ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

نانوکامپوزیت‌ها

انواع، کاربردها و بازار

مجموعه گزارش‌های
رصد فناوری نانو
۱۳۹۰

www.ShimiPedia.ir

فراخوان مقاله و ثبت نام پنجمین همایش علمی

مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی

Process, Oil, Gas, Refining and Petrochemical Engineering

www.Processconf.ir

Processconf@yahoo.com

همراه با ارائه دو مدرک بین المللی

تهران، ۲۱ آبان ۱۳۹۴

تلفن دبیرخانه: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱

فکس دبیرخانه: ۸۸۶۷۱۶۸۰ - ۰۲۱

همراه: ۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴

مجری : هم اندیشان انرژی کیمیا

محل برگزاری: تهران، مرکز همایشهای صداوسیما

برخی از محورهای همایش

با توجه به تخصصی بودن همایش، هر آنچه که به عنوان همایش مرتبط میشود را میتوان از محورهای آن دانست. مواردی همچون:

* مهندسی مخازن هیدروکربوری و حفاری
* بهینه سازی فرآیندهای صنایع شمیایی، پالایشی، پتروشیمی و ...
* انرژی و محیط زیست
* پالایش آب، پساب، پسماند و هوا
* ضایعات و استفاده مجدد (بازیافت)
* طراحی / ساخت / انتقال / نصب و بهره برداری از تجهیزات
* مدلینگ و شبیه سازی به کمک نرم افزار
* مانیتورینگ و کنترل پدیده ها
* رسوب، ساییدگی، زنگ زدگی و خوردگی
* بکارگیری فناوریهای نوین و نانوفناوری
* سنتیک، ترمودینامیک و پدیده های انتقال جرم و حرارت
* اقتصاد و سیاست مهندسی
* ایمنی، بازرسی، بهداشت، تعمیرونگهداری
* پایش و جلوگیری از خوردگی، ساییدگی و رسوبگذاری
* بومی سازی و ارتقای دانش
* نانوتکنولوژی و فناوریهای نوین
* و ...

Process
Mechanic
OIL & GAS
Methalorgy
HSE
Chemistry
Petrochemy
Refining

برخی از علوم و صنایع مخاطب:

مهندسی شیمی، مکانیک، نفت موادومتالوژی

انرژی، معدن و ...

به تمامی شرکت کنندگان در همایش چهار گواهی زیر اعطا میگردد

- گواهی پذیرش مقاله (در صورت داشتن مقاله پذیرش شده) توسط دبیرخانه همایش
- گواهی طی دوره توسط موسسه بین المللی IQS انگلستان
- گواهی طی دوره توسط موسسه بین المللی DNV اتریش

نکات مهم:

۱ – اشتراک رایگان سه نشریه: نفت و انرژی، چیلر و برج خنک کن، مبدل گرمایی ویژه شرکت کنندگان در همایش

۲ – چاپ قطعی ده مقاله برتر همایش در نشریات ردیف بالا

۳ – انتشار مقالات در وب سایت همایش، سیویلیکا؛ ایران داک، وب سایت همایش و ...

٤ – انتشار مقالات در برخی از نشریه علمی مصوب همچون فرآیندهای گاز (دانشگاه اصفهان) پس از داوری مجدد توسط نشریه

ماهنامه بین المللی نفت و انرژی Oil & Energy Mag | ALL CONFERENCES.IR پایگاه اطلاع رسانی رویدادهای علمی کشور | GPA نشریه فرآیند گاز | AAC | CIVILICA

www.ShimiPedia.ir

مقالات دوره های گذشته را به صورت رایگان از وب سایت همایش www.Processconf.ir دانلود نمایید.

برای دریافت اطلاعات همایش بر روی تلفن همراه خود، عدد ۳۰۰ را به شماره ۳۰۰۰۴۷۰۴۷۰۴۷۰۰ پیامک نمایید.

همراه با ارائه دو مدرک بین المللی

همراه با ارائه گواهی نامه بین المللی:

فراخوان مقاله و ثبتنام هشتمین همایش علمی تخصصی :

انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

۲۶ آذر ۱۳۹۴ مرکز همایشهای صداوسیما

www.Renewenergy.ir

همراه با ارائه گواهی نامه بین المللی:
پذیرش مقاله (در صورت داشتن مقاله) از طرف دبیرخانه همایش
و دو گواهی بین المللی طی دوره موسسه IQS انگلستان و DNW اتریش

انرژی‌های تجدیدپذیر:
باد، خورشید، بیوماس، بیوگاز، زمین گرمایی، موج، جزرومد، غلظت نمک، برقابی، دریایی

انرژی‌های پاک:
هیدروژن و پیل سوختی، مگنتو هیدرو دینامیک، ترموالکتریک، ترمویونیک، سامانه‌های هیبریدی، بیودیزل، پمپهای گرمایی، برقابی و ...

محورهای همایش:
تمامی جنبه‌های فنی، اقتصادی، پتانسیل سنجی، جغرافیایی، استحصال، تولید، نگهداشت، تبدیل و انتقال، مدیریت انرژی و محیط زیست، سیاسی، پدافند غیرعامل، فناوری‌های نوین همچون نانو و PCM، سامانه‌های هیبریدی و ... مرتبط با عنوان همایش را میتوان از محورهای آن دانست.

برگزار کنندگان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودت یایران، هم اندیشان انرژی کیمیا

تلفن تهران : ۸۸۶۷۱۶۷۶ فکس تهران: ۸۸۶۷۱۶۸۰ همراه: ۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴
Renewenergyconf@gmail.com

همراه با انتشار الکترونیکی مقالات در سیویلیکا، دانیار، وب سایت همایش، ایران داک، ISC، ... و همراه چاپ مقالات برتر در نشریات علمی با موضوعیت انرژی پس از داوری مجدد توسط هیات تحریریه آن نشریه همچون نفت و انرژی، انرژیهای تجدیدپذیر و نو، ...

www.ShimiPedia.ir

برای دریافت رایگان اطلاعات کنفرانس بر روی تلفن همراه خود، عدد ۱۲۱ را به شماره ۳۰۰۰۴۷۰۴۷۰۴۷۰۰ پیامک نمایید.

ISO 50001:
Energy Management
&
Energy Modeling

کارگاه های آموزشی رایگان مدیریت انرژی بر مبنای استاندارد ایزو ۵۰۰۰۱ و مدلسازی انرژی، همراه با ارائه دو مدرک بین المللی طی دوره ویژه شرکت کنندگان در همایش مدیریت انرزی و محیط زیست.

تهران، ۲۶ آذر ۱۳۹۴، مرکز همایشهای صدا و سیما
تلفن تماس تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶ و ۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴

www.Energyconf.ir

www.ShimiPedia.ir

ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

نانوکامپوزیت‌ها

انواع، کاربردها و بازار

مجموعه گزارش‌های رصد فناوری نانو
۱۳۹۰

www.ShimiPedia.ir

عنوان: نانو کامپوزیت‌ها؛ انواع، کاربردها و بازار

مترجم:علی عباسی

به سفارش: ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی: شرکت توسعه فناوری مهرویژن

تاریخ انتشار: ۱۳۹۰

نشانی: تهران، خیابان ستارخان، خیابان شهید حبیب الله، بلوار شهید متولیان، پلاک ۹

صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵

تلفن: ۴-۶۱۰۰۲۲۵۱-۰۲۱

دورنگار:۶۱۰۰۲۲۲۲-۰۲۱

آدرس سایت:www.nano.ir

پست الکترونیکی:tolid@nano.ir

www.ShimiPedia.ir

عنوان — فهرست مطالب — صفحه

۱ مقدمه ۱۰
۱.۱ سابقه تحقیق ۱۰
۱.۲ اهداف تحقیق ۱۰
۱.۳ مخاطبان مورد نظر ۱۰
۱.۴ قالب و حدود ۱۰
۱.۵ روش بررسی و منابع اطلاعات ۱۰
۱.۶ اعتبار تحلیل‌گر ۱۱
۱.۷ گزارش‌های مرتبط BCC RESEARCH ۱۱
۱.۸ خدمات آنلاین BCC ۱۲
۱.۹ رفع مسئولیت ۱۲
۲ خلاصه مدیریتی ۱۴
۳ مروری بر نانوکامپوزیت‌ها ۱۶
۳.۱ توصیف کلی ۱۶
۳.۱.۱ تعاریف ۱۶
۳.۱.۱.۱ کامپوزیت‌ها ۱۶
۳.۱.۱.۲ نانوکامپوزیت‌ها ۱۶
۳.۲.۱ مقدمه‌ای بر نانوکامپوزیت‌ها ۱۶
۳.۲ ویژگی‌های عمومی نانوکامپوزیت‌ها و کامپوزیت‌های معمولی ۱۷
۳.۲.۱ افزایش مقاومت کششی، مدول و دمای اعوجاج حرارتی ۱۷
۳.۲.۲ رنگ و شفافیت ۱۷
۳.۲.۳ رسانایی ۱۷
۳.۲.۴ مقاومت در برابر سوختن ۱۷
۳.۲.۵ ویژگی‌های انسدادی ۱۷
۳.۲.۶ ویژگی‌های ضد خوردگی ۱۷
۳.۳ انواع نانوکامپوزیت‌ها، ویژگی‌ها و کاربردهای آنها ۱۸
۳.۳.۱ نانوکامپوزیت‌های خاک رسی ۱۸
۳.۳.۱.۱ مواد ۱۸
۳.۳.۱.۱.۱ پرکننده‌های خاک رسی ۱۸
۳.۳.۱.۱.۲ مواد ماتریسی ۱۹
۳.۳.۱.۲ ساخت ۲۱
۳.۳.۱.۲.۱ تولید و پیش‌فرآیندهای پرکننده‌های خاک رسی ۲۲
۳.۳.۱.۲.۲ ترکیب ۲۲
۳.۳.۱.۳ انواع نانوکامپوزیت‌های خاک رسی ۲۳
۳.۳.۱.۳.۱ نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تجاری: ۲۳
۳.۳.۱.۳.۲ نانوکامپوزیتهای پلیمر/رس دیگر در حال توسعه ۲۵
۳.۳.۱.۴ کاربردها ۲۶
۳.۳.۱.۴.۱ خودروسازی ۲۷
۳.۳.۱.۴.۲ بسته‌بندی ۲۷
۳.۳.۱.۴.۳ بهداشت و سلامت ۲۷
۳.۳.۱.۴.۴ محصولات مصرفی ۲۸
۳.۳.۱.۴.۵ مواد نسوز ۲۸
۳.۳.۱.۵ سازندگان ۲۸
۳.۳.۲ نانوکامپوزیت‌های سرامیکی ۳۱
۳.۳.۲.۱ مواد ۳۱
۳.۳.۲.۱.۱ پرکننده‌های سرامیکی ۳۱

www.ShimiPedia.ir

۳-۲-۱-۲ مواد ماتریسی ۳۲
۳-۲-۲-۳ ساخت ۳۳
۳-۲-۲-۳-۱ مونومرهای دارای نیمه‌ی معدنی ۳۳
۳-۲-۲-۳-۲ ساخت در محلِ لایه‌های نانوکامپوزیت سرامیکی ۳۳
۳-۲-۲-۳-۳ ساخت تودهای نانوکامپوزیتیِ WC/Co ۳۳
۳-۲-۳-۳ انواع و ویژگی‌ها ۳۴
۳-۲-۳-۳-۱ پلی اورتان/آلومینا ۳۴
۳-۲-۳-۳-۲ دی اکسید تیتانیوم/آلومینا ۳۴
۳-۲-۳-۳-۳ آلومینا/زیرکونیا ۳۵
۳-۲-۳-۳-۴ اپوکسی/الیاف کربن/سیلیس ۳۵
۳-۲-۳-۳-۵ پلی اورتان/اورگانوسیلیکا ۳۵
۳-۲-۳-۳-۶ کبالت/ کاربید تنگستن ۳۵
۳-۲-۳-۳-۷ فسفات کلسیم/سیلیس ۳۵
۳-۲-۴-۳ کاربردها ۳۵
۳-۲-۴-۳-۱ کاربردهای پوشش‌ها ۳۶
۳-۲-۴-۳-۲ علوم زیستی ۳۶
۳-۲-۴-۳-۳ محصولات مصرفی ۳۷
۳-۲-۴-۳-۴ سایر کاربردها ۳۷
۳-۲-۵-۳ سازندگان ۳۷
۳-۳-۳ کامپوزیت‌های نانولوله‌کربنی ۳۸
۳-۳-۱-۳ مواد ۳۸
۳-۳-۱-۳-۱ پرکننده‌ها ۳۸
۳-۳-۱-۳-۲ مواد ماتریسی ۳۹
۳-۳-۲-۳ فناوری‌های ساخت ۳۹
۳-۳-۲-۳-۱ فرآیند اکستروژن جهت‌دار نانوکامپوزیتی ۳۹
۳-۳-۲-۳-۲ ساخت لایه‌ای ۴۰
۳-۳-۲-۳-۳ الیاف CNT ۴۰
۳-۳-۳-۳ انواع کامپوزیت نانولوله‌ای کربنی ۴۰
۳-۳-۳-۳-۱ کامپوزیت‌های نایلون/MWNT ۴۱
۳-۳-۳-۳-۲ کامپوزیت‌های پلی کربنات/MWNT ۴۱
۳-۳-۳-۳-۳ کامپوزیت‌های پلی‌وینیل الکل /MWNT ۴۱
۳-۳-۳-۳-۴ کامپوزیت‌های پلی‌بوتیلن ترفتالات /MWNT ۴۱
۳-۳-۳-۳-۵ کامپوزیت‌های پلی‌فنیلن اتر /پلی آمید/MWNT ۴۱
۳-۳-۳-۳-۶ کامپوزیت‌های اپوکسی/الیاف‌کربن/MWNT ۴۱
۳-۳-۳-۳-۷ کامپوزیت‌های پلی‌اورتان/فولرین ۴۱
۳-۳-۴-۳ کاربردها ۴۱
۳-۳-۴-۳-۱ اجزای خودرو ۴۲
۳-۳-۴-۳-۲ کاربردهای پراکنده‌سازی بار ساکن ۴۲
۳-۳-۴-۳-۳ محصولات مصرفی ۴۲
۳-۳-۴-۳-۴ منسوجات ۴۳
۳-۳-۵-۳ سازندگان ۴۴
۳-۴-۳-۳ نانوکامپوزیت‌های دارای فلز ۴۴
۳-۴-۱-۳ مواد ۴۴
۳-۴-۱-۴-۱ فلزات ۴۵
۳-۴-۱-۴-۲ پلیمرها ۴۵
۳-۴-۲-۳ ساخت ۴۵

www.ShimiPedia.ir

۳-۴-۳-۲ انواع و ویژگی‌ها ۴۵
۳-۴-۳-۴ کاربردها ۴۵
۳-۴-۳-۵ سازندگان ۴۶
۳-۳-۵ نانوکامپوزیت‌های دارای اکسید فلز ۴۶
۳-۳-۵-۱ نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی ۴۶
۳-۳-۶ نانوکامپوزیت‌های زیستی ۴۷
۳-۳-۶-۱ مواد ۴۷
۳-۳-۶-۱-۱ پرکننده‌ها ۴۷
۳-۳-۶-۱-۲ مواد ماتریس ۴۸
۳-۳-۶-۲ ساخت ۴۸
۳-۳-۶-۲-۱ استخراج نانوالیاف سلولزی ۴۹
۳-۳-۶-۲-۲ تولید مواد نانوکامپوزیتی ۴۹
۳-۳-۶-۳ انواع نانوکامپوزیت‌های زیستی ۴۹
۳-۳-۶-۳-۱ نانوکامپوزیت‌های پلی وینیل الکل /سلولز ۴۹
۳-۳-۶-۳-۲ الیاف نانوکامپوزیتی کتان/خاک رس ۴۹
۳-۳-۶-۴ کاربردها ۴۹
۳-۳-۶-۴-۱ کاربردهای خودروسازی ۴۹
۳-۳-۶-۴-۲ کاربردهای نساجی ۴۹
۳-۳-۶-۴-۳ سایر کاربردها ۵۰
۳-۳-۶-۵ سازندگان ۵۰
۳-۳-۷ انواع دیگر نانوکامپوزیت‌ها ۵۰
۳-۳-۷-۱ غشاهای پیل سوختی نانوکامپوزیتی ۵۰
۳-۳-۷-۱-۱ مواد ۵۰
۳-۳-۷-۱-۲ انواع غشاهای پیل سوختی نانوکامپوزیتی ۵۱
۳-۳-۷-۱-۳ کاربردها ۵۱
۳-۳-۷-۱-۴ سازندگان ۵۱
۳-۳-۷-۲ نانوکامپوزیت‌های با شکاف باند فوتونیک ۵۱
۳-۳-۷-۲-۱ مواد ۵۱
۳-۳-۷-۲-۲ ساخت ۵۱
۳-۳-۷-۲-۳ کاربردها ۵۲
۳-۳-۷-۲-۴ سازندگان ۵۲
۳-۳-۷-۳ نانوکامپوزیت‌های دارای سیلزسکیوکسان اولیگومری چند وجهی ۵۲
۳-۳-۷-۳-۱ مواد، ساخت و ویژگی‌های نانوکامپوزیتی ۵۲
۳-۳-۷-۳-۲ کاربردها و سازندگان ۵۲
۳-۳-۷-۴ نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/روغن‌گریز ۵۲
۳-۳-۷-۴-۱ مواد، ساخت و ویژگی‌های نانوکامپوزیت ۵۳
۳-۳-۷-۴-۲ کاربردها و سازندگان ۵۳
۴ تحلیل پتنت ۵۶
۴-۱ پتنت‌ها و درخواست‌های ثبت پتنت بر مبنای نوع نانوکامپوزیت ۵۶
۴-۲ روند ثبت پتنت در طول زمان ۵۷
۴-۳ دارندگان پتنت ۵۸
۵ بازار جهانی نانوکامپوزیت‌ها، ۲۰۱۱-۲۰۰۵ ..... ۶۴
۵-۱ مصرف نانوکامپوزیت‌ها براساس نوع مواد ۶۵
۵-۲ میزان مصرف نانومواد براساس کاربرد ۶۷
۵-۳ پیش‌بینی‌های دقیق بازار ۶۸
۵-۳-۱ نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس ۶۸

www.ShimiPedia.ir

۵۱۱۳۱ نایلون/مونت‌موریلونیت ۷۰
۵۱۲۳۱ بوتیل/ورمیکولیت ۷۱
۵۱۳۳۱ TPO/مونتموریلونیت ۷۳
۵۱۴۳۱ مونتموریلونیت /EVA ۷۴
۵۱۵۳۱ سایر نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس ۷۴
۵۲۳۱ نانوکامپوزیت سرامیکی ۷۵
۵۱۲۳۱ پلی اروتان/آلومینا ۷۶
۵۲۲۳۱ آلومینا/تیتانیا ۷۷
۵۳۲۳۱ اپوکسی/کربن/سیلیکا ۷۸
۵۴۲۳۱ کلسیم فسفات / سیلیکا ۷۹
۵۵۲۳۱ نانوکامپوزیت‌های کربید تنگستن/کبالت ۷۹
۵۳۳۱ کامپوزیت‌های نانولوله کربنی ۸۰
۵۱۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های نایلون /MWNT ۸۱
۵۲۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های پلی کربنات/MWNT ۸۲
۵۳۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های MWNT/PBT ۸۳
۵۴۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های MWNT / PPE ۸۳
۵۵۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های اپوکسی / کربن/MWNT ۸۴
۵۶۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های پلی‌اورتان/ فولرین ۸۵
۵۷۳۳۱ الیاف SWNT/PVOH ۸۵
۵۳۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های حاوی اکسیدآهن / آهن ۸۶
۵۱۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های CdSe/P3HT برای پیل‌های فوتوولتائیک ۸۶
۵۱۳۳۱ کامپوزیت‌های نانومغناطیسی ۸۷
۵۵۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های زیستی ۸۸
۵۱۵۳۱ نانوکامپوزیت‌های سلولز/PVOH ۸۹
۵۲۵۳۱ الیاف نانوکامپوزیت مونت‌موریلونیت/پنبه ۹۰
۵۶۳۱ نانوکامپوزیت‌های دیگر ۹۰
۵۱۶۳۱ نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/ روغن‌گریز ۹۲
۵۲۶۳۱ نانوکامپوزیت‌های دارای POSS ۹۲
۵۳۶۳۱ غشاهای نانوکامپوزیتی برای پیل سوختی ۹۳
۵۴۶۳۱ نانوکامپوزیت‌های با شکاف باند فوتونیکی ۹۴
۶ صنعت نانوکامپوزیت ۹۸
۶۱ ساختار صنعت و سهم بازار ۹۸
۶۱۱ شرکت‌ها ۹۸
۶۱۲ سهم‌های بازار ۹۸
۷ فهرست فروشندگان ۱۰۰
۷۱ شرکت . ABS INTERNATIONAL CORP ۱۰۰
۷۲ AGILENT TECHNOLOGIES ۱۰۰
۷۳ ALCOA CLOSURE SYSTEMS INTERNATIONAL ۱۰۰
۷۴ ALPS ELECTRIC CD., LTD. ۱۰۰
۷۵ ALTAIR NANOTECHNOLOGIES, INC. ۱۰۰
۷۶ BABOLAT NORTH AMERICA, INC. ۱۰۰
۷۷ BASELL POLYOLEFINS CO. N,V ۱۰۰
۷۸ BAYER AG ۱۰۰
۷۹ CARBOLEX, INC ۱۰۱
۷۱۰ CARBON NANOTECHNOLOGIES, INC ۱۰۱
۷۱۱ CLARIANT INTERNATIONAL AG ۱۰۱
۷۱۲ DEGUSSA AG ۱۰۱

www.ShimiPedia.ir

۷ ۱۳ DOW CHEMICAL CO ۱۰۱
۷ ۱۴ EASTON SPORTS, INC ۱۰۱
۷ ۱۵ E. I. DU PONT DE NEMOURS AND CO. ۱۰۲
۷ ۱۶ eSPIN TECHNOLOGIES,INC ۱۰۲
۷ ۱۷ EXATEC GMBH & CO. KG ۱۰۲
۷ ۱۸ FOSTER CORP ۱۰۲
۷ ۱۹ FRONTIER CARBON CORP. ۱۰۲
۷ ۲۰ GE PLASTICS ۱۰۲
۷ ۲۱ General Motors CORP ۱۰۳
۷ ۲۲ HOLMENKOL SPORT – TECHNOLOGIES GMBH ۱۰۳
۷ ۲۳ ONEFWELL SPECIALTY POLYMERS ۱۰۳
۷ ۲۴ HYPERION CATALYSIS INTERNATIONAL,INC. ۱۰۳
۷ ۲۵ INFRAMAT CORP ۱۰۳
۷ ۲۶ INMAT LLC ۱۰۴
۷ ۲۷ KABELWERK EUPEN AG ۱۰۴
۷ ۲۸ LG CHEM ۱۰۴
۷ ۲۹ MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD. ۱۰۴
۷ ۳۰ MITSUBISHI CHEMICAL CORP ۱۰۴
۷ ۳۱ NANOLEDGE ۱۰۵
۷ ۳۲ NANOCOR, INC ۱۰۵
۷ ۳۳ NANOGATE TECHNOLOGIES GMBM ۱۰۵
۷ ۳۴ NANOSYS , INC. ۱۰۵
۷ ۳۵ NANOSOLAR, INC ۱۰۶
۷ ۳۶ NEI CORP ۱۰۶
۷ ۳۷ NEOMAX CO. ,LTD. ۱۰۶
۷ ۳۸ NANOQUEST PTY, LTD. ۱۰۶
۷ ۳۹ NOBEL POLYMERS ۱۰۶
۷ ۴۰ Pentron CLINICAL TECHNOLOGIES LLC ۱۰۶
۷ ۴۱ POLYONE CORP. ۱۰۶
۷ ۴۲ ROYAL DSM N. V. ۱۰۷
۷ ۴۳ RTP ۱۰۷
۷ ۴۴ SCIPERIO, INC ۱۰۷
۷ ۴۵ SHOWA DENKO K. K. ۱۰۷
۷ ۴۶ SIM COMPOSITES, INC. ۱۰۷
۷ ۴۷ SOUTHERN CLAY PRODUCTS, INC ۱۰۷
۷ ۴۸ SOUTHWEST NANOTECHNOLOGIES,INC ۱۰۸
۷ ۴۹ SUD- CHEMIE AG ۱۰۸
۷ ۵۰ TRITON SYSTEMS,INC ۱۰۸
۷ ۵۱ UBE INDUSTRIES, LTD. ۱۰۸
۷ ۵۲ UNITIKA , LTD. ۱۰۸
۷ ۵۳ VALSPAR CORP. ۱۰۸
۷ ۵۴ WILSON SPORTING GOODS CO. ۱۰۸
۷ ۵۵ YANTAI HAILI INDUSTRY & COMMERCE CO. ,LTD. ۱۰۹
۷ ۵۶ ZYVEX CORP. ۱۰۹
نشانی، شماره تماس و سایت اینترنتی فروشندگان ۱۱۱
۸ معرفی کارگروه صنعت و بازار ۱۱۴

