.

**واژه‌های کلیدی:** مواد نو، زندگی، تمرکز بر تحقیق و بررسی، دانش جوامع علمی و صنعتی کشور، استقلال کشورها، مقالات و اختراعات، دانش مواد نو.

#### ۱- مقدمه

منظور از مواد نو، آن دسته از مواد مهندسی هستند که در سال‌های اخیر به شدت توسعه یافته و دریچه‌ای تازه در مقابل بشر گشوده‌اند. ویژگی‌های منحصر به فرد این مواد مانند استحکام و سختی بالا، انعطاف پذیری و مقاومت به سایش مطلوب، خواص الکتریکی و مغناطیسی جالب و منحصر به فرد منجر به افزایش علاقه و توجه به این مواد شده است. با کاربرد این مواد می‌توان محصولات کوچک‌تر، سبک‌تر، هوشمندتر و چند منظوره‌تر تولید کرد [۱].

بطور کلی مواد نو را می‌توان به پنج دسته کلی تقسیم بندی کرد که عبارتند از:

۱- مواد هدفمند (Functionally Graded Materials)

۲- مواد هوشمند (Smart Materials)

۳- آلیاژهای حافظه‌دار (Shape Memory Alloys)

۴- مواد مرکب (Composite Materials)

۵- نانو موادها (Nano Materials)

مواد هدفمند جزء موادی محسوب می‌شوند که خواص آنها در یک یا دو جهت بر اساس تابعی از قبل تعیین شده و بطور پیوسته تغییر می‌کند. این گونه مواد در حالیکه معمولاً ترکیبی از مواد سرامیکی و فلزی هستند، به نظر می‌رسند که کارایی مطلوب هر کدام از مولفه‌های تشکیل دهنده خود را دارا می‌باشند.

آلیاژهای حافظه‌دار دارای دو ویژگی اساسی می‌باشند: یکی اینکه تا حدودی الاستیک هستند و دیگر آنکه حافظه‌دار هستند. یعنی قابلیت ذخیره سازی انرژی مکانیکی و نیز آزاد سازی آن را دارا هستند. البته لازم به ذکر است که در بسیاری از موارد آلیاژهای حافظه‌دار را بصورت زیرمجموعه از مواد هوشمند در نظر می‌گیرند [۲].

در مهندسی مواد، کامپوزیت یا ماده مرکب معمولاً به موادی گفته می‌شود که یک فاز زمینه (ماتریکس) و یک تقویت کننده (پرکننده) تشکیل شده باشند. ماتریس با احاطه کردن تقویت کننده آن را در محل نسبی خودش نگه می‌دارد. تقویت کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ساختار می‌گردد.

علم همواره از دو دید ماکروسکوپی و میکروسکوپی تحولات جهان را هدف قرار داده است و در هر دو جهت با بی‌صبری به پیش می‌تازد. در جهان ماکروسکوپی مولکول‌ها، اتم‌ها و در نهایت ذرات بنیادی مورد پژوهش قرار می‌گیرند. اما آنچه که اخیراً موجب حیرت دنیای علم شده است، نتایج حاصل از تحقیقات دنیای میکروسکوپی است که باعث تکوین دانش نوینی بنام فناوری نانو گردیده است. گستره کاربردی این فناوری جوان در اندک زمان از صنایع دارویی و غذایی تا صنایع الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست و ... را در بر گرفته است [۳]. نانو مواد به این معناست که موادی با ابعاد ساختاری حداقل یک بعد را در مقیاس نانو داشته باشند. از لحاظ کمی، یک نانومتر دارای ابعادی معادل  $10^{-9}$  متر است. نانو مواد با موادی سروکار دارد که ذراتی در مقیاسی که گفته شد دارند و ویژگی‌های جدیدی را از خود نشان می‌دهند که با ویژگی‌هایی که تاکنون از مواد شناخته شده است، متفاوت هستند. نانو مواد در واقع پلی است میان دنیای اتم‌ها و ملکول‌ها و مقیاس‌های بالاتر و فراتر در حد ماکرو و به همین خاطر ویژگی‌هایی خاصی دارند که تا پیش از آن شناخته نشده بود.

مواد نو افق تازه‌ای از علم را در برابر بشر گشوده‌اند و توجه به آن‌ها رویاهای دیرینه‌ای از بشر را تحقق خواهد بخشید. جهانی که از تحریک کننده‌ها و حسگرهای شبکه شده اشباع باشد، نوید دهنده بهبود، بهینه‌سازی و مشتری‌گرایی سیستم‌های حسگر از طریق دسترسی بیشتر به اطلاعات و تحریک‌پذیری هر چه مستقیم‌تر است.

