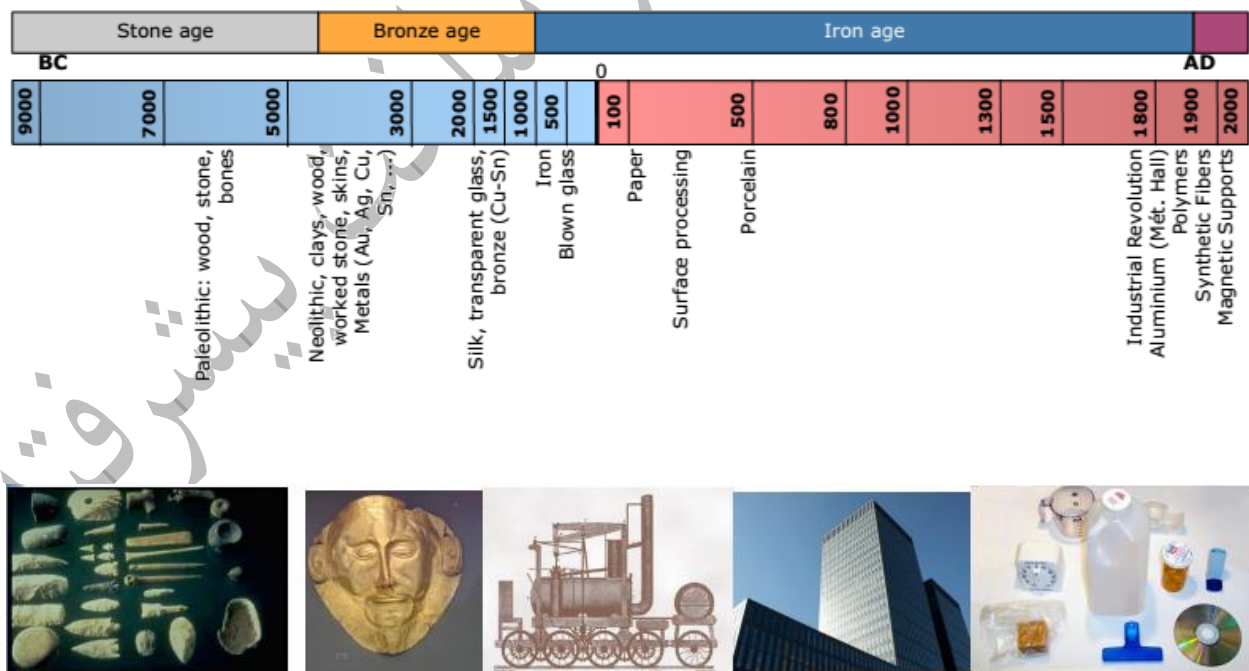


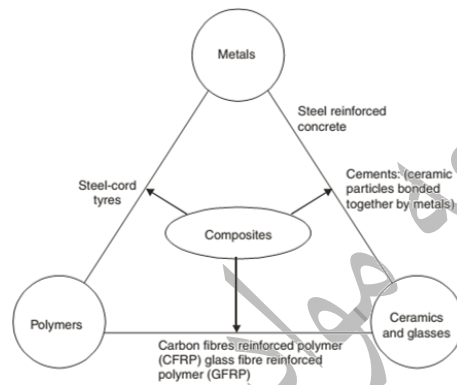
مقدمه‌ای بر مواد هوشمند

در سال‌های اخیر تحولات زیادی در حوزه‌های مختلف زندگی انسان‌ها به وجود آمده است. اقتصاد پویاتر، توجه بیشتر به محیط زیست، تحول فناوری ارتباطات، افزایش طول عمر و بهبود کیفیت زندگی از جمله موارد قابل توجه در زندگی انسان معاصر است. این موارد همگی در سایه فناوری‌های جدید به دست آمده در صده اخیر محقق شده است. یکی از مهم‌ترین فناوری‌ها از نظر تاثیر بر زندگی بشر، فناوری مواد و کاربرد آن‌ها است. مواد تا حدی مورد توجه انسان‌ها بوده که اعصاب مختلف زندگی بشر را بر اساس مواد در دسترس آن‌ها برای ساخت ابزار نامگذاری نموده‌اند (شکل ۱). در سه قرن اخیر گستره دسترسی به مواد از سنگ و یا آلیاژهای بدوی آهن و مس به دنیایی وسیع از آلیاژها و کامپوزیت‌های پیچیده و موادی با ساختار کاملاً مهندسی شده، متحول شده است. مواد مورد استفاده در عصر حاضر باید علاوه بر قابلیت کاربرد در شرایط پیچیده تنشی، حملات مواد شیمیایی، دمای بالا و یا پایین، ضربه و ... نیازهای انسان عصر ارتباطات برای ساخت تجهیزات و ادوات دقیق و بسیار کوچک و در عین حال هوشمند را نیز برآورده کنند. همه جهش‌های انسان در عصر حاضر به نوعی وابسته به شناخت گسترده‌تر و عمیق‌تر از مواد و توانایی وی در مهار و به کار گرفتن خواص آن بوده است.