www.ShimiPedia.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان — صفحه

مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها، ۲۰۰۵- ۲۰۱۱(میلیون دلار)..... ۱۴
شکل ۱- درصد پتنت‌ها و درخواست‌های ثبت پتنت در امریکا بر حسب نوع نانوکامپوزیت..... ۵۶
شکل ۳- روندِ ثبت پتنت‌های فناوری‌نانو در امریکا بر حسب نوع فناوری، در سالهای ۲۰۰۵ -۲۰۰۰..... ۵۷
شکل ۲- درصد پتنت‌های نانوکامپوزیت‌ها در امریکا در مقابل کل پتنت‌های فناوری‌نانو..... ۵۷
شکل ۴- دارندگان اصلی پتنت‌های نانوکامپوزیت (بر حسب درصد)..... ۵۸
شکل ۵- سهم پتنت‌های نانوکامپوزیت ثبت شده در امریکا از سال ۱۹۷۶ بر حسب نوع مالک (درصدی از کل پتنت‌های صادر شده)..... ۵۹
شکل ۷ - سهم کشورهای صاحب پتنت‌های نانوکامپوزیت..... ۶۰
شکل ۹- مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها بر اساس نوع آنها بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف برحسب دلار)..... ۶۵
شکل ۸- روند مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها، ۲۰۱۱- ۲۰۰۵، (میلیون دلار)..... ۶۵
شکل ۱۰- میزان مصرف جهانی نانو کامپوزیت‌ها ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف بر اساس دلار)..... ۶۷
شکل۱۱- میزان مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس توسط استفاده‌کنندگان نهایی، ۶۹
در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف)..... ۶۹
شکل ۱۲- میزان مصرف نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونت‌موریلونیت در سال ۲۰۰۵ (درصد از کل مصرف براساس تن)..... ۷۰
شکل ۱۳- پیش‌بینی روند تغییرات قیمت نانوکامپوزیت نایلون/خاک رس تا سال ۲۰۱۱..... ۷۱
شکل ۱۴- پیش‌بینی جهانی روندهای بازارتوپ‌های تنیس، ۲۰۱۱ - ۲۰۰۵ (میلیون دلار)..... ۷۲
شکل ۱۵- روندهای بازارهای جهانی مواد آتش‌نشانی از ۲۰۰۵ تا۲۰۱۱ (میلیارد دلار)..... ۷۳
شکل ۱۶- میزان مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی توسط مصرف‌کنندگان نهایی در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف)..... ۷۶
شکل ۱۷- روندهای بازارجهانی برای سطوح چوبی براق، ۲۰۱۱- ۲۰۰۵، (میلیارد دلار) ۷۷
شکل ۱۸- روندهای بازار جهانی راکت‌های تنیس ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ (میلیارد دلار)..... ۷۸
شکل ۱۹- بازار جهانی کامپوزیت‌های مبتنی بر نانولوله‌های کربنی، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف)..... ۸۱
شکل ۲۰- میزان بازار خودروسازی برای کامپوزیت‌های نانولوله/ نایلون، ۲۰۰۵ (درصد از کل فروش)..... ۸۲
شکل ۲۱- روندهای فروش الیاف رسانا ۲۰۱۱ -۲۰۰۵ (میلیون دلار)..... ۸۵
شکل ۲۲- روندهای فروش پیل فوتوولتائیک ۲۰۱۱ - ۲۰۰۵ (میلیارد دلار)..... ۸۷
شکل ۲۳- روندهای مصرف صنعتی مواد نانومغناطیس، ۲۰۱۱- ۲۰۰۵ (میلیون دلار)..... ۸۸
شکل ۲۴- بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های زیستی براساس نوع کاربرد، ۲۰۱۱..... ۸۹
(درصد از کل مصرف)..... ۸۹
شکل ۲۵- سهم بازار عمومی برای سایر نانوکامپوزیت‌ها در ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصدمصرف)..... ۹۱
شکل ۲۶- فروش پیل سوختی بر حسب نوع فناوری، ۲۰۱۱-۲۰۰۵ (میلیون دلار)..... ۹۳
شکل ۲۷- روند فروش فیلترهای افزایشی /کاهشی نوری، از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ (میلیون دلار)..... ۹۴
شکل ۲۸- سهم‌های بازار نانوکامپوزیت‌ها، در سال ۲۰۰۵ (درصد از کل فروش)..... ۹۸

فهرست جدول‌ها

عنوان — صفحه

مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۱ (میلیون دلار و تن)..... ۱۴
جدول ۱- گونه‌های اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تجاری، ویژگی‌ها و کاربردهای مهم آنها..... ۲۲
جدول۲ - نانوکامپوزیت‌های خاک رسی دیگر..... ۲۶
جدول۳- کاربردهای اصلی کامپوزیت‌های دارای رس..... ۲۷
جدول۴ - عرضه کنندگان نانوکامپوزیت خاک رسی..... ۲۸
جدول ۵ - گونه‌های اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تجاری ویژگی‌ها و کاربردهای مهم..... ۳۴
جدول ۶ - کاربردهای اصلی کامپوزیت‌های حاوی سرامیک..... ۳۵
جدول ۷ - عرضه کنندگان نانوکامپوزیت سرامیکی..... ۳۷
جدول ۸ - انواع کامپوزیت نانولوله‌ای کربنی و ویژگی‌های آنها..... ۴۰

www.ShimiPedia.ir

جدول ۹ – کاربردهای اصلی کامپوزیت‌های نانولوله‌ای ۴۲
جدول ۱۰ – عرضه کنندگان کامپوزیت نانولوله کربنی ۴۴
جدول ۱۱ – انواع اصلی نانوکامپوزیت‌های دارای فلز، ویژگی‌های آنها و کاربردهای اصلی ۴۵
جدول ۱۲ – کاربردهای اصلی نانوکامپوزیت‌های دارای فلز ۴۵
جدول ۱۳ – عرضه‌کننده کامپوزیت حاوی فلز ۴۶
جدول۱۴ – میزان مصرف و فروش جهانی نانوکامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۱ ..... ۶۴
جدول ۱۵– نانوکامپوزیت‌های با بیشترین میزان سهم بازار، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (براساس میلیون دلار) ۶۶
جدول۱۶– پیش بینی فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس تا سال ۲۰۱۱ ..... ۶۸
جدول ۱۷– پیش بینی بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۱
جدول ۱۸– میزان فروش جهانی توپ‌های تنیس مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک تا سال ۲۰۱۱ (میلیون دلار) ۷۲
جدول ۱۹– میزان فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ ورمیکولیت تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۲
جدول ۲۰– بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های مونتموریلونیت /TPO تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۳
جدول ۲۱– میزان فروش جهانی مواد آتش‌نشانی تا سال۲۰۱۱ (میلیارد دلار) ۷۴
جدول ۲۲– بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر مونت‌موریلونیت /EVA تاسال ۲۰۱۱. ..... ۷۴
جدول ۲۳– بازار جهانی سایر نانوکامپوزیت‌های خاک رس تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۴
جدول ۲۴– پیش‌بینی بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی، تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۵
جدول ۲۵– پیش بینی فروش جهانی سطوح چوبی براق تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۶
جدول ۲۶– میزان فروش بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های پلی‌اورتان/آلومینا تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۷
جدول ۲۷– میزان فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های آلومینا / تیتانیا تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۷
جدول ۲۸– بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های سیلیکا / اپوکسی /کربن تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۹
جدول ۲۹– میزان بازار جهانی جایگزین‌های استخوان مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های سیلیکا/ فسفات/کلسیم تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۹
جدول ۳۰– بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های کربید تنگستن تا سال ۲۰۱۱ ..... ۷۹
جدول ۳۱– پیش بینی میزان فروش جهانی کامپوزیت‌های نانولوله کربنی تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۰
جدول ۳۲– پیش بینی بازار جهانی کامپوزیت‌های نانولوله/ نایلون، تا سال ۲۰۱۱) ۸۲
جدول ۳۳– پیش‌بینی بازار جهانی کامپوزیت‌های نانولوله/ پلی‌کربنات تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۳
جدول ۳۴– پیش‌بینی بازار جهانی کامپوزیت‌های نانولوله/ پلی‌بوتیلن ترفتالات، تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۳
جدول ۳۵– پیش بینی جهانی کامپوزیت‌های نانولوله / پلی فنیلن / پلی بوتیلن، تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۳
جدول ۳۶– پیش بینی بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های نانولولهٔ کربنی / اپوکسی، تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۴
جدول ۳۷– میزان بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های پلی اورتان / فولرین تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۵
جدول ۳۸– پیش‌بینی جهانی الیاف کامپوزیتی PVOH/SWNT تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۶
جدول ۳۹– پیش بینی جهانی نانوکامپوزیت‌های اکسید آهن/آهن ۸۶
جدول ۴۰– پیش بینی جهانی بازار نانوکامپوزیت‌های CdSe/P3HT تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۷
جدول ۴۱– پیش بینی جهانی میزان فروش نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی تا سال ۲۰۱۱ ..... ۸۸
جدول ۴۲– میزان مصرف و فروش جهانی نانوزیست کامپوزیت‌ها تا ۲۰۱۱ (تن / میلیون دلار) ۸۹
جدول ۴۳– بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های سلولز/ PVOH تا سال ۲۰۱۱ ..... ۹۰
جدول۴۴– پیش بینی بازار عمومی منسوجات ساخته شده از نانوکامپوزیت‌های پنبه/ خاک رس تا سال ۲۰۱۱ ..... ۹۰
جدول ۴۵– پیش بینی عمومی برای فروش سایر نانوکامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۱ ..... ۹۱
جدول ۴۶– پیش‌بینی عمومی نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/ روغن‌گریز، تا سال ۲۰۱۱ ..... ۹۲
جدول ۴۷– پیش‌بینی عمومی فروش نانوکامپوزیت‌های دارای poss تا سال ۲۰۱۱ ..... ۹۲
جدول ۴۸– مصرف غشاء پیل سوختی، ۲۰۱۱ (میلیون دلار) ۹۳
جدول ۴۹– پیش‌بینی بازار عمومی برای غشاهای نانوکامپوزیتی پیل سوختی، تا سال ۲۰۱۱ ..... ۹۴
جدول ۵۰– پیش‌بینی عمومی فروش نانوکامپوزیت‌های شکاف باند فوتونیک ، تا سال ۲۰۱۱ ..... ۹۵

www.ShimiPedia.ir

پیش گفتار

تکمیل فرایند تجاری‌سازی فناوری نانو، نیازمند شناسایی فناوری‌های موجود و کسب آگاهی از فرصت‌های آیندهاست.از این رو یکی از اقدامات کارگروه صنعت و بازار ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، رصد فناوری و بازار در این حوزه است تا ضمن افزایش آگاهی و دانش فعالان این عرصه نسبت به آخرین وضعیت فناوری نانو در جهان، فرصت‌های جدیدشناسایی و به صنایع علاقمند معرفی گردند.

دسته‌بندی اطلاعات ارائه‌شده شامل معرفی فناوری‌های کاربردی، بازار جهانی و سرمایه‌گذاری‌هایفعلی و پیش‌بینی شدهمی‌باشد که از منابع اطلاعاتی موثق نظیرگزارش‌های مؤسسات معتبر، پتنت‌های ثبت شده و مطالعات میدانی گردآوری می‌شوند.

باتوجه به رشد سریع فناوری نانو، رصد فناوری و بازار نانو باید به طور مستمر صورت گیرد لذا ممکن است نسخه پیش رو دارای نقایصی باشد،بنابراینازنظرات و پیشنهادهای فنی و محتواییخوانندگان محترم استقبال می گردد.

این گزارش منبع اطلاعاتی مناسبی برای شرکت‌ها، مؤسسات و افراد فعال در حوزه کسب و کار فناوری نانو و نیز مدیران و کارشناسان صنعتی علاقمند به استفاده از این فناوری می‌باشد.

www.ShimiPedia.ir

بخش ۱

مقدمه

www.ShimiPedia.ir

۱ مقدمه

۱۰۱ سابقه تحقیق

از سـال ۱۹۸۰ که شـرکت تویوتا اولین قطعات نانوکامپوزیتی حاصل از پلیمر–خاک رس را جهت استفاده در خودرو تولید کرد نانوکامپوزیت‌ها به صورت تجاری درآمدند. پیشرفت‌هایی که در زمینه توانایی تعیین مشخصات، تولید و دستکاری مواد نانومقیاس ایجادشده باعث گردیده تا از آنها به عنوان مواد پرکننده[1] در گونه‌های جدید نانوکامپوزیت‌ها استفاده شود.

نانوکامپوزیت‌هـای حاصل از پلیمرها و نانوذرات فلزی، اکسـیدها و سـایر مواد افزودنی، مقاومت کششـی، مدول و دمای اعوجاج حرارتی بسیار خوبی دارند. همچنین بعضی ویژگی‌های کامپوزیت‌ها مانند رنگ و شفافیت، رسانایی، مقاومت در برابر سوختن، عایق بودن، ویژگی‌های مغناطیسی و ضدخوردگی به واسطه نانومواد بهبود یافته‌اند.

مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها به سرعت در حال افزایش است به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۵ بازار آنها ۱۱ میلیون کیلوگرم از نظر وزن و از نظر ارزش ۲۵۲ میلیون دلار بود و پیش بینی می‌شـود، این مقدار در سـال ۲۰۱۱ به ۴۳ میلیون کیلوگرم، با ارزش ۸۵۷ میلیون دلار برسد. گز

۱۰۲ اهداف تحقیق

چنین رشد چشمگیری به شکلی اجتناب‌ناپذیر، انتظارات از توان بالقوه تجاری نانوکامپوزیت‌ها را به شدت افزایش داده است. ایـن گزارش، اطلاعات کاربردی در مورد نانوکامپوزیت‌هـا و کاربردهای آنها و همچنین یک ارزیابی واقعی از توان بالقوه نانوکامپوزیت‌ها برای عرضه‌کنندگان مواد پیشرفته، کارفرماها، سرمایه گذاران و سایر افراد مرتبط ارائه می کند.

این گزارش به‌طور دقیق اهداف زیر را بررسی می کند:

- تشخیص بخش‌هایی از بازار نانوکامپوزیت‌ها که در میان مدت (۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱) بیشترین توان بالقوه تجاری را دارند.
- پیش‌بینی میزان تقاضای آینده در این بخش‌ها.
- ارزیابی چالش‌هایی که برای تحقق توان بالقوه هر بخش باید بر آنها غلبه کرد تا بتوان احتمال تجاری‌سازی موفق را تخمین زد.

۱۰۳ مخاطبان مورد نظر

مخاطبان اصلی این گزارش مدیران فروش و بازاریابی، کارفرمایان، سـرمایه‌گذاران، سرمایه‌گذاران خطرپذیر فعال در حوزه نانوکامپوزیت و نانومواد و سایر افرادی هستند که می‌خواهند بدانند بازار نانوکامپوزیت‌ها در ۵ سال آینده به چه سمتی خواهد رفت. این گزارش برای سایر مقامات دولتی علاقه‌مند به این حوزه از فناوری‌نانو نیز مفید می‌باشد.

۱۰۴ قالب و حدود

نانوکامپوزیت‌ها دسته‌ای از کامپوزیت‌ها هستند که دارای ساختار نانویی و یا حداقل یک جزء نانومقیاس باشند. مواد خاصی مانند لاسـتیک‌ها که نانوذرات دوده درآن‌ها به‌کار می‌رود و از ده‌ها سـال پیش مورد اسـتفاده قرار گرفته‌اند، با اینکه از لحاظ تعریف نانوکامپوزیت محسوب می‌شوند، در این گزارش بررسی نمی‌شوند.

این گزارش شامل بخش‌های زیر است:

- خلاصه مدیریتی
- تعاریف
- گام‌های مهم توسعه نانوکامپوزیت‌ها
- نانوکامپوزیت‌های تجاری شده و یا تحت توسعه و فناوری‌ها و کاربردهای مربوطه
- نانوکامپوزیت‌های دارای بیشترین توان بالقوه تجاری تا سال ۲۰۱۱
- روندهای بازار جهانی نانوکامپوزیت‌ها طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱
- عوامل مؤثر بر توسعه درازمدت بازار نانوکامپوزیت‌ها
- ساختار صنعت نانوکامپوزیت‌ها و وضعیت بازار

۱۰۵ روش بررسی و منابع اطلاعات

پیش بینی بازار فناوری‌های نوپا مانند نانوکامپوزیت‌ها، در حالی که توان بالقوه تجاری آنها کاملا روشن نیست، امری دشوار است. در این گزارش برای شناسایی نانوکامپوزیت‌های دارای بیشترین توان بالقوه تجاری، از یک راهکار چند مرحله‌ای استفاده می‌شود.

در مرحله اول، شرکت BCC Research فهرستی طولانی از نانوکامپوزیت‌های در حال توسعه، تهیه کرد. سپس، موادی که

1. filler

www.ShimiPedia.ir

احتمالاً تا سال ۲۰۱۱ به تولید تجاری نخواهند رسید، مشخص شدند. پس از این کار، فهرستی کوتاه از نانوکامپوزیت‌هایی که در میان مدت توان بالقوه تجاری‌شدن را دارند، به دست آمد.

در مرحله دوم BCC Research توان بالقوه این نانوکامپوزیت‌ها را در یافتن تقاضای صنعتی و کاربردی (مانند اتومبیل‌سازی و صنایع بسته‌بندی غذا) بررسی کرد تا موادی که بیشترین توان بالقوه تجاری را تا سال ۲۰۱۱ دارند، مشخص شوند. معیارهای انتخاب این مواد شامل اندازه بازار و ویژگی‌های مواد رقیب بودند.

در مرحله سوم، BCC Research به تعیین حجم بازار مورد انتظار برای این نانوکامپوزیت‌ها پرداخت و پیش‌شرط‌های لازم برای موفقیت تجاری آنها را مشخص کرد. روش‌های بررسی مختلف و منابع اطلاعاتی متفاوتی برای ارایه پیش‌بینی‌ها مورد استفاده قرار گرفتند که عبارتند از: پیش بینی خط روند (trend line)، تحلیل ورودی‌ها-خروجی‌ها و تخمین تقاضای آینده از منابع صنعتی.

در این گزارش منابع داده‌ها، فرضیات و روش‌شناسی‌های مورد استفاده در پیش بینی بازار با جزییات کامل تشریح شده‌اند. BCC Research بر این باور است که باید به خوانندگان اجازه داد تا بتوانند در مورد اعتبار پیش‌بینی‌ها و انطباق آنها با شرایط، قضاوت کنند و به این ترتیب سناریوهای دیگری برای بازار ارائه دهند.

۱۰۶ اعتبار تحلیل‌گر

اندرو مک ویلیامز (Andrew McWilliams)، نویسندهٔ این گزارش، یکی از اعضای شرکت فناوری بین‌المللی و مشاوره بازاریابی 43rd Parallel LLC واقع در بوستون است. همچنین وی پیش از این چندین گزارش برای BCC Research در حوزه‌های گوناگون فناوری‌نانو نوشته است که عبارتند از:

- NAN031A: فناوری‌نانو؛ یک ارزشیابی واقعی از بازار
- NAN028A: نانوکاتالیست‌ها
- NAN035A: نانوحسگرها
- NAN036A: فناوری‌نانو برای فوتونیک
- NAN037A: فناوری‌نانو برای محصولات مصرفی
- NAN038A: فناوری‌نانو برای کاربردهای علوم زیستی
- NAN040A: بازارهای نانومواد بر حسب نوع

۱۰۷ گزارش‌های مرتبط BCC RESEARCH

BCC Research در ۱۰ سال گذشته به بررسی پیشرفت‌های نانومواد و فناوری‌نانو پرداخته است. انتشارات اخیر این شرکت در زمینه فناوری‌نانو و حوزه‌های مربوطه عبارتند از:

- NAN040A: بازارهای فناوری‌نانو بر حسب نوع
- NAN024A: نانولوله‌ها؛ جهت‌گیری و فناوری‌ها
- NAN015D: پودرهای سرامیکی پیشرفته و نانوپودرهای سرامیکی
- NAN031A: فناوری‌نانو؛ یک ارزشیابی واقعی از بازار
- NAN021B: نانوکامپوزیت‌های پلیمری؛ نانوذرات، نانورس‌ها و نانولوله‌ها
- NAN037A: فناوری‌نانو برای محصولات مصرفی
- GB-201: فرصت‌های بازار برای مواد نانوساختار
- PLS014D: پلاستیک‌های مورد استفاده در بسته‌بندی غیرقابل نفوذ
- PLS007C :پلاستیک‌های مورد استفاده در بسته‌بندی‌های بهداشتی
- PLS006D: بازار نوپای پراکنده‌سازی بار ساکن؛ چالش‌ها و فرصت‌های آینده
- PLS044A: کالاهای ارتقا یافته و رزین‌های مهندسی؛ سناریوی رقابتی
- FOD038A: بسته‌بندی فعال، کنترل شده و هوشمند برای غذاها و آشامیدنی‌ها
- PLS043A: پلیمرهای رسانا
- PLS029A: کامپوزیت‌ها؛ رزین‌ها، پرکننده‌ها، تقویت‌کننده‌ها ، الیاف طبیعی و نانوکامپوزیت‌ها
- AVM053A: مواد و ابزارهای مورد استفاده در محصولات ورزشی پیشرفته

همچنین BCC Research نشریات ادواری زیر را به منظور اطلاع رسانی در مورد پیشرفت‌های اخیر در حوزه نانومواد منتشر می‌کند:

- Nanoparticle News

www.ShimiPedia.ir

- High Tech Ceramic News

اخیراً حامیان مالی این شرکت کنفرانس‌هایی در مورد فناوری‌نانو و نانومواد برگزار کرده‌اند. کنفرانس‌های اخیر عبارتند از:

- فناوری‌نانو ۲۰۰۵ (۲۲-۲۳ می، ۲۰۰۵)
- نانومواد ۲۰۰۴ (۲۵-۲۷ اکتبر، ۲۰۰۴)
- نانوذرات ۲۰۰۳ (۲۷-۲۹ اکتبر، ۲۰۰۳)

شرح مطالب ارایه شده در این کنفرانس‌ها از طریق BCC Research قابل دریافت است. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد کنفرانس‌های مذکور و سایر اجتماعات فناوری‌نانو به سایت www.BCCresearch.com مراجعه کنید.

۱۰۸ خدمات آنلاین BCC

BCC ارائه‌دهنده یک سرویس بازیابی اطلاعات آنلاین است. وب سایت این شرکت در آدرس www.BCCresearch.com موجود است و به کمک آن خوانندگان می‌توانند:

- کاتالوگ کامل گزارش‌های فرصت‌های تجاری را دریافت کرده و در صوت نیاز به صورت مستقیم سفارش خرید تحویل دهند.
- در خبرنامه‌های صنعتی BCC عضو شوند.
- آگهی‌های مربوط به گزارش‌های منتشر شده و خبرنامه‌های جدید را ببینند.
- در کنفرانس‌های BCC شرکت کنند.
- در صورت لزوم برای هر کدام از محصولات BCC اطلاعات بیشتری درخواست کنند.
- از مزایای پیشنهادهای ویژه استفاده کنند.

