

کارشناس طراحی صنعتی، دانشگاه هنر / سپیده صادقی
 دانشیار طراحی صنعتی، دانشگاه هنر / محمد رزاقی

اختصاری بر کاربرد فناوری نانو در طراحی محصولات

چکیده

فناوری نانو یکی از علوم نوین در حال توسعه است. این علم به معنای توانمندی تولید و بهبود مواد، محصولات و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی و استفاده از خواص جدید مواد در آن سطوح است. از همین تعریف ساده برمی‌آید که فناوری نانو رویکردی نوین در تمامی رشته‌هاست. این فناوری دارای کاربردهای فراوان در حوزه‌های مختلف اعم از غذا، دارو، تشخیص پزشکی، الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد و هوا فضا است. تمامی محصولات تولیدی نتیجه یک فرایند طراحی هستند و گرچه ماهیت این فرایند یکسان نیست اما نوآوری در حل مسائل در آن از اهمیت بالایی برخوردار است. طراحان صنعتی به دنبال خلق مفاهیم و محصولات با تغییر و توسعه آن‌ها در حوزه‌های مختلف زندگی هستند و نوآوری در صنعت به خاطر بروز نیازهای جدید همواره مورد توجه طراحان قرار دارد. در این مقاله سعی شده است تا نگاه گسترده‌تری از مفهوم نوآوری در طراحی صنعتی با تکیه بر فناوری نانو ارائه شود و با توجه به گسترده بودن دنیای فناوری نانو، غربالی صورت پذیرد تا برخی از اطلاعات لازم و مورد نیاز برای طراحان صنعتی در آن گردآوری شود. اطلاعاتی در مورد مواد پایه و نوظهور نانویی، تقسیم‌بندی نانومواد و ایجاد ارتباط میان این دو علم از طریق طراحی مواد محور و همچنین مثال‌هایی از محصولات موجود در دنیای طراحی صنعتی که در آن فناوری نانو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها

فناوری نانو، طراحی مواد محور، طراحی محصول، توسعه محصولات.

بازه پذیرش مقاله: ۶ ماه

مقاله
 ترویجی

sepsadeqi@gmail.com

انسان موجودی متفکر و جستجوگر است که همواره در تلاش بوده تا راه حلی برای پرسش‌های بی‌شمار و آسان‌تر کردن روند زندگی خود بیابد. این نیاز آن قدر بزرگ بوده است که انگیزه کافی برای خلاقیت، اکتشاف، اختراع و فناوری را ایجاد کرده باشد. به مرور زمان این فناوری‌ها گسترده‌تر و کاربردی‌تر شدند، به گونه‌ای که نسل جدید تحولات در علم و فناوری، ایجاد تغییر در خواص مواد و استفاده از این تغییرات در وسایل و سامانه‌ها است. فناوری نانو، فناوری ایجاد تغییر و تحول در ویژگی‌های مواد است. این تغییرات، هرچند کوچک، موجب گستره بزرگی از تغییرات در صنایع وابسته به آن ماده می‌شوند.

طراحی، مشخصه‌یابی، تولید و کاربرد مواد، دستگاه‌ها و سیستم‌ها با کنترل شکل و اندازه در مقیاس نانو را فناوری نانو می‌نامند (Ramsden, 2009, p.10). از آنجایی که فناوری نانو یک فناوری تحول‌آفرین قدرتمند محسوب می‌شود، بسیار مهم است که بدانیم این فناوری چه قابلیت‌هایی دارد. از لحاظ کاربردی، علم نانو این پتانسیل را دارد که پزشکی، بیوتکنولوژی، کشاورزی، علم مواد، هوا فضا، فناوری اطلاعات و ارتباطات را متحول کند. در واقع پیش‌بینی می‌شود که این فناوری، صنعت و علم را دچار تغییر و تکامل جدی خواهد کرد (Mehta, 2002, p.269). توانایی اندازه‌گیری، درک، مهندسی و کنترل مواد در مقیاس نانو، فرصت‌هایی را به وجود آورده که در مقیاس‌های بالاتر وجود نداشتند. در این مقیاس، اصول و ابزارهای تحقیقاتی پایه در زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی و مهندسی همگرا شده و منجر به کاربردهای فراگیر فناوری نانو شده است.

توسعه فناوری بر بازار تأثیر می‌گذارد و پیشرفت بازار نیز فناوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به گفته جان سیلی براون^۱، بزرگ‌ترین چالشی که بر سر راه نوآوری قرار دارد، برقراری رابطه میان فناوری نوین و بازار جدید است. از آنجایی که فناوری نوین و بازار جدید هر دو در این رابطه پیچیده نقش دارند، مدیران ناچارند خود را با نوآوری‌ها و تغییرات روز افزون و تحولات سریع صنعت وفق دهند (Miller & Morris, 1999).

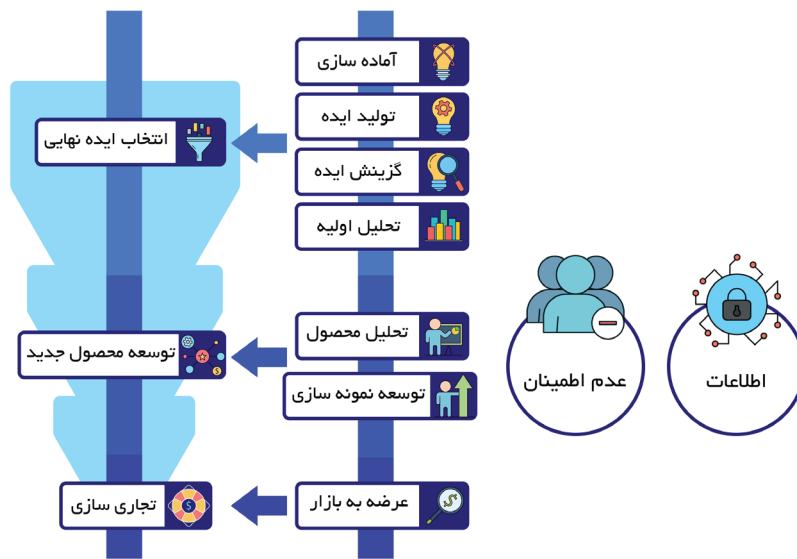
رشد فناوری‌ها تقاضا را برای رفاه بیشتر تحریک می‌کند و این نیاز، شرکت‌های تولیدی را وادار می‌دارد تا به توسعه محصولات جدید بپردازند. در این میان طراحی صنعتی، قلب تپنده توسعه محصولات جدید در شرکت‌ها است (Ulrich & Eppinger, 2008, p.189). طراحی، عضو جدایی‌ناپذیر در تکنولوژی معاصر است و این امر در زیست‌شناسی مصنوعی و فناوری نانو نیز نفوذ می‌کند و اصطلاح نانو جهان به عنوان یک جهان بر اساس طراحی به تصویر کشیده می‌شود (Bensaude Vincent, 2015).