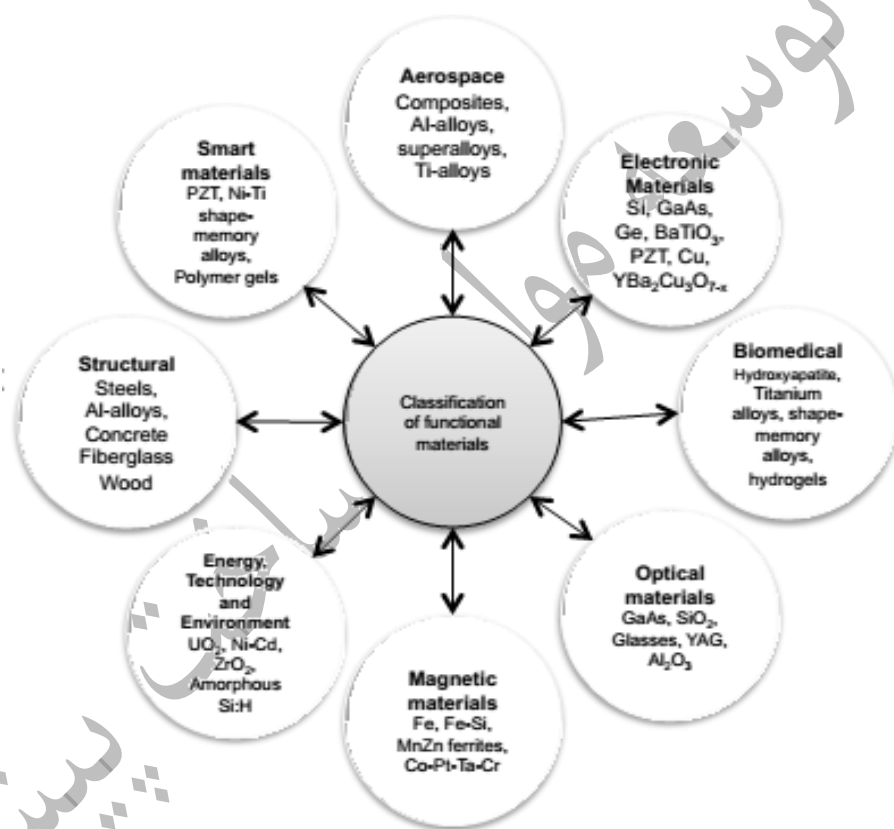
شکل ۱. سیر تحول مواد غالب در ابزار سازی

به طور کلی مواد ساده بر اساس نوع پیوند بین ملکولی به سه دسته اصلی فلزات، پلیمرها و سرامیک‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۲). هر یک از این خانواده‌ها خواص ویژه و مشخص دارند. فلزات استحکام بالا، قابلیت چکش‌خواری، رسانش حرارت و الکتریسیته و جلای فلزی دارند، در حالی که پلیمرها عایق حرارت و الکتریسیته بوده و چگالی پایینی دارند. سرامیک‌ها عموماً سختی، پایداری شیمیایی و دمایی بالا داشته و عایق هستند. مواد مرکب موادی هستند که شامل ویژگی‌های دو خانواده مختلف از مواد باشند. برای مثال سرامت‌ها شامل سرامیک‌ها و فلزات و CMC‌ها کامپوزیت‌های زمینه فلزی‌اند.



شکل ۲. دسته بندی اساسی مواد بر اساس نوع پیوند

دسته‌بندی دیگر مواد بر اساس خواص و یا کاربرد انجام می‌شود (شکل ۳). در این دسته‌بندی مواد به مواد هوا-فضا، مواد زیست‌سازگار، مواد الکترونیک، مواد حوزه انرژی، مواد مغناطیسی، مواد اپتیکی و فوتونیک، مواد سازه‌ای و مواد هوشمند طبقه‌بندی می‌شوند. در بسیاری از موارد مواد دو خانواده مجزا ویژگی مشابهی دارند و در دسته‌بندی‌های کاربردی در یک گروه قرار می‌گیرند. برای مثال عایق‌های الکتریکی می‌توانند از جنس سرامیک و یا پلیمر و یا کامپوزیت باشند. در مثالی دیگر مواد مقاوم در برابر سایش بسته به خواص دیگر مورد نیاز از جنس فلز، سرامیک و یا کامپوزیت انتخاب می‌شوند.



شکل ۳. دسته‌بندی مواد بر اساس خواص و کاربردها