۱۰۹ رفع مسئولیت

کوشش شده است تا اطلاعات این گزارش در زمان انتشار، حتی الامکان اساس تخصصی داشته و قابل اعتماد باشد. این گزارش شامل تعهدات مدیریتی، قانونی و یا حسابداری نیست. همچنین نباید این گزارش را به منزله سیاست یک شرکت، دستور کار آزمایشگاهی و یا یک توافق‌نامه برای محصول خاصی تلقی کرد زیرا بسیاری از اطلاعات آن صرفاً ماهیت نظری دارند. نویسنده، مسئولیتی در قبال ضرر و خسارتی را که بر اساس اعتماد به اطلاعات گزارش و یا به کارگیری آن حاصل شده است، نمی‌پذیرد.

www.ShimiPedia.ir

بخش ۲

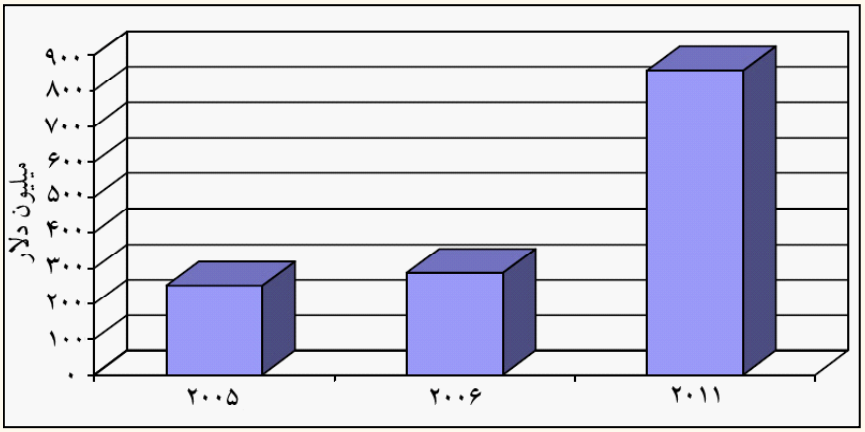
خلاصه مدیریتی

www.ShimiPedia.ir

۲ خلاصه مدیریتی

در سال ۲۰۰۵ مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها ۲۳۲۰۰ تن، با ارزش ۲۵۲ میلیون دلار بود. این مقدار در سال ۲۰۰۶ به ۲۷۸۴۰ تن، با ارزش ۲۸۸ میلیون دلار رسـید و پیش‌بینی می‌شـود در سال ۲۰۱۱ به ۹۵۰۰۰ تن، با ارزش ۸۵۷ میلیون دلار برسد. در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱، متوسط رشد سالانه (AAGR) در وزن ۲۸ درصد و در ارزش ۲۴ درصد است.

مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۱ (میلیون دلار و تن)				
گروه	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
مصرف نانوکامپوزیت				
تن	۲۳۲۶۶	۲۷۸۴۱	۹۵۰۵۶	۲۷/۸
میلیون دلار	۲۵۲/۰۸	۲۸۷/۹۴	۸۵۷/۱۵	۲۴/۴



مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها، ۲۰۰۵- ۲۰۱۱(میلیون دلار)

نانوکامپوزیت‌های خاک رس در سال ۲۰۰۵ تقریباً ۲۴ درصد کل مصرف نانوکامپوزیت‌ها بر حسب قیمت را به خود اختصاص داده‌اند. پس از این مواد، نانوکامپوزیت‌های فلزی و اکسید فلزی (با ۱۹ درصد) و کامپوزیت‌های نانولوله کربنی (با ۱۵ درصد) قرار دارند. انتظار می‌رود در سال ۲۰۱۱ نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تا ۴۴ درصد از سهم بازار را به خود اختصاص دهند.

سـایر محصولاتی که در بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۱ سـهمی از بازار را در اختیار دارند نانوکامپوزیت‌های فلزی یا اکسید فلزی و نانوکامپوزیت‌های سـرامیکی هسـتند که انتظار می‌رود به ترتیب ۲۰ و ۱۱/۵ درصد از سهام بازار را به خود اختصاص دهند. همچنین انتظار می‌رود سهم کامپوزیت‌های نانولوله کربنی از بازار تا میزان ۷/۵ درصد افت کند.

در سـال ۲۰۰۵ بخش‌های اتومبیل‌سـازی، انرژی و بسـته‌بندی کاربردهای اصلی نانوکامپوزیت‌ها بودند که به ترتیب ۲۹، ۲۸ و ۱۹ درصد از بازار را در اختیار داشـتند. در این سـال، سـایر کاربردهای اصلی، پوشش دهی با ۱۴ درصد و پراکنده‌سازی بار ساکن با ۸ درصد بودند.

انتظار می‌رود در سال ۲۰۱۱ بسته‌بندی با در اختیار گرفتن ۲۸ درصد از بازار، کاربرد اصلی نانوکامپوزیت‌ها باشد. در این سال کاربردهای انرژی با در اختیار گرفتن بیش از ۲۶ درصد بازار در مکان دوم خواهند بود. سایر سهام اصلی بازار در این سال در اختیار کاربردهای اتومبیل‌سازی و پوشش‌دهی به ترتیب با ۱۵ و ۱۴ درصد خواهد بود.

www.ShimiPedia.ir

بخش ۳

مروری بر نانوکامپوزیت‌ها

www.ShimiPedia.ir

۳ مروری بر نانوکامپوزیت‌ها

۳۱ توصیف کلی
این بخش شامل تعاریف اصلی، سابقه‌ای مختصر از نانوکامپوزیت‌ها و یک بحث کلی در مورد انواع مختلف نانوکامپوزیت‌ها، ویژگی‌های آنها و کاربردهایشان است.

۳۱۱ تعاریف
تعاریف زیر به خواننده کمک می‌کند تا مفهوم نانوکامپوزیت‌ها را بهتر درک کند.

۳۱۱۱ کامپوزیت‌ها
در حالت کلی یک کامپوزیت به جسمی حجیم یا توده‌ای (bulk) گفته می‌شود که حداقل شامل دو ماده مجزا با ساختار مکمل باشد.

۳۱۱۲ نانوکامپوزیت‌ها
نانوکامپوزیت به دسته خاصی از کامپوزیت گفته می‌شود که حداقل یکی از اجزای آنها نانومقیاس باشد. بیشتر نانوکامپوزیت‌ها دارای مقدار کمی (عموماً کمتر از ۵ درصد وزنی) از پرکننده‌های معدنی ورقه‌ای و یا نانولوله‌های کربنی دارای ساختار منفرد می‌باشند.
ولی در این گزارش ابزارهایی قدرتمند مانند نانوحسگرهای زیستی که در آنها دو ماده نانو ساختار با یکدیگر ادغام می‌شوند بررسی نمی‌شوند.

مواد ماتریسی و پرکننده‌ها
این گزارش، نانوکامپوزیت‌ها را بر حسب نوع ماده پرکننده مانند خاک رس، نانولوله‌های کربنی و سرامیک دسته‌بندی می‌کند. پرکننده‌ها مواد نانومقیاسی هستند که مقادیر نسبتاً کمی از آنها به یک بستر پلیمر اضافه می‌شود تا نانوکامپوزیتی با خواص ویژه (مقاومت کششی، مقاومت در برابر سوختن و غیره) به دست آید.

۳۱۲ مقدمه‌ای بر نانوکامپوزیت‌ها
از ده‌ها سال پیش و حتی قرون قبل، مواد نانوساختار شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. به عنوان مثال، در سال‌های ۱۳۶۸ تا۱۶۴۴ برای لعاب دادن بر روی سرامیک‌های Ming Dynasty از نانوذرات استفاده می‌شده است. همچنین لاستیک‌های دوده‌ای تقویت شده که از دهه‌های نخستین قرن بیستم در تایرهای اتومبیل مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند نیز یک نوع نانوکامپوزیت هستند.
در ساخت نانومواد اولیه مذکور کنترلی بر ساختار و ریخت این مواد وجود نداشت و علت پیدایش خواص منحصربه‌فرد آن‌ها کاملاً ناشناخته بود. می‌توان نقطه تولد فناوری‌نانوی مدرن را در سخنرانی ریچارد فاینمن (Richard Feynman) در سال ۱۹۵۹ در دانشگاه کالتک (Caltech) جستجو کرد: « در آن پایین فضای زیادی وجود دارد».
فاینمن توضیح داد چگونه به کمک قوانین فیزیک می‌توان اتم‌ها و مولکول‌ها را به صورت مجزا کنترل کرد. البته در آن زمان روش‌های عملی برای انجام این فرآیند وجود نداشت. وی پیش بینی کرد در آینده می‌توان مواد را بدون هیچ محدودیتی با دقت اتمی اصلاح کرد.
نانوکامپوزیت‌های تجاری اولیه بر پایه نایلون ساخته شده بودند. شرکت تویوتا اولین نسل این مواد را در دهه هشتاد ساخت. این ماده یک نایلون پرشده با مونت‌موریلونیت بود و در تسمه تنظیم زمان اتومبیل مورد استفاده قرار گرفت.
در دهه نود، نانوکامپوزیت‌های نایلونی مبتنی بر پرکننده‌های نانولوله کربنی به شکل گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفتند.این مواد به صورت اجزای پراکنده‌سازی الکتریسیته ساکن در سیستم‌های سوخت اتومبیل و هدهای خواندن–نوشتن رایانه‌ای به کار رفته‌اند.
علاوه براین گام‌های مهم دیگر در گذشته‌ی نانوکامپوزیت‌ها برداشته شده است که عبارتند از:

- ۱۹۸۸: شرکت (Hitachi Metals) اولین ترکیب نانومغناطیس با نام Finemet را ساخت که در مبدل‌های با اتلاف پایین به کار می‌رود.
- ۱۹۹۸: شرکت اینفرامات (Inframat LLC) اسپری حرارتی جدیدی با نام Nanox 2613 به ثبت رساند. این اسپری اولین نانوکامپوزیت سرامیکی تجاری می‌باشد.
- ۲۰۰۵: مؤسسه دانشگاهی ملی Keck FUTURES ایالات متحده، به گروه مشترک دانشگاه یال (Yale) و دانشگاه تگزاس به دلیل ساخت سلول‌های خورشیدی نانوکامپوزیتی زیستی، کمک هزینه‌ای اعطا کرد.

www.ShimiPedia.ir

۳-۲ ویژگی‌های عمومی نانوکامپوزیت‌ها و کامپوزیت‌های معمولی

به دلیل ابعاد نانومقیاس پرکننده‌های مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌ها، برهم کنش بین پرکننده و ماتریس با برهم کنش موجود در کامپوزیت‌های معمولی متفاوت است. این برهمکنش‌ها با شکل‌های مختلف روی ویژگی‌های فیزیکی نانوکامپوزیت‌ها اثر می‌گذارد.

در ادامه به بررسی این اثرات می‌پردازیم.

۳-۲-۱ افزایش مقاومت کششی، مدول و دمای اعوجاج حرارتی

مقاومت کششی، مدول و دمای اعوجاج حرارتی، ویژگی‌های اصلی قطعات مورد استفاده در کاربردهای ساختمانی هستند. مقاومت کششی بیان‌کننده میزان نیرویی است که برای بریدن یک قطعه تحت کشش لازم است. مدول نشان‌دهنده میزان خمش یک قطعه تحت بار است. دمای اعوجاج حرارتی نشان‌دهنده دمای کاری یک قطعه است.

معمولاً نانومواد بدون تغییر دادن ویژگی‌های ضربه‌ای دمای پایین یک پلیمر، دمای اعوجاج حرارتی آن را افزایش می‌دهند. در حالی که پرکننده‌های معمولی با افزایش دمای اعوجاج حرارتی یک پلیمر، شکل پذیری آن را در دماهای پایین کاهش می‌دهند و این مسئله به شکست تحت ضربه منجر می‌گردد.

۳-۲-۲ رنگ و شفافیت

پرکننده‌های نانومقیاس نور را به گونه‌ای متفاوت با ذرات بزرگتر، جذب و بازتابش می‌کنند، زیرا اغلب اندازه این مواد کوچکتر از طول موج نور است. به عنوان مثال، ذرات دی اکسید تیتانیوم با ابعاد معمولی سفید رنگ هستند، در حالی که رزین ادغام شده با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم نیمه‌شفاف به نظر می‌رسد. این خصوصیت برای برخی از پوشش‌های نانوکامپوزیتی نقطه قوتی محسوب می‌شود، زیرا ذرات موجود در این پوشش‌ها به دلیل کوچکی بر روی جلای سطوح نهایی اثر نمی‌گذارند.

همچنین به کمک این ویژگی نانوکامپوزیت‌ها، می‌توان مواد رسانای نیمه‌شفاف ساخت، که یکی از اجزای مهم صفحات نمایش هستند.

۳-۲-۳ رسانایی

اکثر رزین‌های ترموست و ترموپلاست، نارسانا هستند و از آنها می‌توان در ساخت عایق‌ها استفاده کرد. اما برای کاربردهایی مانند مواد تخلیه الکتروستاتیک به یک پلیمر رسانا نیاز است، بنابراین می‌توان با ادغام نانولوله‌های کربنی با رزین‌های ترموست و ترموپلاست، آنها را رسانا کرد. البته می‌توان این کار را با افزودن الیاف بزرگتر مانند الیاف کربنی یا فولادی انجام داد اما مزیت نانولوله‌ها در این است که می‌توان مقدار خیلی کمتری از آنها را به عنوان پرکننده استفاده کرد. کاهش مقدار پرکننده مانع از کاهش بسیاری از ویژگی‌های مطلوب رزین‌ها مانند پرداخت سطحی و نرخ ذوب-جریان (melt/flow) می‌شود.

۳-۲-۴ مقاومت در برابر سوختن

مقاومت در برابر سوختن برای بعضی از پلیمرهای با کاربردهای خاص (مانند عایق‌های پلاستیکی سیم‌ها و کابل‌های الکتریکی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری) مورد نیاز است. بیشتر نانوکامپوزیت‌ها به خودی خود در برابر سوختن مقاوم نیستند اما می‌توان از آنها به عنوان جزیی از یک مجموعه نسوز، استفاده کرد.

۳-۲-۵ ویژگی‌های انسدادی

ترموپلاستیک‌ها برای جلوگیری از نفوذ گاز و رطوبت مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسته‌بندی‌های غذا به گونه‌ای طراحی می‌شوند که مانع از ورود اکسیژن شده و بخار آب را در اطراف غذا حفظ کنند.

عموماً ترموپلاستیک‌های دارای خاک رس، ویژگی‌های انسدادی بهتری نسبت به رزین‌ها دارند، گرچه این مواد توان رقابت با پلیمرهای انسدادی مخصوص مانند EVOH را ندارند ولی نانوکامپوزیت‌ها مزایای خاص خود را دارند و به ویژه برای مصرف کنندگان اروپایی، به دلیل محدودیت‌های موجود درباره هالوژن موجود در پوشش‌های بسته‌بندی، مواد سودمندی می‌باشند.

۳-۲-۶ ویژگی‌های ضد خوردگی

در حالت کلی، اکسیدهای سرامیکی نانومقیاس ویژگی‌های الکتروشیمیایی متفاوتی نسبت به مواد حجیم دارند. هم اکنون از این نانوپودرها در ساخت پوشش‌های ضد خوردگی نانوکامپوزیتی استفاده می‌شود. این مواد می‌توانند جایگزین مناسبی برای مواد سمی کنونی باشند.

www.ShimiPedia.ir

۳۳ انواع نانوکامپوزیت‌ها، ویژگی‌ها و کاربردهای آنها

در این گزارش، نانوکامپوزیت‌ها برحسب نوع پرکنندهٔ نانومقیاس، در بخش‌های زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- خاک رس
- سرامیک
- نانولوله کربنی
- فلز و اکسید فلز
- نانوکامپوزیت‌های زیستی
- سایر گونه‌ها

۳۳۱ نانوکامپوزیت‌های خاک رسی

در این نانوکامپوزیت‌ها از ذرات خاک رس نانومقیاس به عنوان پرکننده و یک پلیمر به عنوان Nanocor استفاده می‌شود. خاک رس نامی عمومی برای دسته وسیعی از ترکیبات است که شامل صفحات لایه لایه از اتم‌های سیلیکون در لابه‌لای صفحاتی از سایر اتم‌ها می‌باشند. در ادامه انواع خاصی از خاک‌های رس مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌ها معرفی می‌شوند.

۳۳۱۱ مواد

می‌توان نانوکامپوزیت‌های خاک رسی را بر حسب نوع پرکننده خاک رسی و یا نوع مواد ماتریسی پلیمری مورد استفاده دسته‌بندی کرد.

۳۳۱۱۱ پرکننده‌های خاک رسی

خاک‌های رس در دو دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: مکتیت‌ها (smectites) و بنتونیت‌ها (bentonites).
بنتونیت‌ها در آب ورم نمی‌کنند و معمولاً برای استفاده در نانوکامپوزیت‌ها مناسب هستند. با این حال اکثر تحقیقات روی نانوکامپوزیت‌ها بر روی مکتیت‌ها متمرکز است. این مواد شامل خاک‌های رس طبیعی و مصنوعی می‌باشند.

الف) خاک‌های رس طبیعی

انواع مختلفی از خاک‌های رس طبیعی مانند مونتموریلونیت، کائولین (kaolin) و کلویسیت(cloisite) برای استفاده در نانوکامپوزیت‌ها به عنوان پرکننده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند اما بیشتر نانوکامپوزیت‌های تجاری از مونتموریلونیت استفاده می‌کنند.

- مونتموریلونیت

این ماده بیش از سایر خاک‌های رس در ساخت نانوکامپوزیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مونتموریلونیت یک ماده معدنی آلومینوسیلیکات بسیار نرم با فرمول شیمیایی $nH_2O-(Na,Ca)(Al,Mg)_6(Si_4O_{10})_3(OH)_6$ است که معمولاً به‌صورت بلورهای میکروسکوپی شکل می‌گیرد.
مونتموریلونیت دارای مجموعه‌ای از خواص بسیار مطلوب است که همه آن خواص به همراه هم در هیچ خاک رس طبیعی دیگری یافت نمی‌شوند. این ماده بسیار عریض و شدیداً یونی است.
عریض بودن مونتموریلونیت به این معناست که هر ذره، مساحت سطح نسبتاً زیادی دارد و باعث بر هم کنش قوی‌تر ذره با ماتریس رزینی می‌شود.
مونتموریلونیت در یک شبکه یونی محصور شده است. ترکیبات قطبی، مانند مونتموریلونیت، آسان‌تر و با شدت نسبتاً بالایی با مواد قطبی دیگر آمیخته می‌شوند. برخی از رزین‌ها، مانند نایلون، کاملاً قطبی هستند. بنابراین، خاک‌های رسی مانند مونتموریلونیت با شدت زیادی با پلیمرهای نایلونی آمیخته می‌شوند. به‌همین دلیل، مونتموریلونیت به سختی با رزین‌های غیر قطبی (که بیشتر رزین‌های تجاری از این دسته هستند) برهم کنش می‌کند.
کلویسیت نام تجاری گونه‌ای از مونتموریلونیت طبیعی است که توسط شرکت Southern Clay Products به بازار وارد شده است. سطح این ماده با یک نمک آمونیوم چهار تایی اصلاح شده، تا دارای خواصی چون غوطه‌وری کامل و اختلاط مطلوب با رزین‌هایی مانند PP و PE شود.

- ورمیکولیت (Vermiculite)

این ماده یک کانی شبه‌خاک رس متعلق به گروه میکای کانی‌های فیلوسیلیکات است. حجم ورمیکولیت با حرارت دادن چند برابر می‌شود.
ذرات ورقه ورقه‌شده ورمیکولیت، همانند مونتموریلونیت (که در بالا توضیح داده شد) عریض بوده و برای عایق‌های گازی

www.ShimiPedia.ir

مناسب می‌باشند. خصوصیت دیگر این ماده مقاومت در برابر سوختن می‌باشد.

- اکتوسیلیکات (Octosilicate)

اکتوسیلیکات یا ایلریت (ilerite) گونه دیگری از پرکننده‌های خاک رسی است که قابلیت تجاری‌شدن دارد. BCC Research نتوانست کاربردهای تجاری شده و یا در دست تجاری‌سازی نانوکامپوزیت‌های اکتوسیلیکاتی را ارایه دهد.

ب) خاک رس‌های مصنوعی

گونه‌های زیادی از خاک‌های رس مکتیتی مصنوعی وجود دارد. خاک‌های رس مصنوعی نسبت به نوع طبیعی چندین مزیت دارند:

- می‌توان آنها را با خلوص بیشتری ساخت زیرا به جای استخراج معدنی با فرآیند شیمیایی ساخته می‌شوند.
- ذرات تولید شـده از لحاظ اندازه همگن‌تر می‌باشـند. این ویژگی برای کاربردهایی که با انتقال نور سـر و کار دارند بسیار مهم است.
- یکنواخت‌ترهسـتند و به‌همین دلیل نتایج کاملاً تجدیدپذیری خواهند داشت. این ویژگی برای کاربردهایی مانند ابزارهای نسوز دارای اهمیت است.
- بدون هیچ گونه عملیات سـطحی اضافی، در مذاب‌های پلیمری غیر قطبی مانند پلی پروپیلن و پلی استایرن قابل پخش‌شدن و لایه لایه‌شدن می‌باشند.

نقطه ضعف خاک‌های رس مصنوعی در هزینه آنها است که چند برابر انواع طبیعی است. با توجه به کارآیی بهتر خاک‌های رس مصنوعی، تنها عاملی که موجب شده تا از خاک‌های رس طبیعی در کاربردهای نانوکامپوزیتی بیشتر استفاده شود، هزینه تمام شده می‌باشد. بیشتر تحلیل گران اعتقاد دارند که در آینده گرایش به سمت خاک‌های رس مصنوعی، به ویژه برای کالاهای خاص و کاربردهای دارای ارزش افزوده بالا، بیشتر خواهد شد. برای چنین کاربردهایی، علاوه بر کارآیی بالای خاک‌های رس مصنوعی، حجم کم خاک رس مورد استفاده نیز عاملی برای گرایش به سمت آنها می‌باشد.

- فلوروهکتوریت (Fluorohectorite):

تا این زمان تنها خاک رس مصنوعی که نسبتاً کاربرد تجاری گسترده‌ای یافته است، فلوروهکتوریت است که توسط شرکت Co-op Chemical در ژاپن سـاخته شـده اسـت. خاک رس این شرکت شـبیه مونتموریلونیت یا میکا است با این تفاوت که نسـبت عرض به ارتفاع آن بیشـتر بوده (بین ۱۵۰: ۱ و ۲۰۰: ۱) و توزیع اندازه ذرات آن یکنواخت‌تر است. همچنین خاک‌های رس مصنوعی در مقایسـه با گونه‌های طبیعی آلاینده‌های کمتری دارند. یکی از این آلاینده‌ها آهن است که تأثیر نامطلوبی بر محصول نهایی دارد.

- هیدروتالکیت (Hydrotalcite)

این ماده با فرمول شیمیایی (Mg6Al2 (OH) 16CO34H2O) در طبیعت یافت می‌شود و می‌توان ترکیبات مختلفی از آن را، با ساختار بلوری مشابه، به صورت مصنوعی تولید کرد. خاک‌های رس هیدروتالکیتی مصنوعی بزرگ مقیاس، در سطح تجاری به‌عنوان پایدارکننده کمکی (costabilizers) برای PVC و پلی اولفین‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

انتظار می‌رود نانوخاک‌های هیدروتالکیتی مصنوعی به‌عنوان پرکننده‌های تجاری اسـتفاده شوند. این مواد هم‌اکنون درحال توسـعه و اصلاح می‌باشند. Nanoquest، یک شرکت استرالیایی اسـت که در حال مطالعهٔ این نوع از نانوخاک‌های مصنوعی است. بنا به اظهارات این شرکت، این تحقیقات در مراحل ابتدایی قرار دارد.

۲۱۱۳۳ مواد ماتریسی

پلیمرها مولکول‌های آلی (کربن‌دار) هستند که از واحدهای یکسان و تکرار شونده مونومر تشکیل شده‌اند. لاستیک و سلولز نمونه‌هایی از پلیمرهای طبیعی هستند.

دسته وسیعی از پلیمرهای مصنوعی درکامپوزیت‌های مختلف به کار گرفته می‌شوند. در این بخش پلیمرهای صنعتی که دارای بیشترین کاربرد هستند و یا انتظار می‌رود بیشترین قابلیت را برای استفاده در نانوکامپوزیت‌ها داشته باشند، شرح داده می‌شوند.

در حالت کلی مواد ماتریسـی پلیمری مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌های خاک رسی، پلیمرهای ترموپلاستیک هستند. این مواد، بدون تغییر قابل توجه در خواص، با گرم کردن، نرم و سپس با سرد کردن، سخت می‌شوند.

پلیمرهای ترموست تنها یکبار قابلیت قالب‌گیری (پیش از سخت شدن) دارند و سخت‌شدن در این مواد، فرآیندی بازگشت ناپذیر است. پلیمرهای ترموست در نانوکامپوزیت‌های سرامیکی (که در ادامه معرفی می‌شوند) استفاده می‌شوند.

پلیمرهای ترموپلاسـتیک متنوع می‌باشند. در زیر به توضیح پرکاربردترین این مواد در حوزه نانوکامپوزیت‌های خاک رسی پرداخته می‌شود.

www.ShimiPedia.ir

الف) نایلون: هم اکنون انواع مختلفی از نایلون‌های تجاری وجود دارند که از میان آنها نایلون۶، نایلون ۶-۶ و نایلون ۱۲، اغلب در نانوکامپوزیت‌های خاک رسی مورد استفاده قرار می گیرند. شرکت تویوتا برای ساخت اولین نانوکامپوزیت خاک رسی در دهه ۱۹۸۰ از نایلون ۶ به‌عنوان ماده ماتریسی استفاده کرد.

نایلون یکی از مهم‌ترین ترموپلاستیک‌های مهندسی چندمنظوره است. این ماده با داشتن خواص ایده‌الی مانند استحکام، شکل‌پذیری و مقاومت در برابر حرارت، یکی از نامزدهای اصلی برای برخی فلزات است.