روزافزون سازمان‌ها، و نیز تغییر اساسی در نیازها و سلیقه‌های مشتریان، تولید محصولات جدید با چالش‌هایی روبه‌رو شده است. شرکت‌ها به دلیل مخاطراتی که در عرضه محصولات جدید وجود دارد، باید پیوسته در مورد بهبود فرایند تولید محصولات جدید فکر کنند. نوآوری‌ها و فناوری‌های نوین، عوامل حیاتی در توسعه محصولات جدید هستند (خمسه و همکاران، ۱۳۸۸) (شکل ۱).

نانوتکنولوژی

نانوتکنولوژی، فناوری، مهندسی و علمی است که در مقیاس نانو انجام می‌شود. تصور مقیاس کوچکی نانتکنولوژی، سخت است. یک نانومتر یک میلیاردیم متر یا 10^{-9} متر است. به طور مثال، یک ورق روزنامه، حدود ۱۰۰۰۰۰ نانومتر ضخامت دارد. یافته‌های دانشمندان

بررسی‌ها نشان می‌دهند که کاربردهای موفق متعددی از فناوری نانو وجود دارد و یکی از مهم‌ترین راه‌های گسترش آن در سطحی فراگیر، افزایش سطح مشارکت جامعه در فرایند طراحی، توسعه و تجاری‌سازی محصول حاصل از نانتکنولوژی و پذیرش اختراعات فناوری نانو است و این امر تنها با آموزش به افراد جامعه و بیان مزایا، محدودیت‌ها و حتی خطرات این فناوری ممکن می‌شود. بسیاری نانتکنولوژی را فناوری‌ای می‌دانند که در راستای دیدگاه شومپیتر^۲ در بحث نوآوری و تخریب سازنده^۳، فرصت‌های جدیدی برای ایجاد ثروت و اشتغال فراهم خواهد آورد. نانتکنولوژی فناوری مبتنی بر فرایند یا مواد است، اما اغلب نوآوری‌های طراحی محصولات که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند، مبتنی بر محصولات مونتاژ شده یا خدماتی هستند. با پیشرفت فناوری، علوم و تجهیزات جدید تولیدی، رقابتی شدن



شکل ۱. فرایند نوآوری و جایگاه آن در توسعه محصولات جدید (خمسه و همکاران، ۱۳۸۸).

هستند و هیچ بعد آزادی ندارند. براساس برخی دسته بندی ها به این دسته از نانو ساختارها، نانو ذرات نیز گفته می شود. عوامل تأثیرگذار بر خواص نانو ذرات، اندازه و جنس ذرات هستند.

۲. **نانو مواد یک بعدی:** نانومواد تک بعدی، دارای دو بعد در مقیاس نانو و یک بعد آزاد هستند. نانوسیم ها، نانومپله ها، نانولوله ها و نانوالیاف ها، همگی جز مواد نانو ساختار تک بعدی هستند. عوامل تأثیرگذار روی خواص نانو ساختارهای تک بعدی، جنس و نسبت طول به قطر آن است.

۳. **نانو مواد دو بعدی:** این مواد دارای دو بعد آزاد و یک بعد در مقیاس نانو هستند. مواد با یک بعد در مقیاس نانو عمدتاً شامل لایه های نازک یا پوشش های سطحی است.

۴. **نانو مواد سه بعدی:** در این مواد، هر سه بعد در مقیاس آزاد است. این تعریف، با تعریف مواد نانو ساختار در تناقض است، زیرا هیچ یک از سه بعد آن در مقیاس نانو نیست. این دسته شامل؛ نانوکامپوزیت ها (مواد مرکبی که شامل چند ماده است) و مواد حجیم نانو ساختار یا مواد توده ای نانو ساختار است. مواد حجیم نانو ساختار موادی هستند که اندازه واحدهای سازنده مجزای آن ها حداقل در یک بُعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد.

شکل (۲) تقسیم بندی انواع نانومواد را با توجه به ساختار هندسی (یک تا سه بعدی) نمایش می دهد (سیم چی، ۱۳۸۷، ص ۲۱).

ساخت نانو مواد

از آنجایی که اندازه، توزیع، مورفولوژی^۴ (ریخت شناسی)، خلوص و درجه کریستالی بودن نانو ذرات، به روش تولید آن ها بسیار وابسته است، بنابراین روش فراوری آن ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. تنوع روش های تولید به همراه استفاده از منابع انرژی مختلف، مواد اولیه متفاوت و شرایط فراوری، به گونه ای است که به سختی می توان تمامی فرایندها را با ذکر جزئیات تشریح کرد. با وجود این بسیاری از تکنیک ها مشابه هستند (سیم چی، ۱۳۸۷، ص ۷۹).

تکنیک های فراوری نانو مواد در آزمایشگاه ها، با فراوری آن ها در کارخانه های تولیدی تفاوت های بسیاری دارد. مدل فراوری نانو مواد را به طور کلی به دو بخش بالا به پایین و پایین به بالا تفکیک می کنند

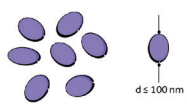
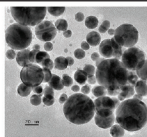
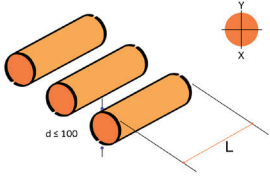
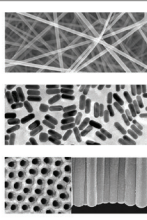
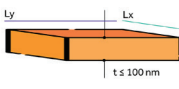
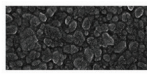
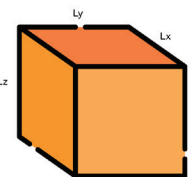
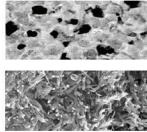
نشان می دهد که خواص مواد در مقیاس نانو بسیار متفاوت از مقیاس ماکرو است. این در حالی است که کوچک کردن ذرات یک تغییر فیزیکی است و ما انتظار نداریم که با این تغییر فیزیکی، ویژگی های اصلی ماده تغییر کند. این امر باعث شده تا مقیاس نانو بیش از سایر مقیاس ها مورد توجه قرار گیرد. به طور حتم بارها خرده های یک شیشه شکسته شده را دیده اید. ذرات حاصل از شکستن یک شیشه هر چقدر هم که کوچک باشند، باز به بی رنگی و شفافیت شیشه اولیه هستند. اما این قاعده در مقیاس نانو صادق نیست. یعنی موادی وجود دارند که رنگ ذرات چند نانومتری آن ها، با رنگ ذرات بزرگ ترشان متفاوت است.