پاسخ مواد برابر محرک‌ها تقریباً مشابه است. برای مثال تقریباً همه مواد در برابر افزایش و کاهش دما رفتاری انبساطی و یا انقباضی دارند. همه آنها در برابر اعمال تنش، کرنش از خود نشان می‌دهد و در برابر جریان الکتریسیته هادی و یا عایق‌اند. در دهه‌های اخیر خواصی در برخی مواد مشاهده شده است که آنها را از این دسته‌بندی عمومی خارج نموده است. این مواد در برابر محرک‌ها پاسخی کاملاً متفاوت از خود نشان می‌دهند. این بخش از مواد را

مواد هوشمند می‌نامند. مواد هوشمند در برابر محرک‌هایی همچون نور، گرما، رطوبت، میدان الکتریکی و یا مغناطیسی، pH و تنش، رفتاری خاص از خود نشان می‌دهند.

هوشمند بودن این مواد به معنی وجود قدرت تصمیم‌گیری نیست، بلکه آن‌ها در برابر محرک‌های بیرونی واکنشی قابل ثبت و اندازه‌گیری نشان می‌دهند که آنها را برای ساخت حسگرهای محیطی و یا استفاده در کاربردهای خاص دیگر بسیار مناسب می‌سازد. مواد هوشمند با نام‌های دیگری نیز مانند مواد پاسخ‌ده¹ و یا عملگر² نیز شناخته می‌شوند. بسته به شرایط ممکن است خواص (مکانیکی، الکتریکی یا ظاهری)، ساختار و یا ترکیب این مواد در مقابل محرک خارجی خاصی تغییر کند. بررسی این مواد با توجه به نبود مشابهت فیزیکی، شیمیایی و یا ساختاری آنها بدون تمرکز بر دسته‌بندی بر اساس نوع پاسخ دریافت شده در مقابل محرک‌ها، ممکن نیست. بنابراین در بررسی مواد هوشمند تاکید نه بر آلیاژ و ترکیب ساختار فیزیکی بلکه بر نوع رفتار خاص ماده است و ممکن است یک آلیاژ فلزی در کنار یک پلیمر خاص قرار گیرد چرا که هر دو رفتاری مشابه دارند.