نایلون۶-۶ سخت‌ترین نایلونِ اصلاح نشده است. مقاومت شیمیایی و ویژگی‌های الکتریکی دو نایلون ۶ و ۶-۶ مشابه است، اما نایلون ۶-۶ نقطه ذوب بسیار بالاتری دارد و انبساط گرمایی این ماده نیز کمی بیشتر از نایلون ۶ است. البته نایلون ۶ در رطوبت نسبی ۵۰ درصد، در برابر ضربه مقاوم‌تراست.

ویژگی دیگر نایلون ۶-۶، کاهش منظم مقاومت کششی با افزایش دماست. می‌توان این ماده را در کاربردهای بدون تنش (در دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد) و تحت تنش (در دماهای بین ۸۵ و ۹۵ درجه سانتیگراد) مورد استفاده قرار داد.

نایلون ۱۲ همانند نایلون ۶ ساخته می‌شود. نایلون ۱۲ نیز، مانند سایر نایلون‌ها، دارای مقاومت به سایش چشمگیر و ویژگی‌های اصطکاکی قابل توجه می‌باشد. این ماده در شرایط کاری خشک، انعطاف پذیرتر از سایر نایلون‌هاست و تحت رطوبتِ متعارف و یا تحت اشباع با آب، محکم‌ترین و سخت‌ترین نوع نایلون است.

ب) بوتیل: بوتیل نوعی لاستیک مصنوعی است که از پلیمریزاسیون همزمان ایزوبوتان و مقادیر کمی از ایزوپرن تشکیل می‌شود. ویژگی‌های اصلی این ماده عبارتند از:

- عایق کردن در برابر گاز ها
- انعطاف پذیری
- مقاومت در برابر فرسایش ناشی از جریان هوا
- مقاومت در برابر اوزون
- حذف ارتعاشات
- سازگاری با کاربردهای زیستی

پ) اولفین ترموپلاستیک

اولفین‌های ترموپلاستیک (TPOs) نوعی از مواد پلاستیک-لاستیکی هستند که از ترکیب رزین‌های تجاری، پلی اتیلن و پلی پروپیلن تشکیل می‌شوند. به عنوان مثال نوع خاصی از اولفین ترموپلاستیکیِ دارای پلی پروپیلن، تقریباً دارای ۷۰ درصد لاستیکِ اتیلن-پروپیلن و ۳۰ درصد پلی پروپیلن است.

TPOها مقاومت به ضربه و مقاومت حرارتی بسیار بالایی دارند و حتی پس از چند بار بازیافت، مقاومت مکانیکی خود را حفظ می کنند. همچنین این مواد مقاومت شیمیایی نسبتاً بالایی دارند.

البته این مواد و به خصوص TPOهای پلی‌پروپیلنی در معرض گرما، پایداری ابعادی پایینی دارند. TPOها تحت تابش فرابنفش ناپایدارهستند که می‌توان با افزودن پایدارسازهای فرابنفش بر این مشکل فایق آمد.

ت) پلی‌اتیلن: پلی‌اتیلن (PE) پلیمری از اتیلن است که در دماهای بالا در حضور کاتالیست‌های مختلف (بسته به نوع ویژگی‌های مورد نیاز) تولید می‌شود. عموماً PE در برابر آب، اسیدها، قلیاها و بیشتر حلال‌ها مقاوم است.

چندین نوع مختلف از PE وجود دارد که برحسب چگالی و شاخه‌بندی (branching) دسته‌بندی می‌شوند. ویژگی‌های مکانیکی PE عمدتاً توسط این دو پارامتر مهم تعیین می‌شوند. گونه‌هایی از این مواد که معمولاً در نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلنی به کار گرفته می‌شوند عبارتند از:

- LDPE (پلی‌اتیلن چگالی پایین)
- HDPE (پلی‌اتیلن چگالی بالا)
- UHMWPE (پلی‌اتیلن با وزن مولکولی بسیار بالا)

چگالی LDPE ۰/۹۱۰ تا ۰/۹۴۰ گرم بر سانتیمتر مکعب است و مقادیر زیادی از شاخه‌های زنجیره‌ای کوتاه و بلند دارد. این ماده مقاومت کششی نسبتاً کمتری داشته و شکل‌پذیرتر است.

چگالی HDPE حداقل ۰/۹۴۱ گرم بر سانتیمتر مکعب است و شاخه‌بندی‌های کمی دارد. بنابراین نیروهای بین مولکولی در این ماده قوی‌تر و مقاومت کششی آن بیشتر است. HDPE از آب سبک‌تراست و می‌توان آن را قالب‌گیری و ماشین کاری کرد و با جوشکاری به هم متصل کرد (عمل چسباندن به دشواری ممکن است).

UHMWPE یک پلیمر بسیار سنگین است که وزن مولکولی آن در مقیاس میلیون است. این ویژگی موجب می‌شود تا UHMWPE بسیار سخت، محکم و از لحاظ مکانیکی مقاوم و همچنین شکننده‌تر از LDPE باشد.

www.ShimiPedia.ir

ث) پلی‌پروپیلن: پلی‌پروپیلن (PP) یکی از پلیمرهای پروپیلن اســت. مدول الاستیسیته اغلب گونه‌های تجاری PP، بین مدول الاستیسیته LDPE و HDPE است.
PP به‌اندازه LDPE محکم و چقرمه نیست اما چندین برابر شکننده‌تر از HDPE است. این ماده مقاومت به خستگی بالایی دارد و به همین دلیل بیشتر مفصل‌های پلاستیکی مانند لولاهای بطری‌های نوشیدنی را از PP می‌سازند.
دمای ذوب پلی‌پروپیلن ۳۲۰ درجه فارنهایت (۱۶۰ درجه سانتیگراد) است. به همین دلیل نگه دارنده‌های غذایی که از این ماده ساخته می‌شوند در ماشین ظرفشویی ذوب نمی‌شوند. علاوه بر این، PP در فرآیندهای صنعتی پرکردن داغ ۱ ذوب نمی‌شود.

ج) اتیلن وینیل استات (Ethylene Vinyl Acetate) : اتیلن وینیل استات یا EVA، پلیمری مشترک از اتیلن و وینیل استات است که ویژگی‌های آن ماده عبارتند از:

- وضوح و شفافیت بالا
- ویژگی‌های انسدادی
- چقرمگی و سفتی در دماهای پایین
- مقاومت در برابر ترک‌های تنشی (stress-crack)
- مقاومت در برابر اشعهٔ فرابنفش

چ) ســایر مواد ماتریســی: پلیمرهای زیر کاربرد وســیعی در حوزه نانوکامپوزیت‌ها ندارند و حتی تمرکز مطالعاتی روی آنها وجود ندارد. فهرســت زیر، یک فهرســت کامل نیست اما شامل اغلب ماتریس‌هایی است که در منابع و نشریات تجاری و فنی نانوکامپوزیت‌ها موجود هستند.

- پلی‌اتیلن ترفتالات (Polyethylene Terephthalate) :

پلی‌اتیلن ترفتالات یا PET یک رزین ترموپلاستیکی و اشباع شده است که با چگالش اتیلن گلیکول و اسید ترفتالیک ساخته می‌شود. PET یک ماده سخت، محکم، از لحاظ مکانیکی مقاوم و از لحاظ ابعادی پایدار است و مقدار بسیار کمی آب جذب می‌کند. این ماده خصوصیت مانعی خوبی در برابر دی اکسید کربن و اکسیژن دارد و به همین دلیل برای کاربردهای بسته‌بندی غذا و سایر مواد مناسب است. خصوصیت مهم دیگر PET، قابلیت بازیافت کامل آن می‌باشد.

- استال (Acetal) :

استال، که پلی استال، پلی‌اکسی‌متیلن (polyoxymethylene or POM) و یا پلی‌فرمالدهید (polyformaldehyde) نیز نامیده می‌شــود، یک پلیمر مهندسی بسیار کارآمد اســت. این ماده به دلیل ویژگی‌هایی چون مقاومت مکانیکی بالا، الاستیسیته قابل توجــه و مقاومت مطلوب در برابر ضربه و خســتگی، برای کاربردهای جایگزینی فلزات با مواد ســبک‌تر مورد اســتفاده قرار می‌گیرد. با این حال، این ماده در معرض حلال‌های اسیدی و قلیایی، تجزیه‌شده و مقاومت خوبی در برابر سوختن ندارد.

- پلی‌کلروپرن (Polychloroprene) :

پلی‌کلروپرن یا نئوپرن یک لاستیک مصنوعی است که از طریق پلیمریزاسیون کلروپرن ساخته می‌شود.

- لاستیک نیتریل (Nitrile Rubber) :

لاستیک نیتریل، پلیمری از اکریلونیتریل و بوتادین است، که تاکنون اشکال مختلفی از آن با تغییر میزان اکریلونیتریل، ساخته شده است. لاستیک نیتریل، پیش از این، با نام‌های تجاری مختلفی به فروش می‌رفت که عبارتند از: نیپول (Nipol)، کریناک (Krynac) و یوروپرن (Europrene).
این ماده، نســبت به لاســتیک‌های طبیعی، در برابر مواد نفتی و اسیدها مقاوم‌تراســت اما همانند لاستیک‌های طبیعی در برابر اوزون، هیدروکربن‌های آراماتیک، کتون‌ها، اســترها و آلدهیدها آســیب‌پذیر می‌باشد. لاســتیک نیتریل مقاومت مکانیکی و انعطاف پذیری لاستیک طبیعی را ندارد.

- اتیلن وینیل الکل (Ethylene Vinyl Alcohol) :

اتیلن وینیل الکل یا EVOH پلیمری مشترک از رزین‌های انسدادی (barrier resin) با ویژگی‌های فرآیندی مطلوب است که برای ســاخت لایه‌های انعطاف پذیر، شــفاف و با استحکام مکانیکی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. لایه‌های ساخته‌شده با این ماده عایق‌های خوبی در برابر رطوبت و اکسیژن هستند.

۳.۲.۱.۳ ساخت

در این بخش فرآیندهای اصلی که برای آماده‌ســازی پرکننده‌های نانوخاک رســی انجام می‌شــوند و همچنین خود فرآیند ترکیب، توضیح داده می‌شوند.

1. hot-filling

www.ShimiPedia.ir

۳۳۱۳۲۱ تولید و پیش‌فرآیندهای پرکننده‌های خاک رسی

مونتموریلونیت با استفاده از استخراج آبی از سنگ معدن تحت فشار جدا می‌شود. این ماده آب دوست است و به همین دلیل با اکثر پلیمرها سازگار نیست. لذا به منظور ایجاد سطحی با آب‌گریزی بیشتر، باید مونتموریلونیت با روش‌های شیمیایی اصلاح شود. برای این کار معمولاً از فرآیندهای مبتنی بر کاتیون‌های آمونیوم آلی استفاده می‌شود. می‌توان این یون‌ها را با کاتیون‌های معدنی موجود در سطح سیلیکاتی مربوطه جایگزین کرد. در نهایت خاک رس اصلاح شده را از طریق پلیمریزاسیون و یا ترکیب مذاب (melt compounding)، به درون ماتریس رزینی وارد می‌کنند.

همچنین می‌توان در روشی مشابه و یا به عنوان مرحله دوم، مولکول‌های آب‌دوست مانند استیرات‌ها (stearates) یا آمین‌ها را، به منظور تقویت آبگیری به خاک رس مذکور اضافه کرد.

۳۳۱۳۲۲ ترکیب

برای ساخت نانوکامپوزیت‌های خاک رس-پلیمر از فرآیندهای اختلاط واکنشی پلیمری و اکسترودر دوگانه، در کنار فرآیندهای استاندارد قالب‌گیری تزریقی، ریخته‌گری لایه‌ای و قالب‌گیری بادی، استفاده می‌شود. شرکت Nanocor، یکی از مهم‌ترین شرکت‌های تولیدکننده نانورس، بیش از ۳۰ پتنت در حوزه فناوری‌های تولید خاک‌های رس نانومقیاس برای ادغام با پلاستیک‌ها دارد. از خاک‌های رس مذکور برای ساخت نانوکامپوزیت‌ها نیز استفاده می‌شود.

این شرکت برای ساخت خاک رس-پلیمر، از توده‌ای از مواد که به عنوان مثال شامل ۵۰ تا ۶۰ درصد وزنی نانوذرات خاک رس، یک تطبیق‌دهنده مانند PP-g-MA و یک پلی‌اولفین استاندارد است، در درون یک پلیمر میزبان استفاده می‌کند؛ حداکثر بارگیری بین ۲ تا ۷ درصد وزنی است، بنابراین بیشترین مساحت سطح ممکن برای خاک رس، به منظور بر هم کنش با پلیمر میزبان، حاصل می‌شود.

نانوکامپوزیت‌ها را می‌توان با پلیمرهای ترموست و یا ترموپلاست تولید کرد. رفتار شیمیایی تطبیق پذیری ویژه نانوکامپوزیت‌های حاصل ، تابعی از رفتار شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی پلیمر میزبان است.

جدول ۱- گونه‌های اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تجاری، ویژگی‌ها و کاربردهای مهم آنها

ماتریس/پرکننده	ویژگی‌های اصلی	کاربردها
نایلون/مونتموریلونیت	مقاومت در برابر حرارت ویژگی‌های انسدادی الاستیسیته مقاومت کششی مقاومت در برابر ضربه	قطعات خودرو بسته‌بندی ابزارهای پزشکی مواد رسانای الکتریسیته مواد نسوز کاربردهای چند منظوره
TPO/مونتموریلونیت	مقاومت در برابر شوک مقاومت در برابر حرارت	قطعات خودرو
EVA/مونتموریلونیت	مقاومت در برابر سوختن مقاومت شیمیایی پایداری حرارتی ساخت آسان بدون هالوژن	پوشش‌های کابل‌ها و سیم‌ها
PP/مونتموریلونیت	مدول انعطاف پذیری بالا مقاومت بالا در برابر ضربه چگالی حجمی (bulk density) پایین مقاومت در برابر خراش	قطعات خودرو بسته‌بندی مواد نسوز تجهیزات اداری لوازم خانگی
PE (شامل LDPE،HDPE و UHMWPE) /مونتموریلونیت	مدول انعطاف پذیری بالا مقاومت بالا در برابر ضربه چگالی حجمی (bulk density) پایین مقاومت در برابر خراش	بسته‌بندی قطعات خودرو

www.ShimiPedia.ir

جدول ۱- گونه‌های اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تجاری، ویژگی‌ها و کاربردهای مهم آنها		
ماتریس/پرکننده	ویژگی‌های اصلی	کاربردها
استال/مونتموریلونیت	مدول انعطاف پذیری بالا مقاومت در برابر حرارت	قطعات خودرو الکترونیک
نایلون/فلوئورید میکا	مقاومت در برابر حرارت ویژگی‌های انسدادی الاستیسیته مقاومت کششی مقاومت در برابر ضربه	قطعات خودرو
بوتیل/ورمیکولیت	مانع نفوذ هوا	کالاهای ورزشی تایر ها

در برخی فرآیند ها، نانوکامپوزیت نهایی در حین مرحله پلیمریزاسیون در یک رآکتور شکل می‌گیرد. در سایر فرآیندها، نانوخاک‌های رس در یک عملیات ترکیبی مذاب داغ (hot-melt) به مواد مذکور اضافه می‌شوند.

۳۱۳۲۳ انواع نانوکامپوزیت‌های خاک رسی

این بخش انواع اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی که برخی از آنها به‌میزان بسیار کمی در بازار نفوذ کرده‌اند.

۳۱۳۲۳۱ نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تجاری:

در جدول زیر گونه‌های اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی که هم اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا در بازار موجود هستند، به اختصار معرفی شده‌اند. در بیشتر این مواد از مونتموریلونیت به عنوان ماده پرکننده استفاده می‌شود، با این حال در تعدادی از آنها از پرکننده‌های ورمیکولیتی و یا فلوئورید میکایی استفاده شده است.

الف) نایلون/مونتموریلونیت

نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت که در دهه ۱۹۸۰ توسط شرکت تویوتا ساخته شدند، اولین نانوکامپوزیت تجاری موفق بوده، هم اکنون نیز بیشترین کاربرد را در میان انواع مختلف نانوکامپوزیت‌ها دارند. تویوتا از رزین نایلون ۶ در نانوکامپوزیت مذکور استفاده کرد. اخیراً نانوکامپوزیت‌هایی از این دست که شامل نایلون ۶-۶، نایلون ۱۱ و نایلون ۱۲ می‌باشند نیز ساخته شده‌اند.

از آن زمان تاکنون، تویوتا مجوز فناوری نانوکامپوزیت نایلونی خود را به شرکت‌های Ube Industries در ژاپن و Nanocor در ایالات متحده واگذار کرده است. همچنین، شرکت Nanocor مجوز این فناوری را به شرکت‌های کوچکی که به دنبال ساخت نانوکامپوزیت‌های نایلون۶ هستند، واگذار می‌کند.

- کاربردهای خودروسازی

نایلون‌های پرشده با مونتموریلونیت نسبت به نایلون خالص دارای چندین مزیت عملی، به ویژه در مورد مقاومت در برابر حرارت، می‌باشند. به همین دلیل، این مواد برای ساخت قطعات موتور و سایر اجزای درونی اتومبیل مانند تسمه تنظیم زمان (که به مقاومت حرارتی و وزن سبک‌تر نیاز است) مناسب می‌باشند.

- کاربردهای بسته‌بندی

ویژگی‌های انسدادی خوب نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت موجب شده است تا از آنها به شکلی گسترده در کاربردهای بسته‌بندی غذا استفاده شود. این کاربردها شامل پوشش‌های تک لایه و چند لایه و حتی کانتینرهای پلاستیکی است. پوشش‌های ساخته‌شده با این نانوکامپوزیت‌ها، نسبت به نایلون خالص، نرخ انتقال اکسیژن را تا ۵۰ درصد کاهش داده و موانع بهتری در برابر سایر گازها، مواد شیمیایی و بوها می‌باشند. این پوشش‌ها سخت‌تر و صلب‌تر از پوشش‌های معمولی هستند.

- کاربردهای علوم زیستی

به دلیل الاستیسیته و مقاومت مکانیکی خوب نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت از آنها در ابزارهای پزشکی مانند سوندها استفاده می‌شود. هم اکنون حداقل شرکت Foster Corp به دنبال دستیابی به این بازار می‌باشد.

ب) TPO/مونتموریلونیت

در نانوکامپوزیت‌های TPO/مونتموریلونیت، از نانوذرات خاک رس برای افزایش سختی، شکل‌پذیری در دمای پایین و مقاومت در برابر خراش بهره گرفته می‌شود. این مواد جلا و زیبایی سطحی بالا و بین ۱۰ تا ۲۰ درصد صرفه‌جویی وزنی دارند.

www.ShimiEdia.ir

مزیت دیگر این نانوکامپوزیت‌ها قابلیت به کارگیری آنها در تجهیزات قالب‌گیری کنونی است. کاربردهای نانوکامپوزیت‌های خاک رسی TPO/مونتموریلونیت در صنعت خودروسازی در حال افزایش است.

- کاربردهای خودروسازی

نانوکامپوزیت‌های مذکور برای ساخت پلکان در مینی ون‌های شرکت جنرال موتورز (GMC Safari/Chevrolet Astro) به کار گرفته شده‌اند. البته حجم این کاربرد زیاد نیست (سالانه حدود ۱۰۰۰۰ پلکان تولید می‌شود) . این شرکت در اوایل سال ۲۰۰۴ نیز از این نانوکامپوزیت‌ها در قطعات تزیینی داخلی اتومبیل Chevrolet Impala استفاده کرد.

در سال ۲۰۰۵ در خودروهای Hummer H2 SUT، که در سال ۲۰۰۴ معرفی شدند، از خاک رس استفاده شد. تعداد زیادی از این خودروها (تقریباً ۲۰۰۰۰۰ خودرو در سال) تولید شده‌اند و برای تولید آنها تقریباً به ۵۰۰۰۰۰ پوند تقریبا ۲۵۰ تن نانوکامپوزیت است. احتمالاً در سال‌های آینده شاهد کاربردهای جدیدی در این حوزه خواهیم بود.

پ) EVA/ مونتموریلونیت

نانوکامپوزیت‌های EVA/ مونتموریلونیت، بدون استفاده از هالوژن‌ها، در برابر سوختن بسیار مقاوم هستند. عدم استفاده از هالوژن‌ها برای برخی از بازارها، مانند اروپا، مزیت قابل توجهی است زیرا در این بازارها مؤسسات مختلفی وجود دارند که مانع عرضه مواد هالوژن‌دار برای برخی از کالاها می‌شوند.

- کاربردهای مربوط به مواد نسوز

در صنعت مواد نسوز مقادیر قابل توجهی از ترکیبات هالوژن دار استفاده می‌شود. انتظار می‌رود که در این صنعت استقبال ویژه‌ای از مواد نانوکامپوزیتی EVA/ مونتموریلونیت نسوز بدون هالوژن شود. علاوه بر این، مزیت دیگر نانوکامپوزیت‌های مذکور، ساخت و به کارگیری آسان آنهاست.

تاکنون مهم‌ترین کاربرد تجاری نانوکامپوزیت‌های EVA/ مونتموریلونیت، در پوشش سیم‌ها و کابل‌های الکتریکی بوده است. آزمایش‌های گرماسنجی نشان‌دهنده کاهش مطلوب در حرارت آزاد شده در مقادیر نسبتاً پایین (۳ تا ۵ درصد) است. همچنین این مواد خواص مکانیکی، مقاومت شیمیایی و پایداری حرارتی بسیار خوبی دارند.

ت) پلی‌پروپیلن/مونتموریلونیت

ویژگی‌های مفید نانوکامپوزیت‌های PP/مونتموریلونیت عبارتند از:

- مدول انعطاف‌پذیری بالا
- مقاومت بالا در برابر ضربه
- چگالی حجمی پایین
- مقاومت در برابر خراش

این ویژگی‌ها سبب می‌شود در آینده از این مواد در قطعات خودرو، صنعت بسته‌بندی و سایر صنایع استفاده شود.

- کاربردهای خودروسازی

از این مواد برای اولین بار در پشتی صندلی خودروی Acura TL 2004 استفاده شد. همچنین کنسول مرکزی یک کامیون مدل ۲۰۰۶ از نانوکامپوزیت PP/مونتموریلونیت ساخته شده است.

در کوتاه‌مدت انتظار می‌رود بیشتر کاربردهای نانوکامپوزیت‌های PP/مونتموریلونیت در صنعت خودروسازی، به جایگزینی کاربردهای کنونی PP محدود شود، اما در آینده می‌توان منتظر جایگزینی نانوکامپوزیت‌های PP با فلزات و ترموپلاستیک‌های مهندسی بود.

- کاربردهای مربوط به مواد نسوز

شرکت Nanocor توانسته است نانوکامپوزیتی با میزان خاک رس ۴۰ تا ۵۰ درصد در PP تولید کند. این ماده برای حفاظ‌های الکتریکی دارای بار بالا به‌کار می‌رود. این ماده در برابر سوختن مقاومت بالایی دارد و پارامترهای لازم برای چقرمگی دما-پایین و سازگاری با تغییرات آب و هوایی را دارد. استفاده از نانوکامپوزیت‌های مذکور می‌تواند به ۱۸ درصد صرفه‌جویی وزنی منجر شود. همچنین به کمک این مواد می‌توان برای رسیدن به یک درجه UL مشخص، از افزودنی‌های FR با هالوژن کمتر استفاده کرد.

- سایر کاربردها

هم اکنون، تعدادی از سازندگان و مصرف کنندگان، به بررسی کاربردهای نانوکامپوزیت‌های PP/مونتموریلونیت در

www.ShimiPedia.ir

بسته‌بندی، تجهیزات اداری، کالاهای خانگی، لوله‌ها و سایر مواد ساختمانی مشغول هستند.

ث) پلی‌اتیلن/مونتموریلونیت

ویژگی‌های این مواد مشابه نانوکامپوزیت‌های PP/مونتموریلونیت است.

- کاربردهای بسته‌بندی

کاربردهای تجاری نانوکامپوزیت‌های PE/مونتموریلونیت شامل کانتینرهای از جنس HDPE برای حمل تولوئن و سایر هیدروکربن‌های سبک هستند.

- کاربردهای خودروسازی

این نانوکامپوزیت‌ها برای بیشتر قطعات داخلی و بیرونی اتومبیل مناسب هستند.

ج) استال/مونتموریلونیت

نانوکامپوزیت‌های استال/مونتموریلونیت در دهه ۱۹۹۰ به منظور کاربردهای خودروسازی و الکترونیک ساخته شدند. نانوکامپوزیت‌های استالی در مقایسه با پلیمرهای پرنشده استال، ۴۰ درصد مدول انعطاف‌پذیری بیشتر و ۴۵ درجه فارنهایت مقاومت حرارتی بالاتری دارند. در حال حاضر چندین شرکت سازنده ژاپنی به فروش نانوکامپوزیت‌های استال/خاک رس اشتغال دارند.