نانو مواد

نانو مواد، به موادی گفته می شود که اندازه ذرات آن ها حداقل در یک بُعد، بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است و با نام نانو ساختار نیز شناخته می شوند. یک نانو ساختار حداقل یکی از ابعادش در مقیاس نانو است، که معمولاً خواص این مواد، متفاوت از جامداتی با ساختار میکرومتری است (Jeevanandam, 2018). اندازه دانه های ریزتر معمولاً منجر به استحکام مکانیکی بالاتر می شود. در صورتی که ماده مورد نظر در سه بعد در مقیاس نانو قرار داشته باشد، معمولاً عبارت «نانو ذره» استفاده می شود. این ذرات به دلیل نسبت سطح به حجم بالا، فعالیت سطحی زیادی دارند و در پزشکی، داروسازی، محافظت کننده ها، روان سازها، لوازم آرایشی و بهداشتی، تولید برق و کاتالیزورها استفاده می شوند. با این حال، محصولات مصرفی که نانو فناوری در تولید آن نقش داشته است، چندان در میان عموم مصرف کنندگان شناخته شده نیستند. این امر به دلیل ماهیت پنهان و نادیدنی بودن این فناوری است. از آنجایی که مواد به کار رفته در این نوع محصولات، با چشم غیر مسلح دیده نمی شوند، درک اثر نانو فناوری بر نحوه تعامل مصرف کنندگان سخت تر می شود.

به بُعدی که در مقیاس نانو نباشد اصطلاحاً بُعد آزاد گفته می شود، زیرا هر مقداری می تواند داشته باشد. نانو مواد را براساس تعداد ابعاد آزادی که دارند در چهار دسته تقسیم بندی می کنند (سیم چی، ۱۳۸۷، ص ۲۰).

۱. **نانو مواد صفر بعدی:** موادی که در هر سه بعد دارای اندازه نانومتری

صفر بعدی		نانو ذره ها	
یک بعدی		نانو سیم نانو میله نانو لوله	
دو بعدی		نانو فیلم ها نانو پوشش ها	
سه بعدی		نانو کریستال ها نانو کامپوزیت ها	

شکل ۲. تقسیم‌بندی انواع نانو مواد بر اساس ساختار هندسی آن‌ها (سیم چی، ۱۳۸۷، ص ۲۱)

محصولات، سیستم‌ها، خدمات و تجربیات نوآورانه، منجر به کیفیت زندگی بهتر می‌شود.

این حرفه فرارشته‌ای که از خلاقیت برای حل مشکلات استفاده می‌کند، پلی است بین آنچه که وجود دارد و آنچه که ممکن است وجود داشته باشد. طراحی صنعتی در قلب خود، راه خوش‌بینانه‌تری برای نگاه کردن به آینده با بازنگری مشکلات به عنوان فرصت فراهم می‌کند. این نوآوری، فناوری، تحقیق، کسب و کار و مشتریان را برای ارائه ارزش جدید و مزیت رقابتی در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پیوند می‌دهد (WDO, 2022).

کلید طراحی محصول موفق، درک مشتری نهایی است، شخصی که محصول برای او ساخته می‌شود. طراحان محصول سعی می‌کنند با استفاده از همدلی و آگاهی از عادات، رفتارها، ناامیدی‌ها، نیازها و خواسته‌های مشتریان احتمالی، مشکلات واقعی را با کمک فناوری‌های روز برای افراد حل کنند.

محصولی که طراحی می‌شود می‌تواند مبتنی بر دو رویکرد باشد.

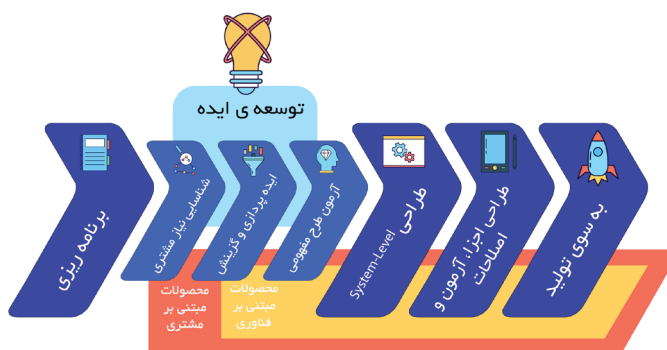
۱- محصولات مبتنی بر فناوری

۲- محصولات مبتنی بر مشتری (Ulrich & Eppinger, 2008).

(Baig et al, 2021). روش‌های بالا به پایین؛ شامل روش خرد کردن یک تکه از ماده به وسیله بریدن و یا شکستن پیوندهای بین مولکولی آن، برای کوچک کردن ماده به ابعادی که می‌خواهیم است. در واقع این امکان وجود دارد که مواد را آن قدر تجزیه کنیم تا در حد نانومتری برسند. در حین این فرایندها، مقدار قابل توجهی از انرژی مکانیکی، حرارتی یا شیمیایی برای تبدیل مواد به ذرات در محدوده نانو مورد نیاز است. در بسیاری از موارد، این روش‌ها می‌توانند برای تولید حجم بیشتری از نانوذرات مورد استفاده قرار گیرند و اغلب برای تولید انبوه استفاده می‌شوند. روش‌های پایین به بالا به گونه‌ای هستند که در طی این روش ساخت، اتم‌ها و مولکول‌ها به طور بسیار دقیقی کنار هم قرار داده می‌شوند تا به یک ساختار نانویی برسند. اغلب این روش‌ها، شامل خود ساماندهی^۵ هستند.

طراحی صنعتی و دیزاین

طراحی صنعتی، یک فرایند راهبردی حل مسئله است که نوآوری را هدایت می‌کند، موفقیت کسب و کار را ایجاد می‌کند و از طریق



شکل ۳. نمایش رویکردهای توسعه محصول (Ulrich & Eppinger, 2008)

پیوند میان نانو تکنولوژی و دیزاین

بود. فرض کنید پژوهشگران حوزه نانو فناوری به بیافی دست یافته باشند که قابلیت جذب آب آن صفر باشد و تولید آن نیز اقتصادی باشد. در اینجا طراحان برای استفاده از این دستاورد دست به کار می‌شوند و ممکن است با این ماده جدید یک چتر و یا یک چادر مسافرتی طراحی کنند.