## ۲- کاربردهای مواد نو

کاربردهای مواد هدفمند رو به افزایش است. بطور کلی مواد FGM از لحاظ کاربرد در زمینه‌های مختلف قابل بررسی می‌باشد که می‌توان به صنایع هوافضا، ابزار صنعتی، الکترونیک نوری، سیستم‌های تولید انرژی، پزشکی و غیره اشاره نمود. مواد هوشمند نیز به عنوان دسته دیگری از مواد نو دارای کاربردهای منحصر به فرد خود می‌باشد. فواید استفاده از مواد پیزوالکتریک را می‌توان چنین طبقه‌بندی کرد [۴]:

با توجه به فواید استفاده از مواد هوشمند، می‌توان به تعدادی از کاربردهای این دسته از مواد در صنعت اشاره کرد که عبارتند از اندازه گیری نور و فون، در دیسک گردان، در فیلترالکتریک و در مهندسی مکانیک دقیق.

کاربردهای عمده و متداول آلیاژهای حافظه‌دار که به واسطه‌ی خواص استثنایی و منحصر به فرد آن روز به روز گسترده‌تر و بیش‌تر می‌گردد، عبارتند از: کاربردهای آلیاژهای حافظه‌دار در رباتیک، موتورهای میل‌لنگ‌دار، ربات جمع‌آوری‌کننده‌ی ندول در اعماق دریا، موتورهای توربینی، حرکت ربات خرچنگی، موتورهای گرانشی، کاربردهای آلیاژهای حافظه‌دار در صنایع هوافضا، کاربرد در MEMS، افشانک خروجی موتورهای توربینی گازسوز، میکروپمپ‌ها، اتصال لوله‌ها و چفت‌ها، میکروچنگک‌ها، اتصال لوله‌ها و چفت‌ها، سپرهای محافظ، میکروگیرها، کاربرد آلیاژ حافظه‌دار در موتور حرارتی، میکروسنسورها و میکروسوئیچ‌ها، کاربرد در لرزه‌گیر ساختمان، ابزارهای کنترل غیرفعال سازه‌ها، از سایر کاربردهای تجاری این نوع مواد می‌توان به تهویه مطبوع تلفیقی، قلم‌های ثابت، محفظه‌های خشک‌کن خودکار، سوئیچ‌ها و فیوزهای دما زیر اشاره نمود.

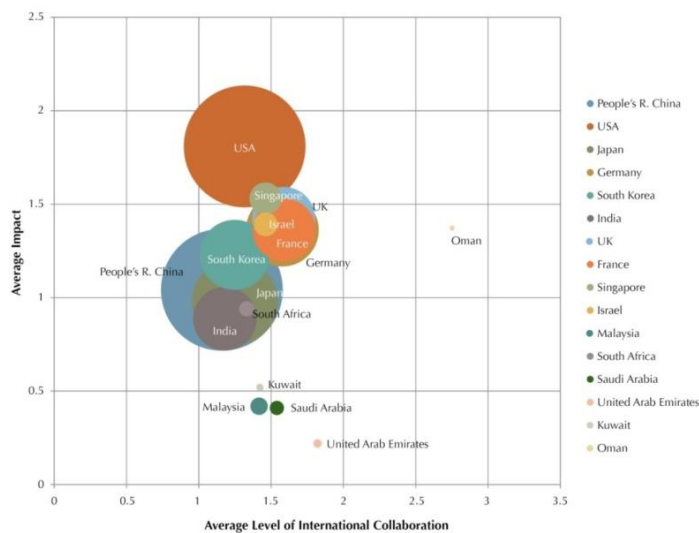
از کاربردهای آلیاژهای حافظه‌دار در پزشکی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: صفحات جاندازی استخوان، صفحات فکی، میخ‌های میانی (مغزی)، تصحیح انحراف غیر طبیعی ستون فقرات، فاصله اندازها، بست‌ها، اسپلینت برای بهبود انحراف انگشت شست پا، مطالعه بیماری‌های معده و روده، سیستم عروقی (قلبی - رگی)، دندانپزشکی (ارتدنسی).

## ۳- آمار مقالات و اختراعات ارائه شده مواد پیشرفته در دنیا

در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ در مجموع ۲۵۳۹۷ مقاله در کل جهان در زمینه مواد پیشرفته چاپ شده است. کشور چین با تولید ۴۷۸۲ مقاله، از لحاظ تعداد، بیشترین تولید علم را در این زمینه داشته است. آمریکا با تولید ۴۷۵۷ مقاله در جایگاه دوم و ژاپن و آلمان هم

به ترتیب با ۲۳۶۵ و ۱۶۹۰ مقاله مقام‌های بعدی را دارند. لازم به ذکر است که این آمار تنها بر اساس مقالات چاپ شده در ژورنال‌های ISI می‌باشد و موارد دیگر را شامل نمی‌شود. تحقیقات و پیشرفت<sup>۱</sup> در زمینه مواد مرکب و کامپوزیتی<sup>۲</sup> سهم قابل توجهی از مقالات که حدود ۷۸۸۶ مقاله می‌باشد را به خود اختصاص داده است که به دنبال آن مقالات با موضوعیت پلیمرها و تکنولوژی ساخت آن‌ها<sup>۳</sup> با ۵۲۸۳ عدد می‌باشد. فلزات و آلیاژها با ۳۵۴۰ مقاله، مواد هوشمند با ۳۲۹۶ مقاله، پوسته‌ها و غشاها با ۲۸۷۸ مقاله، سرمایه‌ها با ۲۳۸۲ مقاله و پوشش‌ها با ۱۴۲۳ مقاله از لحاظ تعداد مقاله، در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.