چ) نایلون/فلوئورید میکا

نانوکامپوزیت‌های نایلون/فلوئورید میکا ویژگی‌هایی مشابه نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت دارند. تاکنون کاربردهای اصلی این مواد در صنعت خودروسازی بوده است.

- کاربردهای خودروسازی

شرکت Unitika Co در ژاپن، نانوکامپوزیت‌های نایلون۶/میکا را برای قالبگیری تزریقی ساخته است. محصولات این شرکت در آمریکای شمالی توسط Toyota Tsusho توزیع می‌شود. شرکت میتسوبیشی موتورز نانوکامپوزیت‌های این شرکت را برای ساخت پوشش مدل‌های GDI موتورهای خود به کار گرفته است. استفاده از این نانوکامپوزیت‌ها، به کاهش ۲۰ درصدی در وزن و پرداخت سطح عالی منجر می‌گردد.

ح)بوتیل/ورمیکولیت

صفحات کوچک ورمیکولیتی لایه لایه‌شده که در نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکولیت وجود دارند، منشأ اصلی ویژگی‌های انسدادی این ماده می‌باشند. به دلیل نسبت عرض به ارتفاع بالای این مواد (۱۰۰۰۰۰: ۱)، مسیر عبور هوا و یا سایر گازها طولانی‌ترشده و عملاً به این گازها اجازه عبور داده نمی‌شود.

هم اکنون کاربردهای عمده نانوکامپوزیت‌های مذکور، کالاهای ورزشی است، گرچه انتظار می‌رود در آینده کاربردهایی از سایر حوزه‌ها مانند تایرها نیز به این مجموعه اضافه شوند.

- کاربردهای مربوط به محصولات مصرفی

شرکت Wilson Sporting Goods هسته توپ‌های تنیس دو هسته‌ای خود را با نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکولیت پوشش داده است. این شرکت توانست، ویژگی‌های فشاری و جهشی این توپ‌ها را تا دو برابر توپ‌های معمولی افزایش دهد. همچنین شرکت TaylorMade پتنتی در زمینه طرح یک توپ گلف که در هسته، پوشش و یا لایه‌های درونی آن از نانوکامپوزیت‌های خاک رسی استفاده شده است، به ثبت رسانده است و قصد دارد چنین توپی را وارد بازار کند. اطلاعات دقیقی در مورد فناوری نانوکامپوزیتی این شرکت در دسترس نیست اما احتمال می‌رود فناوری به کار رفته در این توپ‌ها مشابه فناوری توپ‌های تنیس شرکت Wilson باشد.

- سایر کاربردها

شرکت InMat، که سازنده پوشش‌های مانعی بوتیل/ورمیکولیتی مورد استفاده در توپ‌های تنیس شرکت Wilson است، قصد دارد در آینده، این فناوری را به شرکت‌های سازنده تایر بفروشد.

۳۲۳۱۲۳ نانوکامپوزیتهای پلیمر/رس دیگر در حال توسعه

تمام کامپوزیت‌های پلیمر/نانوخاک رسی که پیش از این به آنها اشاره شد، مصرف تجاری (هر چند محدود) دارند. در این بخش به نانوکامپوزیت‌های پلیمر/خاک رسی پرداخته می‌شود که در دست توسعه بوده و (یا) تاکنون به شکل قابل توجهی وارد بازارهای تجاری نشده‌اند.

www.ShimiPedia.ir

جدول۲ - نانوکامپوزیت‌های خاک رسی دیگر		
ماتریس/پرکننده	ویژگی‌های اصلی	کاربردها
PET/مونتموریلونیت	ویژگی‌های انسدادی	بسته‌بندی
EVOH/مونتموریلونیت	ویژگی‌های انسدادی	بسته‌بندی
کلروپرن، لاستیک نیتریل، پلی‌استر/ مونتموریلونیت	ویژگی‌های انسدادی	کالاهای ورزشی تایرها

تعداد دیگری از نانوکامپوزیت‌های پلیمر/خاک رس در منابع و نشـریاتِ فنی و تجاری آورده شده‌اند اما در جدول بالا ذکر نشده‌اند، زیرا این مواد یا تاکنون تجاری نشده و یا BCC Research نتوانسته است نمونه‌های خاصی از کاربردهای تجاری آنها را تشخیص دهد. در ادامه نانوکامپوزیت‌های ذکر شده در جدول توضیح داده می‌شوند.

الف) PET/مونتموریلونیت

در گذشـته تمایل زیادی به تجاری‌سـازی نانوکامپوزیت‌های PET/مونتموریلونیت برای کاربردهای انسدادی مانند بطری‌ها وجود داشت. شرکت ایستمن (Eastman)، یکی از بزرگ‌ترین سازندگان بطری‌های PET، در دهه ۱۹۹۰ به منظور تولید یک PET کامپوزیتی نانورسی، با شرکت Nanocor به همکاری پرداخت. البته شرکت ایستمن در سال ۲۰۰۱ در حالی که پتنت‌های خود را در دانشگاه کارولینای جنوبی به ثبت می‌رساند، تحقیقات خود را روی نانوکامپوزیت‌های PET متوقف ساخت و برخی از تحقیقات خود را به شرکت Nanocor منتقل ساخت.

دو شـرکت Dow Chemical و Honeywell نیز از شـرکت‌هایی هستند که در گذشـته پروژه‌های تحقیق و توسعه در زمینه کامپوزیت‌های PET/رس داشته‌اند. با این حال به نظر می‌رسد هم اکنون هر دو شرکت مذکور، تحقیقات خود را در این زمینه محدود کرده و یا عملاً متوقف کرده‌اند.

از آنجایـی که هم اکنـون هیچ تلاش اساسـی و فزاینده‌ای برای تجاری‌سـازی کامپوزیت‌هـای PET/نانورس وجـود ندارد، BCC Research پیش بینی می‌کند احتمالاً این نانوکامپوزیت‌ها در ۵ سال آینده تجاری نخواهند شد. همچنین محققان در تلاشند تا نانوکامپوزیت‌های نایلون/رس را به صورت لایه‌هایی به همراه پلی‌اتیلن در، برخی از کاربردهای بطری‌سازی استفاده کنند.

ب) EVOH/مونتموریلونیت

ارتش ایالات متحده از تحقیقات روی کاربردهای ممکن برای نانوکامپوزیت‌های EVOH در شکل جدید بسته‌بندی غذاهای آماده (MREs) حمایت مالی می‌کند. هدف از تحقیقات مذکور کاهش هزینه بسته‌بندی MRE و همچنین حذف لایه انسدادی فویل آلومینیوم (که در بسته‌بندی‌های کنونی استفاده می‌شود) و جایگزینی آن با یک لایه نانوکامپوزیتی است. به این ترتیب، بدون کاهش قابلیت ذخیره‌سازی مواد غذایی، میزان زباله ایجاد شده توسط MRE کاهش می‌یابد.

در آزمایش‌ها نشـان داده شـد که نانوکامپوزیت‌های EVOH/مونتموریلونیت، قابلیت لازم برای حفاظت در برابر اکسیژن را دارند. البته این ویژگی‌های به دما و رطوبت بسـتگی دارد. یکی از راه حل‌های این مشـکل، قرار دادن لایه‌های نانوکامپوزیتی EVOH در بین لایه‌های LDPE است.

پ) سایر مواد ماتریسی/ورمیکولیت

علاوه بر نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکولیتی مورد استفاده در پوشش‌های توپ تنیس، شرکت InMat پوشش‌های انسدادی هوایی بر پایه سایر مواد ماتریسی مانند کلروپرن، لاستیک نیتریل و پلی استر ساخته است.

۳۱۴ کاربردها

بخش قبل به بررسی گونه‌های مختلف نانوکامپوزیت‌های رسی و کاربردهای آنها اختصاص داشت. در جدول زیر کاربردهای اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی آورده شده‌اند و برای هر کاربرد، نانومواد مورد استفاده و یا در حال توسعه ذکر شده‌اند. کاربردهای مذکور عبارتند از: بسته‌بندی، اجزای خودرو، بهداشت و سلامت، محصولات مصرف کنندگان و مواد نسوز.

www.ShimiPedia.ir

جدول۳- کاربردهای اصلی کامپوزیت‌های دارای رس		
کاربرد	نوع نانوکامپوزیت خاک رسی	وضعیت تجاری
خودروسازی	نایلون/مونتموریلونیت	تجاری
	TPO/مونتموریلونیت	تجاری
	PP/مونتموریلونیت	تجاری
	استال/مونتموریلونیت	تجاری
	نایلون/فلوئورید میکا	تجاری
	PE/مونتموریلونیت	در دست توسعه
	لاستیک بوتیل/ورمیکیولیت	در دست توسعه
بسته‌بندی	نایلون/مونتموریلونیت	تجاری
	PE/مونتموریلونیت	تجاری
	PP/مونتموریلونیت	در دست توسعه
	PET/مونتموریلونیت	در دست توسعه
	EVOH/مونتموریلونیت	در دست توسعه
علوم زیستی	نایلون/مونتموریلونیت	تجاری
محصولات مصرفی	لاستیک بوتیل/ورمیکیولیت	تجاری
	PP/مونتموریلونیت	در دست توسعه
مواد نسوز	EVA/مونتموریلونیت	تجاری
	PP/مونتموریلونیت	در دست توسعه

۳۱۳۴۱ خودروسازی

اولین کاربردهای تجاری نانوکامپوزیت‌های رسی (نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت) در بخش خودروسازی بوده است. از آن زمان تاکنون، انواع دیگری از نانوکامپوزیت‌های رسی (نانوکامپوزیت‌های PP، TPO و استال با پرکننده‌های مونتموریلونیت و فلوئورید نایلون/میکا) برای تولید تجاری قطعات خودرو استفاده شده‌اند. علاوه بر این، هم‌اکنون تلاش‌هایی برای استفاده از نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکیولیت به عنوان لایه‌های انسدادی هوا در تایرها در حال انجام است.

۳۲۴۱۳ بسته‌بندی

هم اکنون کاربردهای نانوکامپوزیت‌های رسی در بخش بسته‌بندی، به ویژه برای محصولات غذایی، در حال افزایش است. برای این کاربردها بیشتر از نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت استفاده می‌شود. البته نانوکامپوزیت‌های PE/مونتموریلونیت نیز در بخش بسته‌بندی، به عنوان مثال در ساخت کانتینرهای حمل تولوئن و سایر هیدروکربن‌های سبک، به صورت محدود کاربرد دارند..

همچنین نانوکامپوزیت‌های رسی دارای PET، PP و EVOH نیز در بخش بسته‌بندی کاربردهای بالقوه‌ای دارند. البته بنا به اطلاعات BCC Research، هنوز هیچ کدام از آنها تجاری نشده‌اند.

۳۳۴۱۳ بهداشت و سلامت

هم اکنون حداقل یک شرکت به دنبال اصلاح نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت به‌منظور استفاده در ابزارهای پزشکی (مانند سوندها) می‌باشد.

www.ShimiPedia.ir

۳۱۳۴۴ محصولات مصرفی

نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکولیتی در توپ‌های تنیس مورد اســتفاده قرار گرفته‌اند و می‌توان از آنها در توپ‌های گلف نیز به شکل تجاری استفاده کرد. هم اکنون تلاش‌هایی برای استفاده از نانوکامپوزیت‌های PP/مونتموریلونیت در لوازم خانگی در حال انجام است.

۳۱۳۴۵ مواد نسوز

یکی از شناخته شده‌ترین کاربردهای تجاری نانوکامپوزیت‌های خاک رسی، پوشش EVOH/مونتموریلونیتی برای سیم‌ها و کابل‌هاســت. به تازگی شرکت Nanocor یک ماده PP/مونتموریلونیتی برای استفاده در پوشش‌های الکتریکی سیم‌های ولتاژ بالا ساخته است. چنین پوشش‌هایی باید در برابر سوختن بسیار مقاوم باشند.

۳۱۳۵۱ سازندگان

در جدول زیر ســازندگان و عرضــه کنندگان اصلی نانوکامپوزیت‌های پلیمری پرشــونده با رس، آورده شــده‌اند. اکثر این شرکت‌ها از نانو رس‌های شرکت Southern Clay Products و یا Nanocore استفاده می‌کنند.

جدول۴ - عرضه کنندگان نانوکامپوزیت خاک رسی

عرضه‌کننده	نام محصول	رزین ماتریسی	کاربرد (های) اصلی
Aloca CSI		نایلون ۶	بسته‌بندی
Basell Polyolefins		TPO	خودروسازی
Bayer AG	Durethan	نایلون ۶	بسته‌بندی
Clariant		PP	بسته‌بندی
Foster Corp	Nanomed	نایلون ۱۲	ابزارهای پزشکی
Honeywell	Aegis	نایلون ۶	قطعاتِ رنگ شده خودرو
InMat	Air D-Fense Nanolok	بوتیل PE نئوپرن کلروپرن لاستیک نیتریل	کالاهای ورزشی بسته‌بندی تایرها محافظ‌های شیمیایی دستکش‌ها
Kabelwerk Eupen		EVA	سیم و کابل
LG Chem		HDPE	بسته‌بندی
Mitsubishi Chemical	Imperm	نایلون ۶	بسته‌بندی
Noble Polymers	Forte	PP	قطعات خودرو لوازم خانگی تجهیزات اداری
Polymeric Supply		پلی استر اشباع‌نشده	دریانوردی حمل ونقل
PolyOne	Nanoblend Maxxam LST	PP PE	قطعات خودرو بسته‌بندی مواد نسوز

www.ShimiPedia.ir

جدول۴ - عرضه کنندگان نانوکامپوزیت خاک رسی			
عرضه‌کننده	نام محصول	رزین ماتریسی	کاربرد (های) اصلی
RTP		نایلون ۶ PP	رساناهای الکتریکی کاربردهای چند منظوره
Showa Denko	Systemer	نایلون ۶ استال	مواد نسوز کاربردهای چند منظوره
Ube	Ecobesta	نایلون ۶ استال	سیستم‌های سوخت اتومبیل بسته‌بندی کاربردهای چند منظوره
Unitika	Nylon M۲۳۵۰	نایلون ۶	کاربردهای چند منظوره
Yantai Haili Industry and Commerce		UHMPWE	مواد مقاوم در برابر زلزله لوله ها

شرکت Alcoa Closure Systems International یا Alcoa CSI، که عرضه‌کننده خدمات بسته‌بندی است، یک واحد تجاری Aloca است که به‌تازگی به دنبال ثبت پتنتی در مورد پوشش‌های داخلی است که در قسمت در بطری‌های پلاستیکی، آبمیوه و یا نوشیدنی‌های گازدار بدون الکل کربنه استفاده می‌شوند. پوشش‌های مذکور شامل یک لایه از کامپوزیت نایلون۶/ خاک رس به همراه یک یا دو لایه ی EVA با زداینده‌های اکسیژن می‌باشند.

شرکت Basell Polyolefins، شریک خطرپذیر شرکت‌های BASF و Shell، یکی از بزرگترین عرضه کنندگان پلی اتیلن و محصولات پلی اولفینی پیشرفته می‌باشد. این شرکت و شرکت‌های جنرال موتورز و Southern Clay Products، در پروژه‌ای مشترک، یک پلکان نانوکامپوزیتی مبتنی‌بر اولفین‌های ترموپلاستیکی برای دو مدل از ون‌های شرکت جنرال موتورز تولید کرده‌اند.

شرکت Bayer AG، دومین سازنده محصولات شیمیایی در سطح جهان، گونه‌های مختلفی از مواد لایه‌ای انسدادی از جنس نایلون/خاک رسی را با نام تجاری Durethan تولید کرده و به فروش می‌رساند. این شرکت محصولات مذکور را با همکاری شرکت Nanocor تولید می کند.

شرکت Clariant International یکی از بزرگترین تولید کنندگان مواد شیمیایی خاص است که با شرکت Nanocor در زمینه توسعه مستربچ‌های PP/مونتموریلونیت برای کاربردهای بسته‌بندی لایه‌ای همکاری کرده است.

Nanomed ، محصول شرکت Foster Corp بیشتر در ابزارهای پزشکی مانند سوندهای درون عروقی یا بالون شکل به کار گرفته می‌شود. این محصول از نانوذرات رس و روش‌های ایجاد اتصال جانبی، برای افزایش مقاومت مکانیکی، قابلیت کشیده‌شدن و مقاومت در برابر سوختن، استفاده می کند.

شرکت Honeywell دسته‌ای از نانوکامپوزیت‌های نایلون/خاک رس را تحت نام تجاری Aegis تولید می کند که برای کاربردهای پلاستیکی، نوشیدنی‌های الکلی و کربنه مورد استفاده قرار می گیرند.

شرکت InMat فعالیت خود را به عنوان همکار برنامه توسعه Hoechst Research and Technology و یک تولیدکننده اصلی تایر آغاز کرد. در سال ۱۹۹۷، این برنامه به کشف یک نانوکامپوزیت لاستیک/ورمیکولیتِ لایه لایهٔ بوتیلی انعطاف‌پذیر منجر گردید. نفوذپذیری نانوکامپوزیت مذکور در برابر گازها، ۸۰ برابر کمتر از لاستیک نیتریل می‌باشد.

اولین کاربرد تجاری فناوری شرکت InMat، توپ تنیس دوهسته‌ای شرکت Wilson بود. گفته می‌شود که دوره زمانی حفظ فشار و جهش این توپ‌ها نسبت به توپ‌های معمولی حداقل دو برابر طولانی‌تراست. سایر کاربردهای بالقوه برای فناوری مذکور عبارتند از: تایرها، بتونه‌های رنگ، دستکش‌های لاستیکی محافظ، تجهیزات شناور، بالش‌ها و کیسه‌های هوا و کفش‌های دوندگان.

شرکت Kabelwerk Eupen یکی از بزرگترین عرضه کنندگان ابزارهای ارتباط از راه دور، تلویزیون کابلی و کابل‌های توزیع برق است. این شرکت با همکاری شرکت Sud-Chemie AG (که در ادامه به آن پرداخته می‌شود) توانسته است دسته‌ای از کابل‌های EVA/LDPE پرشده با نانوخاک رس را بسازد که ویژگی‌های آماده‌سازی و مقاومت در برابر سوختن بهتری دارند.

شرکت LG Chem که یکی از اعضای شرکت‌های گروه الجی است، مواد شیمیایی گوناگونی تولید می کند. این شرکت به منظور حمل و نقل تولوئن و سیالات هیدروکربنی سبک، کانتینرهای HDPE تک لایه‌ای که ویژگی‌های نفوذناپذیری خوبی داشته و با قالب‌گیری بادی تولید می‌شوند را، با ۳ تا ۵ درصد نانوخاک رس، ساخته است.

www.ShimiPedia.ir

شـرکت Mitsubishi Chemical از نانوخاک‌های شـرکت Nanocor در نایلون‌ها اسـتفاده کرده و لایه‌های انسدادی برای بطری‌هـای PET چنـد لایه و همچنین پوشـش‌هایی برای مـواد غذایی تولید می‌کنـد. نانوکامپوزیت نایلونی این شـرکت، Imperm N، در اروپا به صورت تجاری برای سـاخت بطری‌های PET چند لایه‌ای به کار گرفته شده‌اند. همچنین قابلیت این ماده برای استفاده در بطری‌های نوشیدنی بدون الکل کربنی کوچک، در دست بررسی است. سایر کاربردهای بالقوه Imperm عبارتند از:

- ظروف چند لایه شکل داده‌شده با حرارت، برای نگهداری گوشت و پنیر
- پوشش‌های چند لایه انعطاف‌پذیر برای پاکت‌های سیب زمینی و سس‌های گوجه فرنگی.

شـرکت Noble Polymers ترکیبات رزینی با کارآیی بالا و ابزارهای پلاسـتیکی تولید می‌کند. این شرکت، در سال ۲۰۰۳، نانوکامپوزیت مبتنی بر PP خود را با نام Forte تولید کرد. از نانوکامپوزیت مذکور، برای اولین بار، در سـاخت پشـتی صندلی خودروهای Honda Acura TL 2004 به صورت تجاری اسـتفاده شـد. بنا به اظهارات شـرکت Noble، نانوکامپوزیت Forte برای تولید کنسول مرکزی یک کامیون سبک مدل ۲۰۰۶ به کار گرفته شد. سایر کاربردهای ماده مذکور عبارتند از: تجهیزات اداری (جایگزینی ۲۰ درصد PP پرشده با شیشه) و لوازم خانگی.

شـرکت PolyOne ارائه‌دهنـده بین المللی خدمات پلیمری در زمینه‌ها ترکیبات ترموپلاسـتیک، آماده‌سـازی پلیمر ویژه و سیستم‌های رنگی و افزودنی است. محصول Nanoblend این شرکت، شامل نانوپلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن برای قطعاتِ TPO داخلی و خارجی اتومبیل بسیار مناسب است. سایر کاربردهایی که برای این محصول بررسی می‌شوند، پوشش‌های ضدِ نفوذ و پلیمرهای نسوز هستند.

شـرکت خصوصی RTP که یک تولید کننده پلاسـتیک‌های مهندسی اسـت، نانوکامپوزیت‌های نایلونی را در کاربردهای پوششـی و صفحه‌ای تجاری کرده اسـت. این شـرکت پلیمرهای نایلون، پلی‌کربنات و یا سـایر پلیمرهای مهندسی پرشده با نانولوله‌ها را عرضه می‌کند. RTP یکی از مهم‌ترین شرکت‌ها در زمینه پلیمرهای پراکنده‌ساز بار ساکن با رشته‌های بلند است.

شـرکت Showa Denko یکی از بزرگترین تولید کنندگان مواد شیمیایی و صنعتی در ژاپن است، که فروش آن شرکت در سـال ۲۰۰۵ بیش از ۷ میلیارد دلار بوده اسـت. Showa دسـته‌ای از کامپوزیت‌های نایلون ۶-۶/خاک رس را تحت نام تجاری Systemer تولید می‌کند.

شـرکت Süd-Chemie AG مواد شـیمیایی متنوعی تولید می‌کند. این شرکت ترکیبات EVA/PE بدون هالوژن برای سیم و کابل سـاخته که ۳ تا ۵ درصد نانوخاک رس و ۵۲ تا ۵۵ درصد تری هیدرات آلومینا یا هیدروکسـید منیزیم در ساختمان آنها وجود دارد. این اصلاحات به ارتقای ویژگی‌های مکانیکی، هموارترشدن کابل و سرعت اکستروژن بالاتر انجامیده است.

شـرکت Triton Systems در سـال ۱۹۹۲ به عنوان یک شـرکت تحقیق و توسـعه (R&D) برای آماده‌سازی محصولات و فرآیندها در بازارهای دولتی و تجاری شروع به کار نمود. هم اکنون این شرکت به منظور ارتقای ویژگی‌های انسدادی EVOH برای بسته‌بندی‌های با دوام، با ارتش ایالات متحده و ناسا همکاری می‌کند.

شـرکت Japan's Ube Industries یکی از اولین شـرکت‌هایی اسـت که نانوکامپوزیت تجاری تولید کرده است. محصول این شرکت که «هیبرید نایلون-خاک رس» یا NCH نام داشت از پلیمرهای نایلون۶ و پلیمرهای مشترک نایلون۶/۶-۶ تشکیل شـده بود و دارای کاربردهای پوششی و ساختمانی بود. کاربردهای تجاری NCH عبارتند از: پوشش‌های مانعی نایلون۶ برای بسته‌بندی مواد غذایی و یک پوشش تسمه تنظیم زمان برای موتورهای تویوتا.

شـرکت Unitika, Ltd در ژاپن، یکی از بزرگترین تولیدکنندگان نانوکامپوزیت‌های نایلون۶ برای کاربردهای خودروسازی اسـت. یکی از محصولات این شرکت، Nylon M2350 است که با استفاده از فناوری اختصاصی این شرکت ساخته می‌شود. در حین پلیمره‌کردن این محصول از یک سیلیکات مصنوعی استفاده می‌شود. این محصول توسط Mitsubishi Motors برای ساخت پوشش‌های موتورهای مدل GDI به کار رفت. استفاده از نانوکامپوزیت برای این کاربرد به کاهش ۲۰ درصدی وزن و همچنین پرداخت سطح عالی منجر می‌گردد. پوشش‌های براق و دسته‌های چاقو، سایر کاربردهای این محصول می‌باشند.

شرکت Yantai Haili با استفاده از نانوکامپوزیت‌های رسی، لوله‌های پلاستیکی مقاوم در برابر زلزله می‌سازد. BCC Research نتوانست اطلاعات بیشتری در مورد این محصول به دست آورد.