در حالت دوم طراحان تقاضای موجود در بازار را از سوی مشتری رصد می‌کنند و برای حل آن از مواد و فرایندهایی که نانو فناوری پیش از این فراهم آورده است، کمک می‌گیرند. به عنوان مثال، شرایطی را در نظر بگیرید که تقاضای کاربران تلفن همراه برای افزایش حجم و عمر باتری آن محصول افزایش یافته است. در این حالت طراحان به دنبال راهی برای افزایش عمر باتری نیستند. اعلام نیاز به باتری‌های با عمر بیشتر برای دانشمندان نانو فناوری ارسال می‌شود. در صورتی که فناوری نانو راه حلی برای این مشکل ارائه داده باشد، طراحان به نحوه استفاده از آن می‌اندیشند.

زمانی که از فناوری‌های پیشرفته‌ای نظیر نانو فناوری در طراحی محصولات استفاده می‌شود، سازوکار طراحی محصول متفاوت خواهد بود و نیاز به دانش گسترده‌تری در حوزه مواد و تکنولوژی نوین احساس می‌شود.

در سال ۲۰۰۶، از دانشجویان طراحی منسوجات خواسته شد برای تبدیل قابلیت‌های فناوری نانو به کاربردهای قابل فروش در بازار، راه کارهایی ارائه شود. دانشجویان باید دنبال طیف مواد وسیع‌تری می‌بودند تا هدف این طرح عملی شود. به عنوان مثال، نانومیله‌ها^۲ و نانولوله‌ها^۳ در تولید الیاف در مقایسه با لوله‌های میکرومتری، خواص مکانیکی-فیزیکی بهتری از خود نشان می‌دهند. استفاده از پوشش‌های نانومتری نیز خواص زیادی دارند. این مواد که تنها در یک بعد در مقیاس نانو هستند، مقاومت سایشی خوبی از خود نشان می‌دهند (سیم‌چی، ۱۳۸۷، ۲۰). دانشجویی به نام کوین گرفت^۴، از دانشگاه اسن در دویسبورگ^۵ آلمان، هدفش را ساخت لباسی تعریف کرد که قابلیت مخابره عملکرد بدن نسبت به شرایط آب و هوایی را داشته باشد. او محصولی را که سنسوا^۶ نامیده می‌شود، اختراع کرد. این وسیله یک سیستم هشدار دهنده برای ورزشکاران و کوهنوردان برای اجتناب از خستگی و شرایط آب و هوایی است (شکل ۴).

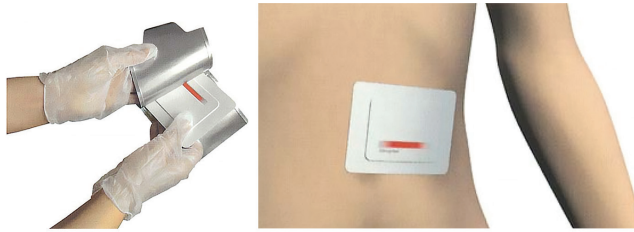
مارتین لانگهامر^۷ دانشجویی دیگری بود که ایده نانوپلاست برای چسب زخم طراحی کرد. محصول او عفونت زخم‌ها را با استفاده از حسگرهای نانویی که با پروتئین‌های خاصی واکنش می‌دهند، شناسایی می‌کند (شکل ۵). قرمز شدن رنگ نمایشگر به بیمار یا همراه او هشدار می‌دهد که امکان به خطر افتادن سلامتی وجود دارد (Leydecker, 2008).

برای دهه‌ها مواد، نقطه کانونی تحقیق و موضوع عملی طراحی بوده است (Ashby & Johnson, 2009). بسیاری از کارهای تأثیرگذار ابتدایی بر هدایت طراحان برای انتخاب ماده مناسب با توجه به شکل محصول یا نیازها و محدودیت‌های ساخت متمرکز هستند (Ashby & Cebon, 2007). اخیراً در میان پژوهشگران، رویکرد تحقیقاتی جدیدی مورد توجه قرار گرفته است که به بررسی دقیق نقش فعال مواد در شکل‌گیری تجربیات طراحان با محصولات می‌پردازد (Ashby & Johnson, 2013; Karana, 2009; Karana et al, 2014; Pedgley, 2009; Rognoli & Levi, 2004; van Kesteren, 2008; Zuo, 2010). تأثیرگذار بسیاری به منظور اطلاع از نحوه درک مواد (Fenko et al, 2010; Howes et al, 2014; Laughlin, 2010; Rognoli, 2010; Sonneveld, 2007; Westeils et al, 2013)، نحوه معنا بخشیدن به مواد (Karana, 2009)، و نحوه‌هایی که مواد باعث بروز احساسات می‌شوند (Ludden et al, 2008)، انجام گرفته است. مانند روش مواد محور^۸ که در آن ماده یا مواد خاصی را به عنوان نقطه شروع در نظر گرفته و به خواص فنی و مهندسی آن پرداخته می‌شود تا محصولی را مجسم کند یا روی آزمایش‌های عملی و نمونه‌سازی با مواد در فرایند طراحی تأکید می‌کنند. روش طراحی مواد محور برای تسهیل فرایندهای طراحی که مواد نقش اصلی را در آن بازی می‌کند، توسعه داده شده است. تحقیقات در زمینه مواد دائماً در حال تکامل است و مواد جدید و برتری (مانند مواد زیست بنیان، مواد هوشمند و مواد بازیافتی) را به عنوان جایگزین مواد معمولی ارائه می‌کند (Maine et al, 2005). نانو تکنولوژی امروزه از چندین مشکل اساسی رنج می‌برد که تجاری‌سازی در مقیاس بزرگ را کند می‌کند. در واقع، مشکل، همواره مالی یا مدیریتی نیست، بلکه مشکل، تولید انبوه اساسی و ایمن است. یکی از چالش‌های اصلی این است که آیا پیشرفت تکنولوژی قادر به ایجاد نانو موادهایی با سنتز آسان و تکرارپذیر، در زمان ایدئال، با هزینه کم جهت رقابت، ضمن ارضای تقاضای مصرف کننده، ایمن و دوستدار محیط زیست باشد، هست یا خیر؟ باید ارتباطی دو سویه میان علم نانو در آزمایشگاه تا رسیدن به محصولی عملی و قابل لمس وجود داشته باشد. نانو تکنولوژیست‌ها، مسئول تولید آجرهای تکنولوژیکی با ویژگی‌های قابل استفاده هستند، در حالی که طراحان، مسئول ترجمه این قابلیت‌ها به کاربردهای اجتماعی بالقوه هستند (Nayfeh, 2018).