برخی از مواد هوشمند از سال‌های بسیار دور شناخته شده‌اند. برای مثال ترموکوپل‌ها از موادی ساخته می‌شوند که در برابر تغییر دما اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌کنند. با اندازه‌گیری این اختلاف پتانسیل می‌توان به میزان تغییر دما پی برد. کشف خاصیت ترموکوپل‌ها به قرن ۱۹ باز می‌گردد. بنابراین کاربرد مواد هوشمند در زندگی بشر موضوع جدیدی نیست. اما در بسیاری موارد تحقیقات سه دهه اخیر باعث طرح کاربردهایی جدید برای این مواد شده است.

کاربردهای متصور برای این گروه از مواد بسیار وسیع‌تر از هر خانواده‌ی دیگری از مواد می‌باشد. از این مواد در تولید الکتریسته، ساخت ماشین‌های الکتریکی و مکانیکی بسیار ظریف و یا بسیار قدرتمند، ساخت انواع حسگرهای حفاظتی، ادوات جراحی، ایمپلنت‌های پزشکی، ماهواره‌ها، ماهیچه‌های مصنوعی و بسیاری موارد دیگر استفاده می‌شود. اتومبیل، هواپیما و ساختمان‌هایی که با استفاده از این مواد ساخته شده باشد را هوشمند محسوب می‌کنند. با استفاده از انواع حسگرها و ایجاد واکنش مطلوب در ماشین، این وسایل قابلیت واکنش سریع به شرایط بیرونی با دقت بالایی را دارند.

¹ Responsive material

² Functional material

مواد هوشمند را می‌توان به شیوه‌های مختلفی دسته‌بندی نمود. برخی از این دسته‌بندی‌ها بر اساس عملکرد، برخی دیگر بر اساس خواص و برخی بر اساس مشخصات ماده پایه است. در بسیاری موارد برهم پوشانی بین روش‌های دسته‌بندی وجود دارد. در یکی از این دسته‌بندی‌ها، مواد هوشمند را به چهار دسته زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

- مواد هوشمند تغییر رنگ دهنده
- مواد منور (نور دهنده)
- مواد متحرک (حرکت کننده)
- مواد تغییر دما دهنده

در این دسته‌بندی موادی مانند سلول‌های خورشیدی جا نگرفته‌اند. در یک دسته‌بندی قدیمی تر مواد هوشمند به دو دسته مواد هوشمند فعال و غیرفعال طبقه‌بندی می‌شوند. مواد هوشمند فعال در معرض میدان مغناطیسی، الکتریکی و یا گرمایی قابلیت تغییر خواص و یا شکل هندسی خود و در نتیجه تبدیل انواع انرژی به یکدیگر را دارند. مواد پیزوالکتریک، آلیاژهای حافظه‌دار، مواد مگنتوریستریکتیو و مایعاتی که با اعمال میدان الکتریکی رفتار رئولوژیک خود را تغییر می‌دهند، از این گروه‌اند. از این مواد برای اعمال نیرو و یا به عنوان محرک (Actuator) استفاده می‌شود. گروه دوم مواد هوشمندی هستند که غیر فعال نامیده می‌شوند و قابلیت تبدیل انرژی ندارند. این نوع از مواد هوشمند به عنوان حسگر به کار برده می‌شوند.

با تسلط بیشتر بر خواص مواد و طبقه‌بندی دقیق‌تر آن‌ها و شناخت و توسعه مواد جدید در دهه‌های اخیر تنوع مواد هوشمند بیشتر و کاربرد آنها به واقعیت نزدیک‌تر شده است. در گزارش‌های بعدی برخی از دسته‌های مواد هوشمند معرفی و توضیحات مختصری در خصوص کاربرد آن‌ها ارائه خواهد شد.