سـایر شـرکت‌هایی که در حال حاضر به تحقیق و یا توسـعه نانوکامپوزیت‌های پرشـده با رس اشـتغال دارند، عبارتند از: Dow Chemical و .DuPont شرکت Dow تحقیقات خود را روی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی طبیعی متوقف ساخته و بر روی اصلاح خاک‌های رس مصنوعی برای به کارگیری در نانوکامپوزیت‌ها متمرکز شـده است. چنانچه این تلاش‌ها به نتیجه برسند، شرکت Dow تنها شرکتی خواهد بود که به تولید همزمان نانوخاک رس و رزین اشتغال دارد.

از سال ۲۰۰۰، شرکت DuPont شصت میلیون دلار برای تأمین بودجه یک انجمن مشترک با MIT هزینه کرده است. هدف از ایجاد انجمن مذکور، ایجاد نسل جدیدی از مواد است که نانوکامپوزیت‌ها نیز شامل آنها هستند.

www.ShimiPedia.ir

۳۲۳ نانوکامپوزیت‌های سرامیکی

نانوکامپوزیت‌های سرامیکی شامل ذرات نانومقیاس سرامیک هستند که به عنوان پرکننده درون گونه‌های مختلفی از مواد ماتریسی، مانند پلیمرها و یا سایر سرامیک ها، پخش می‌شوند. سرامیک‌ها مواد غیر فلزی معدنی هستند که در پی یک عملیات حرارتی ساخته می‌شوند.

۳۲۳۱ مواد

مواد مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌های سرامیکی به دو دسته پرکننده و مواد ماتریسی تقسیم می‌شوند.

۳۲۳۱۱ پرکننده‌های سرامیکی

سرامیک‌ها به‌طور کلی چندین خصوصیت مطلوب دارند که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

الف) دوام شیمیایی

بیشتر سرامیک‌ها تقریباً در برابر تمام اسیدها، قلیاها و حلال‌های آلی مقاوم هستند. همچنین اکسیژن بر روی مواد سرامیکی بی‌تأثیر است، زیرا عموماً مواد موجود در سرامیک تمام ظرفیت جذب اکسیژن خود را کامل کرده‌اند و بنابراین حضور اکسیژن در محیط، تأثیری بر روی آنها نخواهد داشت.

ب) دوام مکانیکی

سرامیک‌ها در بین سایر مواد، دارای بیشترین مقاومت مکانیکی و سختی هستند. در حالت عادی، مقاومت فشاری این مواد در حدود ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (psi) است. این خصوصیت موجب می‌شود تا مقاومت سرامیک‌ها در برابر خراش بسیار بالا باشد.

پ) دوام حرارتی

بیشتر سرامیک‌ها می‌توانند دماهای بسیار بالا را تحمل کنند.

ت) مصارف

سیلیس، آلومینا، زیرکونیا، کاربید تنگستن و اورگانوسیلیکات‌ها از پرکننده‌های نانوسرامیکی هستند که در نانوکامپوزیت‌ها استفاده می‌شوند. . اورگانوسیلیکات‌ها متعلق به دسته‌ای از مواد به نام«سرامیک‌های هیبریدی هستند. سرامیک‌های هیبریدی در ادامه توضیح داده می‌شوند.

ث) سیلیس

سیلیس(SiO_2) معمولاً در طبیعت در اشکال سنگ ماسه، سیلیس و کوارتز یافت می‌شود. از این ماده، به‌طور گسترده، به عنوان یک ماده سرامیکی مجزا و یا در ساختمان سایر مواد سرامیکی استفاده شده است. ویژگی‌های اصلی سیلیس عبارتند از:

- مقاومت در برابر خراش
- ویژگی‌های دی الکتریکی و نارسانایی خوب
- پایداری حرارتی
- مقاومت شیمیایی (به عنوان مثال مقاومت در برابر تمام اسیدها به جز HF)

ج) آلومینا

آلومینا یا اکسید آلومینیوم (Al_2O_3)، ترکیبی شیمیایی از آلومینیوم و اکسیژن است که در میان خانواده سرامیک‌های مهندسی، مقرون به صرفه‌ترین و پرکاربردترین ماده است. مواد اولیه‌ای که این ماده سرامیکی کارآمد از آنها ساخته می‌شود، هم اکنون در دسترس و نسبتاً ارزان هستند.

آلومینا به دلیل داشتن ویژگی‌های زیر، ماده‌ای ارزان قیمت برای بسیاری از کاربردهاست:

- سختی، مقاومت به سایش
- مقاومت مکانیکی بالا و چقرمگی
- ویژگی‌های دی الکتریک بسیار خوب
- مقاومت در برابر اسیدها و بازهای قوی در دماهای بالا
- رسانایی حرارتی خوب

چ) زیرکونیا

دی اکسید زیرکونیوم (ZrO_2) که زیرکونیا نیز نامیده می‌شود، یک اکسید بلوری سفید رنگ از زیرکونیوم است، که بسیار

www.ShimiPedia.ir

مقاوم و دارای ویژگی‌های زیر است:
- محدوده دمایی تا ۲۴۰۰ درجه سانتیگراد
- چگالی بالا
- سختی و مقاومت به سایش بالا
- چقرمگی و مقاومت در برابر شکست بالا
- رسانایی حرارتی پایین (۲۰ درصد رسانایی آلومینا)

ح) کاربید تنگستن

کاربید تنگستن (WC یا W2C) ترکیبی از تنگستن و کربن است،که سختی بسیار بالای آن ماده موجب شده تا سازندگان ابزارهای برش، یاتاقان‌ها و سایر قطعات سایشی از این ماده استفاده کنند.

خ) اورگانوسیلیکات‌ها

اورگانوسیلیکات‌ها به دسته‌ای از مواد به نام سرامیک‌های هیبریدی تعلق دارند. این مواد در ساختمان خود اجزای مولکولی آلی و سرامیکی دارند.

۳ ۲ ۱ ۲ ۳ مواد ماتریسی

پلیمرها و فلزات/اکسید فلزات معمول‌ترین انواع مواد ماتریسی در نانوکامپوزیت‌های سرامیکی هستند.

الف) مواد ماتریسی پلیمری

بر خلاف مواد ماتریسی پلیمری مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌های رسی (که در بالا توضیح داده شدند) بیشتر رزین‌های مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌های سرامیکی از نوع رزین‌های ترموست هستند. به عبارت دیگر، این مواد تنها یک بار به کمک حرارت قالب‌گیری می‌شوند، زیرا پس از یک بار سخت شدن، با حرارت دادن به حالت اولیه بر نمی‌گردند.

- پلی اورتان (Polyurethane)

پلی‌اورتان به گروهی از پلیمرها اطلاق می‌گردد که شامل یک زنجیره از واحدهای آلی متصل شده با اتصالات اورتانی این ماده کاربردهای وسیعی، مانند پوشش‌دهی دارد.

ماده‌ای که در کاربرد پوشش دهی به آن پلی‌اورتان گفته می‌شود، یک پلیمر ترموپلاستیک است که از طریق واکنش چگالش یک پلی ایزوسیانات (polyisocyanate) و یک ماده هیدروکسیل‌دار ساخته می‌شود. معمولاً در پوشش دهی پلی اورتان برای زیرلایه‌های چوبی، از صمغ گیاهان (تخم برزک، سوی (soy) و غیره) برای افزایش انعطاف پذیری و چسبندگی، بهره گرفته می‌شود.

ویژگی‌های پلی‌اورتان عبارتند از:
- مقاومت در برابر ضربه و عدم فرسایش در معرض هوا
- مقاومت در برابر خراش
- جلا و زیبایی بالا
- مقاومت در برابر اسیدها و بازها
- چسبندگی به زیرلایه‌ها

- اپوکسی

اپوکسی یا پلی‌اپوکسید یک پلیمر اپوکسید ترموست است که پس از ادغام با یک عامل کاتالیزکننده یا «سخت ساز» سخت می‌گردد. معمولاً رزین‌های اپوکسی از طریق یک واکنش بین اپی کلروهیدرین و بیس‌فنل A ساخته می‌شوند. اپوکسی سخت و صلب است و مقاومت حرارتی و شیمیایی بسیار بالایی دارد. می‌توان مقاومت مکانیکی این ماده را با استفاده از پشتیبان‌های الیافی یا پرکننده‌های معدنی، زیادتر نمود.

ب) فلزات/اکسید فلزات

مواد ماتریسی فلزی و اکسید فلزی مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌های سرامیکی، دی اکسید تیتانیوم و کبالت هستند.

- دی اکسید تیتانیوم

در برخی از پوشش‌دهی‌های پاششی حرارتی نانوکامپوزیتی، پرکننده‌های سرامیکی مانند آلومینا با یک اتصال‌دهنده دی اکسید فلزی و یا فلزی، مانند دی اکسید تیتانیوم، ادغام می‌شوند. اتصال‌دهنده مذکور موجب می‌شود تا ذرات پرکننده در حین واکنش از طریق سینترینگ فاز مایع به یکدیگر بچسبند و به این ترتیب مقاومت و انعطاف پذیری نانوکامپوزیت افزایش یابد.

www.ShimiPedia.ir

• کبالت

کبالت به عنوان یک پرکننده فلزی دیگر، به همراه کاربید تنگستن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده ذرات کاربید تنگستن را از طریق سینترینگ فاز مایع، به یکدیگر متصل می‌کند.

پ) سایر مواد

علاوه بر مواد مذکور، فسفات کلسیم نیز در نانوکامپوزیت‌های سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

• فسفات کلسیم

در برخی از کاربردهای علوم زیستی مانند پرکننده‌های استخوانی، یک سرامیک مانند سیلیس با فسفات کلسیم ادغام می‌شود. فسفات کلسیم نام خانواده‌ای از مواد معدنی است که در طبیعت (به شکل صخره) و در اسکلت و دندان‌های حیوانات مهره‌دار یافت می‌شوند.

بیشتر فسفات‌های کلسیم قابلیت جذب مجدد دارند، به عبارت دیگر، این مواد تحت شرایط فیزیولوژیکی حل می‌شوند. این خصوصیت موجب شده تا بتوان از این مواد در آینده به عنوان پرکننده‌های استخوانی بهره گرفت، زیرا مواد مذکور به مرور زمان حل شده و با استخوان جایگزین می‌گردند.

۳۲۳۲ ساخت

در بخش قبل و در مورد نانوکامپوزیت‌های خاک رسی، چندین فناوری برای ادغام پرکننده‌های معدنی با مواد ماتریس پلیمری ترموپلاستیکی توضیح داده شدند. برای پلیمرهای ترموست نیز می‌توان از آن روش‌ها استفاده کرد. سایر فرآیندهایی که برای ساخت نانوکامپوزیت‌های سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند در ادامه شرح داده می‌شوند.

۳۲۳۲۱ مونومرهای دارای نیمه‌ی معدنی

شرکت Sciperio برای ساخت نانوکامپوزیت‌های ترموست از راهکار تقریباً متفاوتی استفاده کرده است. این شرکت به جای افزودن پرکننده و رزین در مراحل مجزا، مونومری که شامل یک نیمهٔ معدنی می‌باشد ساخته است. در حالت کلی دو دسته متفاوت از مونومرها وجود دارند: سیلیکات‌های اکریلات و سیلیکات‌های اپوکسی. در حین پلیمریزاسیون، مونومر مذکور یک پلیمر ناهمگن تولید می‌کند.

۳۲۳۲۲ ساخت در محلِ لایه‌های نانوکامپوزیت سرامیکی

پوشش‌های پاششی حرارتی نانوسرامیکی، به شکل «در محل» ساخته می‌شوند. فناوری پوشش دهی پاششی حرارتی از یک پودر تغذیه[2] استفاده می‌کند. این پودر از توده‌های میکرومقیاس ذرات سخت تشکیل شده است. برای ساخت پوشش می‌توان این پودر را مستقیماً با نانوذرات ادغام کرد و یا با یک ماده اتصال‌دهنده نانومقیاس که به راحتی ذوب و یکپارچه می‌گردد، پوشش داد.

در حین پاشش حرارتی، مواد نانوساختار به سرعت ذوب می‌شوند اما پودر لزوماً ذوب نمی‌گردد. پس از پاشش، نانومواد مذاب به درون فضاهای حفره‌ای بین ذرات پودری میکرومقیاس گرم شده (و نرم شده) نفوذ می‌کنند و با پرکردن این فضاها، یک پوشش چگال، محکم و یکپارچه به دست می‌آید.

برای به دست آمدن ویژگی‌های سایشی بهینه، باید کسر حجمی مواد پودری میکرومقیاس، بالا باشد؛ به عنوان مثال بین ۰/۵ تا ۰/۹ . پودر تغذیه مذکور می‌تواند شامل یک، دو و یا انواع بیشتری از ذرات با اندازه متفاوت و/یا ترکیب مختلف باشد. توزیع اندازه ذراتِ این پودر باید به شکلی باشد که فاز سخت دارای چگالی بالایی باشد.

۳۲۳۲۳ ساخت تودهای نانوکامپوزیتیِ WC/Co

کاربیدهای تنگستن سمانته، توده‌هایی از ذرات کاربید تنگستن هستند که توسط فلز کبالت از طریق سینترینگ فاز مایع به یکدیگر چسبیده‌اند. این مواد در سال‌های اخیر کاربردهای پودر فلزی قابل توجهی داشته و موفقیت تجاری زیادی کسب کرده‌اند. می‌توان با کاهش اندازه ذرات کاربید تنگستن تا حد نانو، چقرمگی و مقاومت در برابر شکست و سایشِ WC/Co را به طرز چشمگیری افزایش داد.

شرکت Nanodyne Corp توانست در دهه ۱۹۹۰ با همکاری دانشگاه روتگرز (Rutgers)، اولین فرآیند ساخت نانوذرات WC را طراحی و اجرا کند. فرآیند مذکور، یک فرآیند شیمیایی مرطوب بود که به‌صورت ناپیوسته به کار گرفته می‌شد.

همزمان با شرکت Nanodyne، شرکت بلژیکی Union Miniere نیز به این فرآیند دست پیدا کرد. البته این شرکت نتوانست

2. feedstock

www.ShimiPedia.ir

تولید WC نانوساختار را به حد تجاری برساند و سرانجام در سال ۲۰۰۱ تلاش‌های مربوطه را متوقف کرد.
اخیراً شـرکت Inframat Corp فرآیند متفاوتی برای سـاخت WC نانومقیاس اجرا کرده اسـت. آنها مانند فرآیند شـرکت Nanodyne از روش ترکیبِ شـیمیایی مرطوب ارزان قیمت اسـتفاده می‌کنند. این روش برای تولید حجم‌های متفاوت قابل تعمیم اسـت. با این حال برخلاف فرآیند شـرکت Nanodyne، فرآیند شرکت Inmat در یک مد تولید پیوسته به کار گرفته می‌شود.
در فرآیند شرکت Inframat Corp، مواد اولیه تنگستن و کربن، در سطح مولکولی و در یک محیط آبی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. تبدیلِ دما-پایینِ این مواد، به ایجاد یک میانی محصول حدواسط پیش-سرامیکی منجر می‌شود. با انجام مراحل بعدی فرآیند اختصاصیِ این شرکت روی پودر پیش-سرامیک مذکور، مواد WC بسیار ریز (با میانگین اندازه دانه ۴۰ نانومتر) تولید می‌شوند.
نانوذرات WC مذکور در توده‌هایی با اندازه میانگین ۰/۲ تا ۰/۴ میکرون بر روی هم انباشـته می‌شـوند. در نهایت، یک منبع کبالت به ذرات نهایی اضافه می‌شود تا یک کامپوزیت نانوساختارِ WC/Co ساخته شود.

۳۲۳۳ انواع و ویژگی‌ها

در جدول زیر گونه‌های اصلی نانوکامپوزیت‌های سـرامیک دار،که هم اکنون در حال اسـتفاده و یا در دست توسعه هستند، آورده شده‌اند.

جدول ۵ - گونه‌های اصلی نانوکامپوزیت‌های خاک رسی تجاری ویژگی‌ها و کاربردهای مهم

ماتریس/پرکننده	ویژگی‌های اصلی	کاربرد (ها)
پلی اورتان/آلومینا	مقاومت در برابر ضربه عدم فرسایش در معرض هوا مقاومت در برابر خراش، مقاومت شیمیایی چسبندگی به زیرلایه، جلا و زیبایی بالا	پوشش‌های پیش از پرداختِ کف ساختمان
دی اکسید تیتانیوم/آلومینا	مقاومت در برابر سایش چقرمگی چسبندگی به زیرلایه، شکل پذیری	پوشش‌های مورد استفاده در دریانوردی سایر پوشش‌های صنعتی
آلومینا/زیرکونیا	مقاومت در برابر سایش	ایمپلنت‌های مفصلی مصنوعی
اپوکسی/الیاف کربن/سیلیس	مقاومت مکانیکی	قاب راکت تنیس
پلی اورتان/اورگانوسیلیکات	مقاومت در برابر سایش	ایمپلنت‌های پزشکی
کبالت/کاربید تنگستن	سختی مقاومت در برابر سایش	ابزارهای برشی قطعات سایشی
فسفات کلسیم/سیلیس	قابلیت جذب مجدد در بدن چقرمگی مقاومت در برابر سایش	مواد جایگزین استخوان

۳۲۳۳۱ پلی اورتان/آلومینا

این ماده یکی از موفق‌ترین نانوکامپوزیت‌ها بوده است که از آن بیشتر در پوشش‌های پیش از پرداختِ کف ساختمان استفاده می‌شود. این نانوکامپوزیت ویژگی‌های سایشی را بهبود داده و جلوه ظاهری مناسبی (جلای سطح بالا) به وجود می‌آورد.

۳۲۳۲۳ دی اکسید تیتانیوم/آلومینا

نانوکامپوزیت‌های سرامیکی دارای اکسید تیتانیوم و آلومینا، نسبت به پوشش‌های پاششی حرارتی معمولی، مقاومت در برابر سـایش، چقرمگی، شـکل پذیری و چسبندگی به زیرلایه بسـیار بهتری دارند. البته هزینه بالای این پوشش‌های نانوکامپوزیتی موجب شـده اسـت تا از آنها تنها در دریانوردی و کاربردهای مربوطه استفاده شـود. با این حال طرفداران این ماده پیش بینی می‌کنند با کاهش قیمت، کاربردهای بسیار متنوع تری برای آن حاصل خواهد شد.

www.ShimiPedia.ir

۳۳۲۳۳ آلومینا/زیرکونیا
محققان اروپایی نانوکامپوزیت زیرکونیایی با ۲/۵ درصد وزن زیرکونیا ساخته‌اند که هم‌اکنون در دست توسعه است، اما به دلیل ویژگی‌های سایشی بسیار خوب، انتظار می‌رود به عنوان ایمپلنت‌های ارتوپدی به کار رود.

۳۳۲۳۴ اپوکسی/الیاف کربن/سیلیس
به تازگی یک کامپوزیت اپوکسی-گرافیت سرامیک‌دار که در آن نانوذرات SiO2 فضاهای بین الیاف گرافیتی را پر می‌کنند، برای به‌کارگیری در راکت‌های تنیس شرکت Wilson nPoint طراحی و ساخته شده است. استفاده از نانوذرات سرامیکی به سخت‌ترشدن و توان ضربه زنی قوی‌تر این راکت‌ها کمک می‌کند.

۳۳۲۳۵ پلی اورتان/اورگانوسیلیکا
نانوکامپوزیت‌های اورگانوسیلیکاتی پلی اورتانی توسط محققان دانشگاه کوینزلند (Queensland) در استرالیا ساخته شده است. آنها امیدوارند به کمک این مواد بتوانند محدودیت‌های موجود در کارآیی مکانیکی ابزارهای پزشکی همچون دریچه‌های مصنوعی قلب و دیسک‌های ستون فقرات را حذف کنند.

۳۳۲۳۶ کبالت/ کاربید تنگستن
شرکت Inframat در شُرُف تجاری‌سازی این نانوکامپوزیت است و برای این کار، به ایجاد یک سرمایه‌گذاری خطرپذیر مشترک با یک سازنده WC می‌اندیشد تا به این شکل مواد نانوکامپوزیتی WC/Co را به صورت انبوه تولید کند.
کاربیدهای تنگستن سیمانی ماکرومقیاس (توده‌هایی از ذرات کاربید تنگستن و فلز کبالت که از طریق سینترینگ فاز مایع به یکدیگر چسبیده‌اند) در متالوژی پودر کاملاً شناخته شده‌اند. این محصول، در عرض چندین سال، موفقیت تجاری قابل توجهی داشته است.
ویژگی‌های این کاربیدهای تنگستن سیمانی توسط ویژگی‌های مواد متشکله آنها (یعنی کاربید سخت و شکننده و اتصال‌دهنده نرمتر و انعطاف‌پذیرتر) تعیین می‌گردند. می‌توان با کاهش اندازه ذرات کاربید تنگستن تا مقیاس نانو، چقرمگی و مقاومت به سایش مواد WC/Co را به شکل چشمگیری افزایش داد.

۳۳۲۳۷ فسفات کلسیم/سیلیس
شرکت OssTech در کنتاکی یک نانوکامپوزیت فسفات کلسیم-سیلیسی حفره‌ای ساخته است که قابلیت جذب مجدد داشته و OsteONE نامیده می‌شود. این ماده برای کاربردهای ماکسیلوفشیال (maxillofacial) و ستون فقرات مناسب است.

۳۳۲۳۴ کاربردها
در جدول زیر کاربردهای اصلی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی آورده شده است. بیشتر این کاربردها در حال حاضر تجاری بوده و یا احتمال می‌رود تا ۵ سال آینده تجاری شوند.

جدول ۶ - کاربردهای اصلی کامپوزیت‌های حاوی سرامیک

کاربرد	نوع نانوکامپوزیت سرامیکی	وضعیت تجاری
پوشش‌های نهایی کف ساختمان	پلی اورتان/آلومینا	تجاری
پوشش‌دهی حرارتی	آلومینا/دی اکسید تیتانیوم	تجاری
ایمپلنت‌های ارتوپدی	زیرکونیا/آلومینا	در دست توسعه
	پلی اورتان/اورگانوسیلیکات‌ها	در دست توسعه
راکت‌های تنیس	اپوکسی/الیاف کربن/سیلیس	تجاری
ابزارهای برشی، قطعات سایشی	کبالت/کاربید تنگستن	در مرحله تولید آزمایشی
سیمان استخوان	فسفات کلسیم/سیلیس	نزدیک به تجاری شدن

www.ShimiPedia.ir

۳۲۳۲۴۱ کاربردهای پوشش‌ها

کاربردهای تجاری نانوکامپوزیت‌های سرامیکی در بخش پوشش‌ها عبارتند از: پوشش‌های نهایی (پرداخت) کف ساختمان و پوشش‌ها سرامیکی.

الف) پرداخت کف ساختمان

نانوکامپوزیت‌های سرامیکی صنعت پوشش‌های کف را آماده تسخیر کرده است. در حال حاضر، این کاربرد به ایجاد یکی از بزرگترین بازارهای نانوکامپوزیت‌ها انجامیده است. بیش از نصف کف‌های چوبی فروخته شده، از جنس پلی اورتان سخت شده با پرتو فرابنفش هستند. برای ساخت این کف‌ها از یک پوشش‌دهنده غلطکی استفاده می‌شود. در خط مونتاژ با استفاده از لامپ‌های فرابنفش، پلی اورتان را سخت می‌کنند. این مواد مقرون به صرفه، نسبتاً با دوام و بسیار زیبا هستند. البته مواد مذکور به سازندگان و یا تعمیرکنندگان منازل فروخته نمی‌شوند و مشتریان آنها شرکت‌های سازنده پوشش‌های چوبی آماده هستند.

معمولاً سازندگان پوشش‌های کف ساختمان، نانوذرات آلومینا را به پلی اورتان اضافه می‌کنند تا مقاومت سایشی و طول عمر پوشش را بدون کاهش جلا و زیبایی افزایش دهند. نانوذرات آلومینا به دلیل کوچکی، (حداقل در غلظت‌های نسبتاً پایین) پرتو نور مرئی را بازتاب نمی‌کنند.

ب) پوشش‌های پاششی حرارتی

هم اکنون ارتش ایالت متحده از پوشش‌دهی پاششی حرارتی نانوکامپوزیت سرامیکی (آلومینا/تیتانیا) برای کاربردهایی مانند شیرهای خروجی و محفظه هوای زیردریایی و شفت‌های جلوبرنده کشتی مین‌روب، بهره می‌گیرد. این پوشش‌ها در برابر سایش، فرسایش و خوردگی بسیار مقاومند و به دلیل شکل‌پذیری قابل قبول، برای کاربردهایی که در آنها نمی‌توان از پوشش‌های سرامیکی معمولی استفاده کرد، مناسب‌اند. پوشش‌های نانوسرامیکی آلومینا/تیتانیا نسبت به پوشش‌های سرامیکی معمولی، مقاومت سایشی را چهار تا شش برابر و چقرمگی و مقاومت چسبندگی را دو برابر افزایش می‌دهند.