طراحی محصول به دو طریق می‌تواند با نانو فناوری در تعامل باشد: ۱- در حالت اول، فناوری نانو بر اساس توسعه دانش نانو، فناوری جدیدی را در حوزه مواد یا فرایندها فراهم می‌آورد که طراحان از آن سود می‌برند. در این حالت روند طراحی مبتنی بر تکنولوژی خواهد



شکل ۴. سنسوا (Leydecker, 2008)



شکل ۵. چسب زخم نانوپلاست (Leydecker, 2008)

نظردر نمودار مربوط به خواص مواد، جانمایی می‌شود. در این نمودار (شکل ۶) جایگاه حدودی مواد مختلف مشخص است. کفایت محدوده خاصیت مورد نظرا بر روی نمودار بیاییم (Ashby et al, 2009). در تکمیل شکل بالا می‌توان تقسیم‌بندی دیگری از نانو مواد معرفی کرد که با مثال‌هایی از کاربردهای آن در محصولات همراه است.

روشی سیستماتیک برای گزینش مواد توسط طراحان صنعتی اختصاصاً برای دستاوردهای نانو، شخصی‌سازی شده است. براساس این روش، پس از شناسایی عملکردهای مورد انتظار از محصول، خواص مرتبط با آن عملکرد شناسایی می‌شود. مثلاً برای دستگیره در، استحکام محصول لحاظ می‌شود، سپس محدوده خاصیت ماده مورد

	نانو کامپوزیت‌ها	نانو پوک‌ها	نانو سطوح	نانو پوشش‌ها	نانو فیلم‌ها	نانو لمینیت‌ها	نانو رنگ‌ها	نانو عایق‌ها	نانو چسب‌ها	نانو بافت‌ها	
عملکرد ها در ارتباط با خواص اصلی	مکانیکی / ساختاری	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	نوری	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	صوت	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	حرارتی	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	الکترو مغناطیسی	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	شیمیایی	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
عملکرد ها در ارتباط با خواص اصلی	خود التیام	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	خود تمیز شونده	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	ضد لک	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	ضد میکروب	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	ضد باکتری	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	ضد قارچ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	ضد ذوب	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	ضد انعکاس	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	چسبندگی، پیوستگی	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

این نمودار کامل نیست. صورت‌های دیگری از محصولات مانند نانو پودر ها یا پالاینده‌های هوا نیز می‌توانند افزوده شوند.

روابط کاربردی: کم زیاد

شکل ۶. نمودار شناسایی عملکرد محصول در مقابل خواص نانومواد (Ashby et al, 2009)

جدول ۱. تقسیم بندی نانومواد (Mahiji & Yadav, 2021)

انواع نانومواد	کاربردها	مثالها
اکسید سربیم اکسید آهن اکسید روی، اکسید آلومینیوم منیزیم، دی اکسید تیتانیوم،	بسته بندی اتوموبیل محصولات آرایشی بهداشتی باتری ها و انرژی های قابل بازیافت رنگ ها سطوح خود پاک شونده میلمان (چوب)	نانوذرات اکسید فلزی
گرافن فولرن نانولوله کربنی نانوفیبر کربنی کربن سیاه کربن فعال	بسته بندی وسایل حمل و نقل و اتوموبیل ابزارهای پزشکی و مکانیکی محصولات کشاورزی محصولات ایمنی محصولات الکترونیکی انرژی های قابل بازیافت	نانو مواد کربنی
دندریمرها سیکلو دکسترین لیپوزوم میسل کیتوزان	بسته بندی محصولات آرایشی و بهداشتی محصولات کشاورزی پایدار سلامت و دارورسانی	نانو مواد آلی
ترکیبی از نانومواد معدنی، کربنی و آلی	بسته بندی بدنه اتوموبیل محصولات الکترونیکی فیلترهای آب و هوای پاک	نانو مواد کامپوزیت

نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در پلیمرهای بسته بندی مواد غذایی برای جلوگیری از تابش اشعه ماوراء بنفش استفاده می شود و همچنین خواص شیمیایی، مکانیکی و ضدباکتریایی را افزایش می دهد (Mohr et al, 2019).
یک فیلم بازتابنده بسیار نازک از اکسید آلومینیوم روی شیشه ماشین با ضخامت کمتر از ۱۰۰ نانومتر ایمنی را بهبود می بخشد و ناراحتی هنگام رانندگی در زیر نور خورشید را روز و تابش خیره کننده یک وسیله نقلیه رویه رو در شب را کاهش می دهد (Mohseni et al, 2012).
استفاده از نانومواد در پوشش چوب مانند نانو اکسید روی می تواند عملکرد چوب را از نظر دوام، مقاومت در برابر آتش و جذب اشعه ماوراء بنفش و همچنین کاهش جذب آب افزایش دهد (Cristea et al, 2011).

از نانولوله های کربنی برای بهبود خواص مکانیکی و ضد میکروبی پلیمر مورد استفاده در بسته بندی استفاده می شود (Rezić et al, 2017). از نانولوله های کربنی در تشکیل حسگرهای اکسیژن برای نظارت بر غلظت آن در بسته بندی ها استفاده می شود (Zhu et al, 2017).
در بدنه و تقویت خواص اجزا خودرو، هواپیما و قایق و همچنین در قطعات لاستیکی دینامیک، پوشش ها، وسایل ورزشی و تجهیزات حرارتی که الکتریسیته را به گرما تبدیل می کنند استفاده می شود (Muniruzzaman & Winey, 2006).

کیتوزان سازگار با محیط زیست، غیر سمی و دارای خواص ضد میکروبی عالی است که آن ها را به نانوذرات بالقوه برای استفاده در بسته بندی تبدیل می کند (Divya & Jisha, 2018).

نانو کامپوزیت تشکیل شده از نانولوله های کربنی، نانومواد پلی آمید، منیزیم، الومینیوم، سیلیسیم و تیتانیوم دی اکسید دارای وزن سبک تر و خواص حرارتی بالاتری هستند که می تواند استحکام و دوام کلی بدنه خودروها را برای طولانی مدت افزایش دهند (Lyu & Choi, 2015).