میانگین تأثیر مقالات<sup>۴</sup> نوشته شده توسط یک کشور، با شمارش تعداد ارجاعات تمام مقالات به مقالات نوشته شده توسط نویسندگان آن کشور، و نسبت این تعداد به تعداد مقالات چاپ شده توسط همان کشور محاسبه می‌شود. بعنوان نمونه چنانچه کشوری ۵۰ مقاله چاپ کند و ۱۰۰ مقاله در متن خود به یک یا تعدادی از این مقالات رجوع کرده باشند، میانگین تأثیر مقالات آن کشور برابر ۲ می‌باشد. بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ کشور آمریکا بالاترین میانگین تأثیر مقالات را با ۱,۸۱ و به دنبال آن سنگاپور با ۱,۵۳ و انگلستان با ۱,۴۳ دارند. در حقیقت تعداد ارجاعات به مقالات نوشته شده توسط محققان یک کشور نشان دهنده میزان تأثیر گذاری آن کشور در زمینه مواد پیشرفته در کل جهان می‌باشد. مقالات تحقیقاتی و توسعه‌ای در زمینه مواد پیشرفته در هزاران دانشگاه و موسسه در بیش از ۱۲۰ کشور دنیا نوشته می‌شوند. یکی از تحقیقات دیگری که انجام شده است، بررسی میزان همکاری محققان در کشورهای مختلف در نوشتن مقالات است. این میزان همکاری بوسیله میانگین گرفتن تعداد آدرس‌های نویسندگان یک مقاله بدست می‌آید. بنابراین هرچه این مقدار به عدد یک نزدیکتر باشد، نشان از استقلال بیشتر آن کشور در زمینه علوم مواد پیشرفته است. از لحاظ سطح همکاری بین‌المللی، چین کمترین همکاری و کشور عمان بیشترین همکاری بین‌المللی را دارد، که این نشان دهنده این است که کشور چین در زمینه علم مواد پیشرفته، بیشترین استقلال و کشور عمان در این زمینه بیشترین وابستگی را دارد. در شکل ۱، محور افقی میانگین سطح همکاری بین‌المللی، محور عمودی میانگین تأثیر مقالات و مساحت دایره‌ها نشان دهنده تعداد مقالات چاپ شده توسط یک کشور است.



شکل ۱ همکاری بین‌المللی و تأثیر مقالات برای کشورهای مختلف در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷

همیشه مقالات در یک زمینه علمی، نشان از درک مفهوم آن زمینه می‌باشد ولی اختراعات در یک زمینه خاص در یک کشور، نشان از میزان کاربردی شدن آن علم در همان کشور است.

<sup>1</sup> R&D

<sup>2</sup> composite and hybrid material

<sup>3</sup> polymers and polymer processing technologies

<sup>4</sup> Average publication impact

### ۳- نتیجه‌گیری

تکنولوژی مواد نو، تکنولوژی کم اهمیت و با کاربردهای محدودی نیست. این تکنولوژی، برحسب آنکه چه زمانی به مراحل رشد سریع خود در بازار برسد، تحولات وسیعی را در کاربردهای مختلف خود به همراه خواهد داشت. به عنوان نمونه در بعد نظامی می‌تواند بسیاری از روش‌ها و تاکتیک‌های عملیاتی را دست‌خوش تحول کند. برنامه علمی و تحقیقاتی روی مواد نو در کشورهای مختلف جهان شروع خوبی داشته است. در حال حاضر، طیف فرآیندها و کاربردهای مواد نو بسیار گسترده شده است و نتایج زیادی از گروه‌های تحقیقاتی در این زمینه منتشر می‌شود که حاوی نکات جالبی است. این تحقیقات می‌تواند در آینده نیاز صنعت را در انتخاب روش‌های تولید و کاربردها پاسخگو باشد. در بین کشورهای پیشرفته در زمینه مواد نو، چین و آمریکا بیشترین تولید مقالات در این زمینه و آمریکا با اختلاف زیادی نسبت به سایر کشورها، دارای استقلال بیشتری در تولید علوم مواد نو می‌باشد. از جنبه کاربردی مواد نو، در آسیا کشور ژاپن، در اروپا کشور آلمان و آمریکا با فاصله بسیار زیادی نسبت به این دو کشور، جایگاه نخست در دنیا را دارد.