در پوشش‌های پاششی حرارتی سرامیکی معمولی از ذراتی با اندازه ۰/۱ تا ۱/۰ میکرون استفاده می‌شود. ذراتی با این اندازه، رسانای خوب حرارت بوده و در حین فرآیند پوشش دهی کاملاً ذوب می‌شوند. در نتیجه یک سطح سرامیکی همگن به وجود می‌آید که نسبت به ترک مقاوم نیست.

مواد نانوساختاری که اندازه ذرات آنها کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر باشد، رسانای خوب حرارت نیستند. بنابراین هنگامی که یک سطح با یک لایه نانوساختار پوشش داده می‌شود، تمام ذرات ریز ذوب نمی‌شوند. به این ترتیب ماتریسی ایجاد می‌شود که شامل ساختارهای بزرگ و کوچک گردی است که در بین نانوذرات کروی شکل قرار می‌گیرند. چنین میکروساختاری به گیرافتادن ترک‌ها می‌انجامد و به این شکل از گسترش ترک‌ها جلوگیری می‌شود. به همین دلیل شکل‌پذیری و مقاومت مکانیکی این پوشش‌ها به شکل چشمگیری بالاست.

برای این پوشش‌ها، کاربردهای تجاری زیاد دیگری نیز وجود دارد، اما هزینه نسبتاً بالای آن (۳۰ تا ۵۰ دلار برای هر پوند)، محدودیت‌هایی در استفاده از آن ایجاد کرده است. علاوه بر کشتیرانی تجاری، کاربردهای غیرنظامی بالقوه دیگر آن شامل استخراج معدن، نفت و گاز و صنایع چوب و کاغذ است.

یکی از شرکت‌های استخراج معدن که کبالت و نیکل را از سنگ معدن با درصد کم جداسازی می‌کند، در حال آزمایش شیرهای توپی پوشش داده‌شده با Nanox است. این شیرها باید بتوانند فشار بالای وارد شده از طرف مخلوط آب و سنگ‌های خرد شده را در محیط بسیار اسیدی تحمل کنند.

سایر پوشش‌های نانوکامپوزیتی سرامیکی که در حال حاضر در دست توسعه هستند و انتظار می‌رود در آینده نزدیک عرضه شوند، پوشش‌هایی هستند که از سرامیک‌هایی مانند کاربید تنگستن، اکسید کروم و زیرکونیای پایدار شده با اکسید ایتریم استفاده می‌کنند. انتظار می‌رود هر کدام از این پوشش‌ها در آینده کاربردهای وسیعی داشته باشند. همچنین این مواد هزینه تعمیرات و نگهداری نظامی و تجاری را به مقدار زیاد کاهش می‌دهند.

۳۲۳۲۴۲ علوم زیستی

انواع مختلفی از ایمپلنت‌های پزشکی و سیمان‌های استخوان، از جمله کاربردهای علوم زیستی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی به‌شمار می‌روند.

الف) ایمپلنت‌های مفصل ران

میانگین عمر یک پروتز مفصل ران ۱۰ تا ۱۵ سال است ولی در بیماران فعال و دارای اضافه وزن، احتمال شکست پیش از موعد بسیار زیاد است. هم اکنون ائتلافی از مؤسسات تحقیقاتی و شرکای صنعتی از سه کشور اتحادیه اروپایی، مشغول بررسی نانوکامپوزیت‌های آلومینای تقویت شده با زیرکونیا با هدف ساخت ایمپلنت‌های مفصلی مصنوعی با عمر بیش از ۳۰ سال هستند. پروژه تحقیقاتی سه ساله‌ای که به این منظور در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ اجرا شده، تحت برنامه حمایتی GROWTH

www.ShimiPedia.ir

اتحادیه اروپا مورد حمایت مالی قرار گرفته است.
محققان برای تولید سرهای (heads) بدون عیب با مشکلاتی مواجه بوده‌اند و قصد دارند این مشکلات را با ساخت تجهیزات خشک‌کن پاششی و آسیاب گلوله‌ای جدید مرتفع نمایند. با رفع مشکلات مذکور و پیش از واردشدن ایمپلنت‌های جدید به خدمات رسمی پزشکی، این مواد باید چند سال تحت اصلاح و آزمایش بیمارستانی قرار گیرند.

ب) دیسک‌های ستون فقرات مصنوعی

انتظار می‌رود اولین کاربرد نانوکامپوزیت پلی‌اورتان/اورگانوسیلیکات که در دانشگاه کوینزلند توسعه می‌یابد، یک دیسک ستون فقرات باشد. انواع کنونی پروتزهای دیسکی ستون فقرات، عمر کوتاه و کارایی پایینی دارند، زیرا مواد زیستی کنونی مقاومت به سایش پایینی دارند.
اخیراً یک درخواست ثبت پتنت در استرالیا در زمینه یک دیسک پلی اورتان/اورگانوسیلیکاتی به ثبت رسیده است و چنانچه اصلاحات لازم روی این دیسک انجام شود، ممکن است محدودیت‌های موجود در مواد کنونی حذف شود. با این حال بهینه‌سازی ساخت، کاربرد، کارکرد مکانیکی و سازگاری زیستی نانوذرات، نیازمند پروژه‌های تحقیق و توسعه بیشتری است. گام مهم بعدی، ساخت نمونه‌های آزمایشیِ ابزارها و اعضا برای حیوانات آزمایشگاهی و انجام آزمایش‌های کامل سازگاری زیستی است.

پ) جایگزین‌ها و سیمان‌های استخوان

استخوان طبیعی یک نانوکامپوزیت است که از یک ماتریس الیافی کالوژنی تقویت شده با نانوبلورهای هیدروکسی‌آپاتیت ساخته شده است. هم اکنون مواد زیادی به عنوان جایگزین استخوان طبیعی در حال استفاده و یا توسعه هستند.
OsteONE یک جایگزین نانوکامپوزیتی استخوان است که به نظر می‌رسد به زودی تجاری خواهد شد. این محصول از جنس نانوکامپوزیت سیلیس-فسفات کلسیم بوده و با داشتن خواصی مانند تخلخل و قابلیت جذب مجدد، برای کاربردهای ارتوپدی، ستون مهره و ماکسیلوفشیال مناسب است. این محصول توسط شرکت OssTech، که یک شرکت نوپای واقع در کنتاکی است، ساخته شده است.

۳۴۲۳۳ محصولات مصرفی

هم اکنون نانوکامپوزیت‌های سرامیکی برای کاربردهای مربوط به محصولات مصرفی، مانند راکت‌های تنیس، مورد استفاده قرار می‌گیرند.
راکت‌های تنیس:
در راکت‌های تنیس شرکت Wilson's nCode از یک قاب نانوسرامیکی استفاده می‌شود که، شامل اپوکسی و الیاف کربن است و نانوذرات سیلیس برای افزایش مقاومت مکانیکی به آن افزوده شده‌اند.

۳۴۲۳۴۴ سایر کاربردها

سایر کاربردهای نانوکامپوزیت‌های سرامیکی (علاوه بر موارد ذکر شده) ، در ادامه توضیح داده می‌شوند.
ابزارهای برشی و قطعات سایشی:
کامپوزیت‌های نانودانه‌ای WC/Co می‌توانند جایگزینی برای مواد استاندارد مورد استفاده در ابزارها، قالب‌ها و قطعات سایشی باشند زیرا سختی و چقرمگی بالایی دارند.

۳۴۲۳۵ سازندگان

در جدول ۷ سازندگان و عرضه‌کنندگان مهم نانوکامپوزیت‌های سرامیکی آورده شده‌اند.

جدول ۷ - عرضه کنندگان نانوکامپوزیت سرامیکی

عرضه‌کننده	نام محصول	نانوکامپوزیت	کاربرد (های) اصلی
Inframat	Nanox ۲۶۱۳	آلومینا/تیتانیا	پوشش‌های مورد استفاده در دریانوردی
Pittsburgh Paint and Glass		پلی اورتان/آلومینا	پرداخت کف ساختمان
Valspar		پلی اورتان/آلومینا	پرداخت کف ساختمان

www.ShimiPedia.ir

جدول ۷ - عرضه کنندگان نانوکامپوزیت سرامیکی			
عرضه‌کننده	نام محصول	نانوکامپوزیت	کاربرد (های) اصلی
Wilson Sporting Goods	nCode	اپوکسی/کربن/سیلیس	راکت‌های تنیس
OssTech	OsteONE	فسفات کلسیم/سیلیس	مواد جایگزین استخوان

شرکت Inframat یک پوشش نانوکامپوزیتی سرامیکی مبتنی بر آلومینا و تیتانیا، برای کشتی‌های نیروی دریایی ایالات متحده می‌سازد. این محصول با نام تجاری Nanox 2613 شناخته شده است و در برابر سایش، فرسایش و خوردگی بسیار مقاوم است و به دلیل شکل پذیری قابل قبول، می‌توان از آنها به جای پوشش‌های سرامیکی معمولی استفاده کرد.
دو شـرکت Pittsburgh Paint and Glass و Valspar از سـازندگان بزرگِ پوشـش‌ها، رنگ‌ها و سایر محصولات مربوطه هستند و پوشش‌های نانوکامپوزیتی سرامیکی را برای کف‌های آماده ساختمان تولید می‌کنند.
شـرکت Wilson راکت‌های تنیس پرداخت شـده با nCode را تولید می‌کند. BCC Research قادر به شـناخت شـرکت عرضه‌کننده مواد نانوکامپوزیتی مورد استفاده در این راکت‌ها نبود.
شـرکت OssTech یک شـرکت نوپاست که مواد جایگزین اسـتخوان نانوکامپوزیتی به نام OsteONE می‌سازد. اطلاعات اندکی در مورد این شرکت در دست است.

۳۳ کامپوزیت‌های نانولوله کربنی

با ادغام نانولوله‌های کربنی با پلیمرها می‌توان از مقاومت مکانیکی و سایر ویژگی‌های نانولوله‌های کربنی به شکلی بهینه بهره گرفت. در این گزارش، کامپوزیتِ نانولوله کربنی به نانوکامپوزیتی گفته می‌شود که با پرکننده‌های مربوطه مشابه فولرین‌ها و نانوالیاف کربنی ساخته شده باشد.

۳۳۱ مواد

مواد مورد استفاده در کامپوزیت‌های نانولوله کربنی، پرکننده‌ها و مواد ماتریسی هستند.

۳۳۱۳ پرکننده‌ها

پرکننده‌های مورد استفاده در کامپوزیت‌های نانولوله کربنی، نانولوله‌ها، فولرین‌ها و نانوالیاف هستند.

الف) نانولوله‌های کربنی

نانولوله‌های کربنی، سـاختارهای کربنی طویل، توخالی و اسـتوانه‌ای شکل هستند که از رول شدن صفحات گرافیت تشکیل شده‌اند. نانولوله‌ها دو نوع تک‌دیواره یا SWNT و چنددیواره یا MWNT دارند.
SWNTها صفحات گرافیتی منفردی هستند که به شکل استوانه‌هایی با قطر ۱ تا ۲ نانومتر و طول چند نانومتر، پیچیده شده‌اند. همچنین MWNTها شـامل صفحات گرافیتی هستند که به شـکل استوانه‌های هم مرکز بسته، پیچیده شده‌اند. این لوله‌های هم مرکز با فاصله‌های وان دروالسـی ۳/۴ انگستروم از یکدیگر جدا شده‌اند. قطر خارجی MWNTها می‌تواند به ۵۰ نانومتر برسد و طول آنها در ابعاد میکرومتر است.

ب) فولرین‌ها

فولرین‌ها کره‌های توخالی هسـتند که حداقل از ۶۰ اتم کربن تشـکیل شـده‌اند. این مواد در پی چگالش کربن در فاز بخار در اتمسـفری از گازهای بی‌اثر ساخته می‌شـوند. فولرین‌ها ساختاری مشابه با گنبد هندسی دارند و به افتخار مخترع این گنبد هندسی، باکمینستر فولر به آنها باکی بال نیز گفته می‌شود.

پ) نانوالیاف کربنی

گروهی دیگر از پرکننده‌های کربنی نانومقیاس، که از جهاتی متفاوت با موارد قبل هسـتند، نانوالیاف کربنیِ رشـد کرده با بخار هستند. نمونه‌هایی از این مواد، محصولات تولید شده توسط Pyrograf Products (شرکت مشتق از Applied Sciences) هسـتند. نانوالیاف Pyrograf III که توسـط این شرکت تولید می‌شـوند، در ویژگی‌هایی مانند رسانایی حرارتی و الکتریکی، ویژگی‌های مکانیکی و مقاومت در برابر سوختن، با نانولوله‌ها رقابت می‌کنند. هم اکنون محققان در پی ارزیابی نانوالیاف کربنی

www.ShimiPedia.ir

برای استفاده به عنوان پرکننده در مواد ماتریسیِ نایلونی، پلی‌پروپیلنی و پلی‌اورتانی هستند.

۳۳۲۱۳ مواد ماتریسی

در حالت کلی، کامپوزیت‌های نانولوله کربنی از پلیمرهای متفاوتی ساخته می‌شوند و میزان بار نانولوله در این مواد بین ۲ تا ۵ درصد است. استفاده از نانولوله‌ها، ویژگی‌های متنوعی (بسته به نوع کاربرد) به کامپوزیت‌ها می‌بخشد. نمونه‌هایی از این خواص عبارتند از:

- مقاومت مکانیکی
- وزن سبک
- رسانایی
- ویژگی‌های پراکنده‌سازی الکتروستاتیک

در کاربردهای نانوکامپوزیتی تجاری، از MWNTها بیش از SWNTها استفاده شده است. هزینه بالای SWNTها، کاربردهای آنها را به چند کاربرد دفاعی و هوافضا محدود کرده است.

الف) پلیمرها

نایلون، پلی‌اورتان و اپوکسی دسته‌ای از ماتریس‌های پلیمری هستند که همراه با نانولوله‌های کربنی استفاده می‌شوند. این مواد، پیش از این و در بخش‌های نانوکامپوزیت‌های خاک رسی و سرامیکی، تشریح شده‌اند.

- پلی‌کربنات

پلی‌کربنات (PC)، پرکاربردترین پلیمر در ساخت ادوات الکترونیکی است. همچنین این ماده در بین رزین‌های پراکنده‌ساز بار ساکن دارای نانولوله، بیشترین کاربرد را داشته است.

- پلی‌بوتیلن ترفتالات

رزینِ پلی بوتیلنِ ترفتالات، از طریق واکنش بوتان‌دیول با دی‌متیل ترفتالات یا اسید ترفتالیک ساخته می‌شود. مقاومت در برابر حلال‌ها، مقاومت مکانیکی بالا، مقاومت حرارتی تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد و انقباض بسیار کم در حین شکل‌گیری، از ویژگی‌های پلی‌بوتیلن ترفتالات است. همچنین می‌توان با نشاندن مواد نسوز روی این ماده، مقاومت در برابر سوختن آن را بهبود داد. از پلی‌بوتیلن ترفتالات به شکل وسیعی در صنایع الکتریکی و الکترونیکی به‌عنوان عایق استفاده می‌شود.

- پلی‌فنیل اتر

پلی‌فنیل اتر زنجیره‌ای کوتاه از حلقه‌های بنزن است که با اتم‌های اکسیژن به یکدیگر متصل شده‌اند. شناخته شده‌ترین خصوصیت این ماده، پایداری حرارتی بسیار بالای آن است. به همین دلیل از این ماده به شکل گسترده‌ای در ساخت روانکارهای دما-بالا استفاده می‌شود. به دلیل وجود اتصالات اکسیژنی، پلی‌فنیل اتر انعطاف‌پذیر است و همین امر موجب شده است که کاربردهای این ماده در بخش خودروسازی افزایش یابد.

۳۳۲۳۲ فناوری‌های ساخت

برای ساخت کامپوزیت‌های نانولوله کربنی از فناوری‌های متفاوتی استفاده می‌شود که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

۳۳۲۳۱۲ فرآیند اکستروژن جهت‌دار نانوکامپوزیتی

در این فرآیند، CNTها با استفاده از یک اکسترودر دوتایی با یک ماتریس پلیمری ادغام می‌شوند و لایه‌ای با ضخامت ۴۰ میکرون به دست می‌آید. معمولاً از پلی استایرن به عنوان ماده ماتریسی استفاده می‌شود، اما پلی‌کربنات، PETI-298، نایلون و اکریلیک نیز به کار می‌روند.

برای بهینه ساختن ویژگی‌های مکانیکی، الکتریکی و حرارتی کامپوزیت‌ها، نیاز است تا CNTها در زیرلایه پلیمری مورد استفاده، جهت‌گیری صحیحی داشته باشند. البته نیروهای واندر والسیِ نسبتاً قوی بین CNTها مانع ایجاد جهت‌گیری مطلوب می‌گردد.

برای همراستا ساختن CNTها، در فرآیند اکستروژن از یک قالب میکروکانال استفاده می‌شود. هم اکنون تحقیقات روی حلال‌های آلی و سورفکتنت‌ها به منظور یافتن راهی برای ایجاد توزیع مناسب، در حال انجام است. در همین راستا و به منظور بهینه‌سازی فرآیند مذکور، تحقیقاتی روی گونه‌های CNTها و میزان بارگیری آنها در حال انجام است.

همچنین محققان در پی یافتن راه‌هایی برای تولید انبوه صفحات نانوکامپوزیتی هستند. به این منظور باید جزییاتی مانند شکل هندسی قالب، طرح پیچ، فشار فرآیند و ویسکوزیته اکسترود کردن مورد بررسی قرار گیرند.

www.ShimiPedia.ir

۳۳۳۲۲ ساخت لایه‌ای

نانولوله‌هایی که به یک پلیمر ماتریسی اضافه می‌شوند، تمایل دارند به شکل توده‌هایی روی هم انباشته شوند، لذا اثر آنها کاهش می‌یابد. یکی از راه حل‌های این مشکل، ساخت لایه‌های تک مولکولی کامپوزیتی است. در این روش ابتدا یک صفحه پلیمری را در یک محلول CNT-آب غوطه‌ور می‌کنند و به این شکل، یک لایه منفرد از مولکول‌های CNT، به سطح صفحه مذکور می‌چسبد. سپس به منظور تقویت چسبندگی، سطح مذکور تحت حرارت و یا یک واکنش شیمیایی قرار می‌گیرد. پس از این مرحله، ماده حاصله در یک محلول پلیمری غوطه‌ور شده و فرآیند قبلی بار دیگر تکرار می‌شود. به این ترتیب، یک کامپوزیت چند لایه ساخته می‌شود.

گرچه روش مذکور دشوار و پرزحمت است اما راهی ارزان و مؤثر برای پخش یکنواخت نانولوله‌ها درون کامپوزیت است. کامپوزیتی که به این شکل ساخته می‌شود از لحاظ مقاومت مکانیکی با کامپوزیت‌های کنونی مانند کاربید سیلیکون و کاربید تانتالیوم (که برای ساخت اجزای بسیار مقاوم در ابزارهای برشی، موتورهای جت و سایر کاربردهای هوافضا مورد استفاده قرار می‌گیرند) قابل مقایسه است.

۳۳۳۲۲ الیاف CNT

می توان الیاف کامپوزیتی نانولوله‌ای بسیار قوی را از طریق ادغام نانولوله‌ها با قیر، پلی‌وینیل الکل و یا سایر مواد ماتریسی ساخت. البته برای ساخت این مواد باید ابتدا مخلوط حاصله را تحت ریسندگی قرار داد و سپس به شکل الیاف، اکسترود کرد.

برای تولید الیاف کامپوزیتی دسته‌های الیاف که در مراحل قبل به دست آمده‌اند، باید در یک حلال آلی، اسید و یا آبی که دارای سورفکتنت است، پخش شوند. مواد پلیمری به‌همراه نانولوله‌های و الیاف پخش شده در حلال، حل شده و با استفاده از روش‌ها و تجهیزات استاندارد ساخت پارچه، الیاف مورد نظر ساخته می‌شوند.

۳۳۳۳ انواع کامپوزیت نانولوله‌ای کربنی

کامپوزیت‌های نانولوله‌ای کربنی که در جدول زیر آورده شده‌اند، مصرف تجاری داشته و یا هم اکنون در بازار یافت می‌شوند.

جدول ۸ - انواع کامپوزیت نانولوله‌ای کربنی و ویژگی‌های آنها

ماتریس/پرکننده	ویژگی‌های اصلی	کاربردها
نایلون/MWNT	مقاومت شیمیایی در برابر بنزین ویژگی‌های انسدادی در برابر بخار بنزین قابل ارتجاع در دماهای پایین پراکنده‌سازی ایستا	لوله‌های سوخت اتومبیل و سایر اجزای سیستم سوخت قطعات رنگ شده داخلی خودرو
پلی کربنات/MWNT	پراکنده‌سازی ایستا ممانعت از پوسته پوسته‌شدن نانولوله‌ها	کاربردهای مربوط به اتاق تمیز پراکنده‌سازی بار ساکن
MWNT/PBT	پراکنده‌سازی ایستا مقاومت در برابر حرارت مقاومت مکانیکی پراکنده‌سازی بار ساکن	کاربردهای پراکنده‌سازی بار ساکن
MWNT/PPE	وزن سبک مقاومت شیمیایی مقاومت در برابر ضربه ویژگی‌های الکتریکی خوب	قطعات اتومبیل (به عنوان مثال سپرهای اتومبیل رنگ شده)
اپوکسی/الیاف کربنی/MWNT	مقاومت مکانیکی چقرمگی	راکت‌های تنیس
پلی اورتان/فولرین	سختی	توپ‌های بولینگ
MWNT/PVOH	مقاومت کششی انعطاف پذیری	الیاف رسانا

www.ShimiPedia.ir

۳۳۳۳۱ کامپوزیت‌های نایلون/MWNT

نانوکامپوزیت‌های نایلون/MWNT، ویژگی مقاومت شیمیایی نایلون در برابر بنزین را با ویژگی‌های پراکنده‌سازی MWNTها ادغام می‌کنند. درصد پایین پرکننده نانولوله‌ای مورد نیاز، موجب حفظ انبساط کششی رزین و همچنین حفظ ویژگی‌های انسدادی آن در برابر بخار بنزین می‌شود. این ویژگی‌ها باعث استفادهٔ نانوکامپوزیت‌های نایلون/MWNT در لوله‌های سوخت می‌شود.

۳۳۳۳۲ کامپوزیت‌های پلی کربنات/MWNT

کامپوزیت‌های پلی‌کربنات/نانولوله، رقبایی برای پلی‌کربنات پرشده با دوده هستند. این نانوکامپوزیت‌ها مزیت‌هایی دارند زیرا احتمال پوسته پوسته‌شدن نانولوله‌ها در این ماده بسیار کمتر است و از آنها می‌توان در اتاق تمیز استفاده کرد.

۳۳۳۳۳ کامپوزیت‌های پلی‌وینیل الکل /MWNT

الکل پلی وینیل یا PVOH با هیدرولیز کامل یا جزیی استات پلی وینیل و حذف گروه‌های استات ساخته می‌شود. این ماده مقاومت کششی و انعطاف پذیری بالایی داشته و در برابر نفت، گریس و حلال مقاوم است. این ویژگی‌ها، PVOH را برای ادغام با نانولوله‌های کربنی، به منظور ساخت الیاف رسانا، مناسب می‌سازد.

۳۳۳۳۴ کامپوزیت‌های پلی‌بوتیلن ترفتالات /MWNT

هم اکنون حداقل دو شرکت RTP و Hyperion Catalysis به تجارت این محصول مشغول هستند. این کامپوزیت‌ها، مقاومت مکانیکی و مقاومت حرارتی پلی‌بوتیلن ترفتالات (PBT) را با ویژگی‌های رسانایی MWNTها ادغام می‌کنند. از این مواد در کاربردهای پراکنده‌سازی بار ساکن بهره گرفته می‌شود.

۳۳۳۳۵ کامپوزیت‌های پلی‌فنیلن اتر /پلی آمید/MWNT

شرکت GE Plastics یک رزین ترموپلاستیکی مهندسی مبتنی بر پلی‌فنیلن اتر ، پلی‌آمیدها (PAs) و MWNT ها، با نام تجاری Noryl GTX تولید می‌کند. چنانچه سایر افزودنی‌ها به این فناوری اضافه شوند، خانواده‌ای از رزین‌ها با گستره وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی و ترمومکانیکی تولید می‌شوند.

ویژگی‌های کلی Noryl GTX عبارتند از: مقاومت حرارتی بالا، ویژگی‌های الکتریکی بسیار خوب، پایداری هیدرولیکی، پایداری ابعادی، انقباض قالب پایین و خزش بسیار کم در دماهای بالا. علاوه بر این، بسیاری از محلول‌های آبی، شوینده‌ها، اسیدها و بازها بر روی این ماده بی‌تأثیر هستند.