شکل ۷. ون پروژه ابر (Loeve, 2018).

در ابعاد نانو، بستنی بسیار نرمی تولید می‌کند که به خاطر بخاری که در فرایند تولید بستنی وجود داشت، به آن پروژه ابر یا بستنی خاکستری می‌گفتند. اما این بستنی‌های جذاب، در ازای گفتگو در مورد نانو تکنولوژی به مردم داده می‌شد. همچنین آن‌ها در تابستان افراد را مهمان بارش قطعات یخ می‌کردند. این رویداد خیابانی برای بیدار کردن تخیل مردم و دعوت آن‌ها به بحث در مورد فناوری نانو، مهندسی زمین و تغییرات آب و هوایی بود.

مثال دیگر، سوپرمارکت دوره گرد نانو (شکل ۸)، مربوط به پروژه طبیعت بعدی^{۱۸} از منسوورت^{۱۹}، هنرمند و طراح هلندی است. سوپرمارکت نانو محصولاتی با فناوری نانو را ارائه می‌کند که ممکن است ظرف ده سال آینده وارد قفسه فروشگاه‌ها شوند. محصولاتی مانند آب نبات دارویی، رنگ دیوار تعاملی، نوشیدنی که طعم آن را می‌توان با مایکروویو تغییر داد و موارد دیگر. سوپرمارکت نانو بیش از ۵۰۰۰۰ بازدیدکننده از سرتاسر اروپا داشته است. محصولات این ون هم نوآورانه و مفید و هم عجیب و غریب و آزاردهنده هستند. آن‌ها به عنوان سناریوهایی برای آینده نانو، بالقوه عمل می‌کنند، و به ما در تصور محصولات آتی کمک می‌کنند. این پروژه‌ها در کنار لذت و سرگرمی، گاهی فرصت‌های واقعی برای تبادل دیدگاه‌ها و آشنایی با این تکنولوژی در سطح گسترده‌تر هستند (Loeve, 2018).



شکل ۸. سوپرمارکت دوره گرد نانو (Nano Supermarket, 2022).

همیشه این طور نیست که محصولات ساخته شده با کمک فناوری نانو، از ویژگی‌های قابل توجهی برخوردار باشند، گاهی اوقات این فناوری فقط به ماکمک می‌کند تا ایده‌های غیر معمول یا نوین خود را به واقعیت تبدیل کنیم. به عنوان مثال توبی کریج^{۲۰} و همکارانش فهمیدند، بافت استخوانی می‌تواند در آزمایشگاه کشت شود. آن‌ها می‌دانستند که هزاران سال پیش، مردم برای تأیید رابطه خود، به یکدیگر سنگ، استخوان یا صدف می‌دادند و این سنت را در

محققان معتقدند برای ایجاد پیوند میان فناوری نانو و طراحی محصول، لازم نیست فقط به طراحی مستقل و از صفر تا صد یک محصول، محدود شد، بلکه می‌توان ایرادهای موجود در محصول قبلی را شناسایی و بهینه‌سازی کرد. فناوری نانو می‌تواند در مواردی مانند کاهش وزن یا حجم محصول، کاهش تعداد مراحل تولید و استفاده کارآمدتر از مواد اولیه مؤثر باشد (Leydecker, 2008). به عنوان مثال، باتریک فالوتر^{۲۱} و همکارانش که طراحان شرکت آلمانی فولکس واگن هستند، کانسپت نانو اسپایدر^{۲۲} را در پاسخ به چالشی که توسط کنفرانس طراحی لس آنجلس تعیین شده بود ایجاد کردند، چالش کنفرانس، طراحی وسیله نقلیه‌ای بود که بتواند بهترین استفاده را از کالیفرنیا بدون آسیب رساندن به محیط زیست ببرد. این تیم با تفکر فراتر از تکنیک‌های تولید فعلی، به نتیجه رسید. به گفته سازندگان آن، نانو اسپایدر از شبکه‌ای متشکل از میلیاردها دستگاه نانو قابل برنامه‌ریزی کوچک با قطر کمتر از نیم میلی‌متر تشکیل می‌شود. هر یک از این دستگاه‌های کوچک را می‌توان طوری برنامه‌ریزی کرد که به همان اندازه قوی باشد. این مسئله باعث می‌شود سازندگان بتوانند ستون اصلی وسیله نقلیه را که بقیه اجزا به آن متصل شده‌اند همواره قوی نگه دارند. هدف اصلی طراحان صنعتی در این حوزه، تسهیل استفاده از فناوری نانو است، اما کاربران این محصولات هیچ ارتباط مستقیمی با عملیات نانومقیاس تعبیه شده در محصول نهایی ندارند و با رایانه‌ها، عینک‌ها، یخچال‌ها، لاستیک‌ها، لباس‌ها، داروها، لوازم آرایشی، مواد غذایی و غیره که مواد و سیستم‌های نانو روی آن‌ها سوار یا جاسازی می‌شوند، فی‌نفسه تعامل ندارند.

یکی از دلایل فراگیر نشدن نانو تکنولوژی، غیر قابل لمس بودن آن برای افراد جامعه و عدم توانایی تشخیص تفاوت‌های موجود در این محصولات است. به عنوان مثال یک عینک با شیشه ساخته شده با فناوری نانو که دارای قابلیت‌هایی مانند استحکام بالا و خود تمیز شونده است، با یک عینک معمولی از نظر ظاهری تفاوتی ندارد. در واقع عدم توانایی در دیدن این مواد با چشم غیر مسلح و نبود نشانه‌هایی در محصولات موجود در بازار، یکی از زمینه‌های ناآشنایی افراد با این تکنولوژی به حساب می‌آید. برای یافتن راهی که افراد جامعه بتوانند ماهیت توانمند ساز فناوری نانو را تشخیص دهند، طراحان باید شکاف ایجاد شده را درک کرده و در پی ارائه راهکارهایی برای افزایش شناخت جامعه نسبت به این نوع تکنولوژی باشند. به عنوان مثال، در پروژه ابر^{۲۳}، هنرمندان زوئی پاپادوپولو^{۲۴} و کاترین کرامر^{۲۵}، با ون بستنی خود در خیابان مردم را دعوت کردند تا بستنی یخ زده با نیتروژن مایع را بچشند (شکل ۷). در این روش انجماد آن قدر سریع اتفاق می‌افتد که کریستال‌های یخ



شکل ۹. انگشترهای زیستی ساخته شده در آزمایشگاه؛ شکل راست (Nano Supermarket, 2022) و شکل چپ (artscy.sites.ucsc.edu, 2014)

صنعتی و فناوری نانو در تولید ثروت است. آنجا که فناوری برای توزیع و تولید ثروت نیازمند سازوکار شناسایی بازار، شناسایی نیاز مصرف کننده و اثرگذاری بر زندگی روزمره انسان‌ها است، طراحی صنعتی خودنمایی می‌کند.

فناوری نانو و طراحی صنعتی رابطه‌ای دوسویه دارند و اینکه چگونه بر هم اثر می‌گذارند، مستلزم شناسایی توانایی‌های هر دو شاخه است. طراحی صنعتی برای رفع نیاز کاربران، راه حل‌های ابتکاری و لذت بخش ارائه می‌دهد و مسیری برای کاربری انسان از فناوری‌ها مهیا می‌کند، از سوی دیگر فناوری نانو، خواص مواد را به گونه‌ای ارتقا می‌دهد که موجب ایجاد امکانات جدید در محصولات می‌شود.

پیوند فناوری نانو و طراحی صنعتی، فرصت‌های خوبی را به وجود می‌آورد تا راهی برای تحقق بخشیدن به سناریوهای تخیلی و در حال توسعه در صنایع ایجاد شود؛ خودروهایی که می‌توان با فشردن یک دکمه، رنگ آن‌ها را تغییر داد، داروهای هوشمندی که خودشان راه مناطقی از بدن را که به دارو نیاز دارد، پیدا می‌کنند و منسوجات هوشمند، مانند منسوجات مجهز به حسگرهایی که می‌توانند سلامتی (مثلاً میزان قند خون) شخصی که این لباس را پوشیده، گوشزد نمایند. این مثال‌ها، از وسیع بودن پتانسیل اقتصادی حکایت دارد. با مشارکت دادن طراحی خلاق از همان مراحل ابتدایی روند نوآوری، تبدیل پتانسیل‌های فناوری به محصولات قابل فروش در بازار دست یافتنی خواهد بود.

جواهرات زیستی (شکل ۹) که قدم بعدی در طراحی جواهرات است، ادامه دادند. آن‌ها تصمیم گرفتند با وجود این، جواهرات زیستی را از بافت استخوانی شریک زندگی افراد بسازند! ابتدا دندانپزشک تکه کوچکی به عنوان نمونه از استخوان فک فرد می‌گیرد و سپس آن تکه استخوان در آزمایشگاه‌ها رشد می‌کند و در عرض چند هفته به یک جواهر شخصی زیبا تبدیل می‌شود (artscy.sites.ucsc.edu, 2014). مثال دیگر لامپ جلبک لترو^{۱۰} با طراحی مایک تامپسون^{۱۱} است (شکل ۱۰). این لامپ، دوستدار محیط زیست است. لترو از جلبک‌های مولد انرژی استفاده می‌کند که در یک ظرف شیشه‌ای خاص محبوس شده‌اند. این جلبک‌ها کاملاً بدون بو هستند و کار با آن‌ها بسیار آسان است. تنها کاری که کاربر باید انجام دهد، این است که لامپ را در یک مکان آفتابی آویزان کند، تا جلبک‌ها بتوانند انرژی جمع‌آوری کنند. ماهی یک بار باید لامپ را باد کند تا جلبک‌ها کربن دی‌اکسید کافی داشته باشند و هر شش ماه یک بار هم با آب محفظه را پر کنند. پس از تاریک شدن هوا، لامپ به طور خودکار روشن می‌شود. (Nano Supermarket, 2022)

نتیجه

در آینده پیش‌رو فناوری نانو یکی از رتوس موتور اقتصادی این هزاره خواهد بود و ناگزیر، مدل‌های طراحی و نوآوری فعلی باید در بستر این تغییر حرکت کنند. در سطح کلان، نقطه تلاقی طراحی



شکل ۱۰. لامپ جلبک لترو شکل راست و چپ (Nano Supermarket, 2022)، شکل وسط (Designboom, 2010)

پی‌نوشت‌ها

منابع

1. John Seely Brown
 2. Joseph Schumpeter
 ۳. تخریب خلاق به مکانیسم نوآوری مداوم محصول و فرایند اشاره دارد که به وسیله آن واحدهای تولیدی جدید جایگزین واحدهای قدیمی می‌شوند.
 ۴. Morphology: در زیست‌شناسی عبارتست از دانش شناخت شکل ظاهری و ساختمان بیرونی موجودات زنده و ویژگی‌های ساختاری آن‌ها.
 ۵. Self-Assembling Material Driven Design (MDD)
 ۶. نانو میله‌ها نیز در دسته نانومواد یک بعدی قرار می‌گیرند. این ساختارها می‌توانند از فلزات یا مواد نیمه رسانا ساخته شوند. نانومیله‌ها از نانوسیم‌ها کوتاه‌تر هستند.
 ۸. نانولوله لوله‌ای است که در مقیاس نانو به وسیله نانوذرات ساخته می‌شود. قطر یک نانولوله در حدود چند نانومتر است. در حالی که طول آن می‌تواند به چندین میلی‌متر برسد.
 9. Kevin Kreft
 10. University of Duisburg, Essen
 11. Sensoa
 12. Martin Langhammer
 13. Patrick Faulwetter
 14. Nanospyder
 15. The Cloud Project
 16. Zoe Papadopoulou
 17. Cat Cramer
 18. Next Nature
 19. Koert van Mensvoort
 20. Tobie Kerridge
 21. Latro
 22. Mike Thompson
- سیم چی، عبد الرضا (۱۳۸۷). آشنایی با نانو ذرات، خواص، روش‌های تولید و کاربرد. تهران: مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه شریف.
 - حسینی نسب، فرزاد، افسری ولایتی، محسن و قاسمی نژاد، سیده معصومه (۱۳۹۱). آشنایی با علوم و فناوری نانو، تهران: کوچک آموز.
 - رادفر، رضا، خمسه، عباس و مدنی، حسام الدین (۱۳۸۸). تجاری سازی تکنولوژی عامل مؤثر در توسعه تکنولوژی و اقتصاد. رشد و فناوری، ۵ (۴۰)، ۳۳-۴۰.
 - Ashby, M. F., Cebon, D., & Silva, A. (2007). Teaching engineering materials: the CES EduPack. Engineering Department, Cambridge University, 1-13.
 - Ashby, M. F., Paulo J. S. G. Ferreira, Daniel L. Schodek. (2009). Nanomaterials, nanotechnologies and design: an introduction for engineers and architects, Butterworth-Heinemann.
 - Ashby, M. F., & Johnson, K. (2013). Materials and design: the art and science of material selection in product design. Butterworth-Heinemann.
 - Baig, N., Kammakakam, I., & Falath, W. (2021). Nanomaterials: A review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges. Materials Advances, 2(6), 1821-1871.
 - Bensaude Vincent, B. (2015). Life by design: Philosophical perspectives on synthetic biology. In BIO web of conferences (4, p. 00015). EDP Sciences.
 - Cristea, M. V., Riedl, B., & Blanchet, P. (2011). Effect of addition of nanosized UV absorbers on the physico-mechanical and thermal properties of an exterior waterborne stain for wood. Progress in organic coatings, 72(4), 755-762.
 - Divya, K., & Jisha, M. S. (2018). Chitosan nanoparticles preparation and applications. Environmental chemistry letters, 16(1), 101-112.
 - Fenko, A., Schifferstein, H. N., & Hekkert, P. (2010). Looking hot or

- Ludden, G. D. S., Schifferstein, H. N. J., & Hekkert, P. (2008) Surprise as a design strategy. *Design Issues*, 24(2), 28–38.
- Lyu, M. Y., & Choi, T. G. (2015). Research trends in polymer materials for use in lightweight vehicles. *International journal of precision engineering and manufacturing*, 16(1), 213–220.
- Maine, E., Probert, D., & Ashby, M. (2005). Investing in new materials: A tool for technology managers. *Technovation*, 25(1), 15–23.
- Majhi, K. C., & Yadav, M. (2021). Synthesis of inorganic nanomaterials using carbohydrates. In *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science* (pp. 109–135). Elsevier.
- Mehta, M. D. (2002). Nanoscience and nanotechnology: assessing the nature of innovation in these fields. *Bulletin of science, technology & Society*, 22(4), 269–273.
- Mohr, L. C., Capelezio, A. P., Baretta, C. R. D. M., Martins, M. A. P. M., Fiori, M. A., & Mello, J. M. M. (2019). Titanium dioxide nanoparticles applied as ultraviolet radiation blocker in the polylactic acid biodegradable polymer. *Polymer Testing*, 77, 105867.
- Mohseni, M., Ramezanzadeh, B., Yari, H., & Moazzami Gudarzi, M. (2012). The Role of Nanotechnology in Automotive Industries. *New Advances in Vehicular Technology and Automotive Engineering*. Intech, Rijeka.
- Morris, L., Miller, W. (1999). *Fourth Generation R&D: Managing Knowledge, Technology, and Innovation*.
- Mozota, B. (2003) *Design Management: Using Design to Build Brand Value and Corporate Innovation*, Design Management Institute and Allworth Press, New York.
- Nayfeh, M. (2018). Chapter 17 – Nanotechnology and Society: From Lab to Consumer. In Nayfeh, M (Ed), *Fundamentals and Applications of Nano Silicon in Plasmonics and Fullerenes*, Elsevier.
- Nano Supermarket, (2022). Products Category, <https://www.nanosupermarket.org/>
- Pedgley, O. (2009). Influence of stakeholders on industrial design materials and manufacturing selection. *International Journal of Design*, 3(1), 1–15.
- Product Plan, (2022). Product Design What is product design, <https://www.productplan.com/glossary/product-design/>
- feeling hot: What determines the product experience of warmth? *Materials & Design*, 31(3), 1325–1331.
- Howes, P. D., Wongsriruksa, S., Laughlin, Z., Witchel, H. J., & Miodownik, M. (2014). The perception of materials through oral sensation. *PLoS one*, 9(8), e105035.
- Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., & Danquah, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein journal of nanotechnology*, 9(1), 1050–1074.
- Jharower, (2014). *Biojewellery* by TOBIE KERRIDGE, NIKKI STOTT, and IAN THOMPSON, November 30th, 2014, <https://artscysites.ucsc.edu/2014/11/30/tobie-kerridge-nikki-stott-and-ian-thompson/>
- Karana, E., (2009). *Meanings of materials* (Doctoral dissertation). Delft University of Technology, Delft, the Netherlands.
- Karana, E., Pedgley, O., & Rognoli, V. (2014). *Materials experience: Fundamentals of materials and design*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- Laughlin, Z. (2010). *Beyond the swatch: How can the science of materials be represented by the materials themselves in a materials library?* (Doctoral Dissertation). King's College London, University of London, London, UK.
- Leydecker, S. (2008). *Nano Materials In architecture, interior architecture and design*. Springer Science & Business Media. Birkhäuser.
- Linton, J. D., & Walsh, S. T. (2008). A theory of innovation for process-based innovations such as nanotechnology. *Technological Forecasting and Social Change*, 75(5), 583–594.
- Loeve, S. (2018). Design and aesthetics in nanotechnology. In *French Philosophy of Technology* (pp. 361–384). Springer, Cham.

- Ramsden. (2009). *Applied Nanotechnology (Micro and Nano Technologies)*, Oxford: Elsevier.
- Rezić, I., Haramina, T., & Rezić, T. (2017). Metal nanoparticles and carbon nanotubes—perfect antimicrobial nano-fillers in polymer-based food packaging materials. In *Food packaging* (pp. 497–532). Academic Press.
- Rognoli, V., & Levi, M. (2004). How, what and where is it possible to learn design materials? In *Proceedings of the 7th International Conference on Engineering and Product Design Education* (pp. 647–654). Bristol, UK: The Design Society.
- Sonneveld, M. (2007). *Aesthetics of tactile experiences* (Doctoral dissertation). Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2008). Identifying Customer Needs. *Product Design and Development*, 54.
- Van Kesteren, I. (2008). *Selecting materials in product design* (Doctoral dissertation). Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Wastiels, L., Schifferstein, H. N. J., Wouters, I., & Heylighen, A. (2013). Touching materials visually: About the dominance of vision in building material assessment. *International Journal of Design*, 7(2), 31–41.
- World Design Organization (WDO), (2022). DEFINITION OF INDUSTRIAL DESIGN, <https://wdo.org/about/definition/>
- Zhu, R., Desroches, M., Yoon, B., & Swager, T. M. (2017). Wireless Oxygen Sensors Enabled by Fe(II)-Polymer Wrapped Carbon Nanotubes. *ACS sensors*, 2(7), 1044–1050.
- Zuo, H. (2010). The selection of materials to match human sensory adaptation and aesthetic expectation in industrial design. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 27(2), 301–319.