می‌توان از رزین‌های Noryl در فرآیندهای مختلفی مانند قالب‌گیری تزریقی، اکستروژن، قالب‌گیری بادی و قالب‌گیری فوم ساختمانی استفاده کرد. کاربردهای بالقوه این ماده عبارتند از: قطعات داخلی خودرو، کاربردهای بیرونی و درون کاپوت، تجهیزات رایانه‌ای و تجاری، ابزارهای الکتریکی و الکترونیکی، ساخت و ساز، مخابرات، لوازم خانگی، تجهیزات حمل آب و بسته‌بندی غذایی مایکروویو.

۳۳۳۳۶ کامپوزیت‌های اپوکسی/الیاف کربن/MWNT

در ساخت راکت‌های تنیس Babolat's VS، از یک کامپوزیت اپوکسی-گرافیت نانولوله‌ای استفاده شده است. در این محصول، MWNTها برای پرکردن فضاهای بین الیاف گرافیتی به کار گرفته شده‌اند. این محصول، سختی و قدرت ضربه زنی راکت‌ها را افزایش می‌دهد.

۳۳۳۳۷ کامپوزیت‌های پلی‌اورتان/فولرین

شرکت Frontier Carbon Corp با همکاری شرکت ABS International، یک نانوکامپوزیت پلی‌اورتانی فولرین‌دار ساخته است که برای پوشش‌دهی توپ‌های بولینگ Nanodesu شرکت ABS مورد استفاده قرار می‌گیرد. فولرین، مقاومت در برابر ریز ریزشدن (chip resistance) پوشش‌های توپ‌های بولینگ پلی اورتانی معمولی را افزایش می‌دهد.

۳۳۳۴ کاربردها

در جدول زیر، کاربردهای اصلی کامپوزیت‌های نانولوله کربنی آورده شده‌اند.

www.ShimiPedia.ir

جدول ۹ - کاربردهای اصلی کامپوزیت‌های نانولوله‌ای		
کاربرد	نوع نانوکامپوزیت سرامیکی	وضعیت تجاری
اجزای خودرو	نایلون/MWNT MWNT/PPE	تجاری
کاربردهای پراکنده‌سازی بار ساکن	MWNT/PC MWNT/دی اکسید PBT	تجاری
محصولات مصرفی	اپوکسی/الیاف کربنی/MWNT پلی اورتان/فولرین	تجاری
منسوجات	MWNT/PVOH	در دست توسعه

۳۳۴۳۱ اجزای خودرو

کاربردهای نانوکامپوزیت‌های CNT در حوزه خودروسازی، لوله‌های سوخت و قطعات رنگ شده بیرونی خودرو هستند. بنا بر مقاله اخیر مجلهٔ Plastics Technology، تقریباً هر اتومبیلی که از دهه ۱۹۹۰ در امریکا تولید شده است، دارای نانولوله‌های کربنی بوده است. معمولاً مواد مذکور با نایلون ادغام می‌شوند تا از لوله‌های سوخت در مقابل الکتریسیته ساکن محافظت کنند.

الف) اجزای سیستم سوخت

ترکیبات نایلونی که شامل ۲ تا ۵ درصد وزنی از نانولوله‌های کربنی هستند، به شکل گسترده‌ای در ساخت لوله‌های سوخت خودرو استفاده می‌شوند. به دلیل مقاومت شیمیایی نایلون ۱۲ در برابر بنزین، معمولاً از این ماده به عنوان رزین در لوله‌های سوخت استفاده می‌شود.

به دلیل رسانایی بالای MWNT ها، درصد وزنی پایینی از آنها در نایلون استفاده می‌شود به‌طوری که طولانی شدن کششی نایلون حفظ می‌شود و مانع از انباشته‌شدن بار ساکن حاصل از حرکت سوخت می‌گردد. طولانی شدن کششی بالاتر، احتمال پاره‌شدن لوله سوخت در دماهای پایین را کاهش می‌دهد. درصد وزنی کمترِ پرکننده، کاهش محسوسی در مقاومت رزین نایلون در برابر بخار بنزین ایجاد نمی‌کند.

از آنجایی که OEMها برای رسیدن به ترازهای رسانایی پراکنده‌سازی بار ساکن ، نیاز به اجزای سیستم سوختی دارند، گرایش شدیدی به سوی کامپوزیت‌های پرشده با نانولوله، برای کاربردهایی چون پمپ‌ها، صافی‌ها، رابط‌ها و ریل‌های سوخت وجود دارد.

ب) قطعات بیرونی

در حال حاضر در ساخت اجزای خودرو، گرایش روز افزونی به سمت پلاستیک‌های تقویت شده با نانولوله‌های کربنی و سایر ترکیبات مربوطه وجود دارد. ویژگی‌های مفید این مواد برای کاربردهای مذکور، شامل مقاومت مکانیکی، وزن سبک و ویژگی توزیع الکتریسته ساکن است.

پلاستیک‌های پرشده با نانولوله برای ساخت پانل‌های در، گلگیرها، سپر اتومبیل، جای آینه‌ها، پوشش‌های کیسه هوا و سایر اجزا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این اجزا با وجود مقاومت مکانیکی بالا، سبک بوده و مصرف سوخت خودرو را کاهش می‌دهند. استفاده از نانولوله‌ها در پانل‌های اتاق ماشین و سایر قطعات رنگ شده، به رساناشدن این قطعات منجر می‌شود و در نتیجه می‌توان آنها را از طریق پاشش الکتروستاتیک رنگ کرد. از آنجا که درصد وزنی نانولوله‌ها پایین است (۲ تا ۴ درصد) و همچنین به دلیل کوچکی اندازهٔ آنها، می‌توان به سطوح درجه A دست یافت.

۳۳۴۳۲ کاربردهای پراکنده‌سازی بار ساکن

پلاستیک‌های پرشده با نانولوله‌های کربنی به دلیل داشتن ویژگی توزیع الکتریستهٔ ساکن، برای کاربردهای الکترونیک و اتاق تمیز مناسب هستند. در این کاربردها، چنانچه قطعات به درستی به زمین وصل نشوند، امکان ایجاد بارهای ساکن در حین حمل و نقل وجود دارد. تخلیه چنین بارهایی می‌تواند به آسانی به خرابی ادوات الکترونیکی منجر شود. نمونه‌هایی از تجهیزات ساخته‌شده با پلاستیک‌های پرشده با نانولوله عبارتند از: صفحات حمل و نقل پراکنده‌ساز بار ساکن، نگهدارنده کاست ویفر، کارتریج‌های قابل حمل، تجهیزات اتاق تمیز، FOUPها و پوسته‌های محافظ SMIF.

۳۳۴۳۳ محصولات مصرفی

مشکلاتی چون جدایش فاز، تراکم، پخش شدگی کم در مادهٔ زمینه و چسبندگی ضعیف به میزبان، موانعی بر سر راه

www.ShimiPedia.ir

تجاری‌سازی کامپوزیت‌های نانولوله کربنی برای کاربردهای ورزشی ایجاد کرده است. با این حال برخی از سازندگان، پیشرفت‌هایی در زمینه حل مشکلات مذکور داشته‌اند و کامپوزیت‌های نانولوله کربنی در گستره وسیعی از کاربردها به کار گرفته شده‌اند که راکت‌های بلند تنیس ، چوب‌های گلف، دوچرخه‌ها و سایر کالاهای ورزشی از این دست هستند.

الف) راکت‌های تنیس

یک شرکت فرانسوی سازنده راکت، از نانولوله‌های کربنی در سری "VS" راکت‌های تنیس خود استفاده کرده است. در این راکت‌ها از یک کامپوزیت نانولوله‌ای که توسط شرکت Nanoledge ساخته شده است، استفاده می‌شود. کامپوزیت مذکور، پایدارکننده‌هایی را که از بالای دسته راکت تا وسط قاب راکت و در هر دو طرف راکت وجود دارند، تقویت می‌کند.

استفاده از کامپوزیت‌های نانولوله‌ای در کاربرد مذکور باعث می‌شود که در زمان برخورد راکت با توپ، کمترین خمش و پیچش (خم شدگی عمودی و پیچش از پهلوی راکت) به وجود آید. Nanoledge ادعا می‌کند که راکت‌های VS این شرکت، ۵۰ درصد بیشتر از راکت‌های کربنی استاندارد در برابر پیچش مقاومند و برای ورزشکاران حرفه‌ای که به دنبال وزن سبکتر، کارآیی بهتر و راکت‌های بزرگ‌تر از اندازه هستند طراحی شده‌اند.

ب) چوب‌های گلف

در محصول جدید شرکت Grafalloy به‌اسم CompNT محور چوب گلف، با استفاده از کامپوزیت‌های نانولوله کربنی ساخته شده است. این محصول نسبت به محصولاتی که از الیاف کربنی، تیتانیوم و یا فولاد ساخته شده‌اند، مقاومت مکانیکی بیشتری دارد.

در سال ۲۰۰۵، شرکت Wilson Sporting Goods در نوک برخی از چوب‌های گلف خود از کامپوزیت‌های نانولوله‌ای استفاده کرد. بنا به گفته سخنگوی شرکت، با استفاده از کامپوزیت‌های نانولوله کربنی می‌توان بیشتر وزن چوب‌های مذکور را در قسمت پایین و دور از بخش جلویی آن متمرکز کرد. این خصوصیت به زاویه پرتاب و کنترل بهتر منجر می‌شود.

پ) دوچرخه‌ها

شرکت‌های Easton Sports و Zyvex در پروژه‌ای برای ساخت قطعات دوچرخه با استفاده از نانولوله‌های کربنی با یکدیگر همکاری می‌کنند. شرکت Zyvex یک ماده اپوکسی نانولوله کربنی به نام NanoSolve ساخته است. این ماده برخی از مشکلات نانولوله‌های کربنی که در بالا ذکر شده‌اند را بر طرف می‌کند. برای ساخت ماده مذکور از یک فناوری اصلاح سطحی خاص استفاده شده است که برهم‌کنش بین نانولوله‌ها و ماتریس اپوکسی را بهینه می‌کند.

شرکت Easton Sports یک سری از کامپوزیت‌های اپوکسی/نانولوله ساخته است که گمان می‌رود با وجود ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش در وزن، به استحکام بیشتر فرمان‌های دوچرخه منجر شود. همچنین تحقیقاتی برای ساخت بدنهٔ دوچرخه از جنس کامپوزیت نانولوله کربنی در حال انجام است.

ت) توپ‌های بولینگ

شرکت Nanodesu در ژاپن به منظور ساخت یک پوشش بسیار سخت برای توپ‌های بولینگ با کارآیی بالای سری "Blue" از فولرین‌های شبیه نانولوله استفاده می‌کند. پوشش مذکور بدون اثرگذاری بر کارآیی توپ، مقاومت آن در برابر پوسته شدن و ترک خوردن را افزایش می‌دهد.

ث) سایر کالاهای ورزشی

در سال ۲۰۰۵، شرکت Easton Sports نخستین چوب‌های بیسبال کامپوزیتی نانولوله‌ای (سری Stealth) این شرکت را عرضه کرد. ضعیف‌ترین نواحی در یک چوب الیاف کربنی معمولی، فواصل کوچک بین الیاف است که تنها حاوی رزین است. شرکت مذکور ادعا می‌کند که در قالب حدود قانونی بازی بیسبال، انعطاف پذیری و پاسخ چوب بیسبال خود را بهینه کرده و انتقال ضربه در این چوب‌ها را افزایش داده است.

همچنین در چوب هاکی جدید شرکت Easton با نام Synergy SL، همانند چوب‌های بیسبال Stealth، از رزین‌های اپوکسی نانولوله کربنی شرکت Zyvex با نام NanoSolve استفاده می‌شود. چوب‌های جدید سبک بوده (۴۲۰ گرم) و مقاومت مکانیکی بسیار بالایی دارند.

منسوجات

الیاف و نخ‌های رسانای دارای نانولوله، بسیار مقاوم و انعطاف‌پذیر هستند و به همین دلیل برای تولید منسوجات شیک

www.ShimiPedia.ir

مناسـب‌اند. با اضافه کردن درصد وزنی پایینی از نانولوله‌ها، می‌توان رسـانایی الکتریکی خوبی به یک ترکیب پلیمری داد. به دلیل وجود چنین ویژگی‌هایی برای الیاف دارای نانولوله، می‌توان از این مواد برای تولید سیستم‌های مقاوم‌ترکه بسیار سبک‌تر و انعطاف پذیرتر از سیم‌های فلزی هستند، بهره گرفت.
برای تولید الیاف و نخ از نانولوله‌های کربنی می‌توان از چند روش استفاده کرد. در یکی از این روش‌ها که ریسندگی مرطوب نامیده می‌شـود، نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره را که به کمک مادهٔ فعال کننده سـطحی کاملا توزیع شده‌اند، درون محفظه‌ای حاوی پلی‌وینیل الکل به‌صورت الیاف ژلی نانولوله‌ای در می‌آورند. سپس این مواد به الیاف کامپوزیتی نانولوله‌ای جامد تبدیل می‌شوند.
گفته می‌شـود که این فناوری حداقل چند سـال با تجاری‌شدن فاصله دارد. البته فناوری مذکور در این راه باید با فناوری‌های دیگری که الیاف رسانای پیوسته را مستقیماً از نانولوله‌های کربنی تولید می‌کنند، رقابت کند.

۳۳۵۳ سازندگان

در جدول زیر، سازندگان اصلی کامپوزیت‌های نانولوله کربنی آورده شده‌اند.

جدول ۱۰ - عرضه کنندگان کامپوزیت نانولوله کربنی

عرضه‌کننده	محصول	رزین ماتریسی	کاربرد(های) اصلی
DeGussa	Vestamid	نایلون ۱۲	رساناهای الکتریسیته
GE Plastics	Noryl GTX	نایلون/PPO	قطعات رنگ شده خودرو
Hyperion		PETG,PBT,PPS,PC,PP	رساناهای الکتریسیته
Royal DSM		SWNT/PE	کاربردهای چند منظوره
Zyvex		اپوکسی/PU	کاربردهای چند منظوره

شـرکت Degussa یک سازنده بین المللی مواد شیمیایی خاص است. محصولات این شرکت عبارتند از: نانوکامپوزیت‌های نایلون/MWNT با نام Vestamid برای لوله‌های سـوخت و سـایر کاربردهای لوله‌ای، مانند روکش سـیم سـاخت سوند برای فناوری پزشکی، اجزای دقیق برای بسترهای چرخ‌دنده‌ها و شیرها که در ماشین آلات و مهندسی استفاده می‌شوند.
شـرکت GE Plastics عرضه‌کننده جهانی رزین‌های پلاسـتیکی و یکی از مشـتریان اصلی نانولوله‌های چنددیوارهٔ شرکت Nanocor اسـت. این دو شـرکت با همکاری یکدیگر، ترکیب Noryl پلی‌اکسید فنیلن/نایلون را به منظور استفاده در قطعات خارجی اتومبیل که با روش الکتروستاتیک قابل رنگ‌شدن هستند ، تولید کرده‌اند.
محصول اصلی شـرکت Hyperion، یک نانولوله کربنی چنددیواره اسـت که با کاتالیسـتی به نام Fibril رشد داده شده‌اند. این شـرکت مسـتربچ‌های پلیمری و ترکیباتی که دارای ۱۵ تا ۲۰ درصد نانولوله کربنی هستند و همچنین ترکیبات آماده برای قالب‌گیری تولید می‌کند.
این مواد به منظور ساخت ترکیبات پلاستیکی برای صنعت خودروسازی (پانل ها، روکش‌ها و لوله‌های سوخت) و الکترونیک (ذخیره اطلاعات و ابزارهای ساخت) مورد استفاده قرار می‌گیرند.
شرکت هلندی Royal DSM سازنده مواد مربوط به علوم و فناوری زیستی است. این شرکت برای ساخت نانوکامپوزیت‌های با کارآیی بالای SWNT/PE، با شرکت Carbon Nanotechnologies همکاری می‌کند.
شـرکت Zyvex یک شـرکت خصوصی در زمینه فناوری‌نانو است که در سال ۱۹۹۷ تأسـیس شده است. این شرکت یک سری از افزودنی‌های نانولوله کربنی برای رزین‌های پلی اورتان و اپوکسی می‌سازد. فناوری اصلاح سطحی این شرکت، فرآیند پخش‌شدن نانولوله‌های کربنی را در حلال‌های مختلف که شامل آب نیز می‌شود تسهیل کرده و برهم کنش‌های بین نانولوله‌ها و مادهٔ زمینه را ارتقا می‌دهد.

۳۴۳ نانوکامپوزیت‌های دارای فلز

همان گونه که از نام این مواد پیداست، نانوکامپوزیت‌های دارای فلز، از پرکننده‌های فلزی نانومقیاس استفاده می‌کنند.

۳۴۱ مواد

علاوه بر فلزات نانومقیاس، سایر موادی که در نانوکامپوزیت‌های دارای فلز استفاده می‌شوند، پلیمرها هستند.

www.ShimiPedia.ir

فراخوان مقاله و ثبت نام پنجمین همایش علمی

مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی

Process, Oil, Gas, Refining and Petrochemical Engineering

www.Processconf.ir

Processconf@yahoo.com

همراه با ارائه دو مدرک بین المللی

تهران، ۲۱ آبان ۱۳۹۴

تلفن دبیرخانه: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱

فکس دبیرخانه: ۸۸۶۷۱۶۸۰ - ۰۲۱

همراه: ۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴

مجری : هم اندیشان انرژی کیمیا

محل برگزاری: تهران، مرکز همایشهای صداوسیما

برخی از محورهای همایش

با توجه به تخصصی بودن همایش، هر آنچه که به عنوان همایش مرتبط میشود را میتوان از محورهای آن دانست. مواردی همچون:

* مهندسی مخازن هیدروکربوری و حفاری
* بهینه سازی فرآیندهای صنایع شمیایی، پالایشی، پتروشیمی و ...
* انرژی و محیط زیست
* پالایش آب، پساب، پسماند و هوا
* ضایعات و استفاده مجدد (بازیافت)
* طراحی / ساخت / انتقال / نصب و بهره برداری از تجهیزات
* مدلینگ و شبیه سازی به کمک نرم افزار
* مانیتورینگ و کنترل پدیده ها
* رسوب، ساییدگی، زنگ زدگی و خوردگی
* بکارگیری فناوریهای نوین و نانوفناوری
* سنتیک، ترمودینامیک و پدیده های انتقال جرم و حرارت
* اقتصاد و سیاست مهندسی
* ایمنی، بازرسی، بهداشت، تعمیرونگهداری
* پایش و جلوگیری از خوردگی، ساییدگی و رسوبگذاری
* بومی سازی و ارتقای دانش
* نانوتکنولوژی و فناوریهای نوین
* و ...

Process
Mechanic
OIL & GAS
Methalorgy
HSE
Chemistry
Petrochemy
Refining

برخی از علوم و صنایع مخاطب:

مهندسی شیمی، مکانیک، نفت موادومتالوژی

انرژی، معدن و ...

به تمامی شرکت کنندگان در همایش چهار گواهی زیر اعطا میگردد

- گواهی پذیرش مقاله (در صورت داشتن مقاله پذیرش شده) توسط دبیرخانه همایش
- گواهی طی دوره توسط موسسه بین المللی IQS انگلستان
- گواهی طی دوره توسط موسسه بین المللی DNV اتریش

نکات مهم:

۱ – اشتراک رایگان سه نشریه: نفت و انرژی، چیلر و برج خنک کن، مبدل گرمایی ویژه شرکت کنندگان در همایش

۲ – چاپ قطعی ده مقاله برتر همایش در نشریات ردیف بالا

۳ – انتشار مقالات در وب سایت همایش، سیویلیکا؛ ایران داک، وب سایت همایش و ...

٤ – انتشار مقالات در برخی از نشریه علمی مصوب همچون فرآیندهای گاز (دانشگاه اصفهان) پس از داوری مجدد توسط نشریه

ماهنامه بین المللی نفت و انرژی Oil & Energy Mag | ALL CONFERENCES.IR پایگاه اطلاع رسانی رویدادهای علمی کشور | GPA نشریه فرآیند گاز | AAC | CIVILICA

www.ShimiPedia.ir

مقالات دوره های گذشته را به صورت رایگان از وب سایت همایش www.Processconf.ir دانلود نمایید.

برای دریافت اطلاعات همایش بر روی تلفن همراه خود، عدد ۳۰۰ را به شماره ۳۰۰۰۴۷۰۴۷۰۴۷۰۰ پیامک نمایید.

همراه با ارائه دو مدرک بین المللی

۳۴۳۱۱ فلزات

در یکی از خوش آتیه‌ترین نانوکامپوزیت‌های فلزی از لحاظ تجاری، یعنی نانوکامپوزیت پلیمری P3HT/سلنیدِ کادمیوم، از کادمیوم به عنوان پرکننده فلزی استفاده شده است. از این نانوکامپوزیت برای ساخت سلول‌های خورشیدی لایه نازک استفاده شده است.

کادمیوم: کادمیوم (Cd) یک فلز واسطه است که در معادن روی یافت می‌شود. از این فلز به عنوان اجزای برخی از نیمه‌رساناها مانند سولفید کادمیوم، سلنید کادمیوم و تلورید کادمیوم که در آشکارسازی نور و یا سلول‌های خورشیدی به کار گرفته می‌شوند، استفاده می‌شود.

۳۴۳۱۲ پلیمرها

از پلی تری-هگزیل تیوفن به عنوان ماده زمینه در نانوکامپوزیت‌های مذکور استفاده می‌شود.

- پلی تری-هگزیل تیوفن

پلی تری-هگزیل تیوفن یا P3HT شامل واحدهای تیوفن است که به هر مولکول دارای یک گروه هگزیل متصل شده‌اند. P3HT همانند یک نیمه‌رسانای آلی رفتار می‌کند.

۳۴۳۲۴ ساخت

برای ساخت لایه نانوکامپوزیتی فلزی به حلالی نیاز است که امکان ادغام پلیمر P3HT و نانومیله‌های CdSe را فراهم کند. این حلال ترکیبی از پیریدین و کلروفرم است. به کمک چنین محلولی می‌توان یک لایه انعطاف‌پذیر یکنواخت را در دمای اتاق از طریق فرآیند قالب‌گیری چرخشی تولید کرد.

۳۴۳۴۳ انواع و ویژگی‌ها

در جدول زیر انواع اصلی نانوکامپوزیت‌های دارای فلز که هم اکنون تجاری شده و یا در دست توسعه هستند، آورده شده‌اند.

جدول ۱۱ - انواع اصلی نانوکامپوزیت‌های دارای فلز، ویژگی‌های آنها و کاربردهای اصلی

ماتریس/پرکننده	ویژگی‌های اصلی	کاربرد(ها)
P3HT/پلیمر سلنید کادمیوم	تبدیل نور به انرژی	پیل‌های خورشیدی

- P3HT/سلنید کادمیوم:

هنگامی که در یک نانوکامپوزیت، کادمیوم به شکل نانومیله‌های کادمیوم-سلنید با الیاف پلیمری P3HT ادغام می‌شود، می‌تواند نور با طول موج بین ۳۰۰ تا ۷۲۰ نانومتر را جذب و به انرژی تبدیل کند. شرکت Nanosys به دنبال استفاده از این فناوری برای ساخت پیل‌های خورشیدی انعطاف‌پذیر و دارای کارآیی بالاست.

۳۴۴۳۴ کاربردها

در جدول زیر، کاربردهای اصلی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی که هم اکنون تجاری شده و یا احتمالاً در ۵ سال آینده تجاری می‌شوند، آورده شده‌اند.

جدول ۱۲ - کاربردهای اصلی نانوکامپوزیت‌های دارای فلز

کاربرد	نوع نانوکامپوزیت سرامیکی	وضعیت تجاری
پیل‌های خورشیدی	P۳HT/CdSe	در دست توسعه

- پیل‌های خورشیدی

شرکت Nanosys با همکاری شرکت Matsushita Electric به دنبال ساخت گونه جدیدی از پیل‌های خورشیدی است که در ساختمان آن، یک نانوکامپوزیت P3HT/CdSe در بین یک الکترود آلومینیومی و یک الکترود رسانای شفاف قرار داده می‌شود. الکترود رسانای مذکور از یک پلیمر رسانا به‌نام پلی‌اتیلن دیاکسی‌تیوفن که با پلی استایرن سولفونیک اسید تقویت شده، ساخته شده و بر روی یک زیرلایه اکسید قلع - ایندیوم شفاف سوار می‌شود.

نانومیله‌های CdSe به عنوان یک ماده انتقال‌دهنده الکترون عمل می‌کنند و به همین ترتیب، P3HT نقشی مشابه برای بارهای

www.ShimiPedia.ir

مثبت ایفا می‌کند. دو ماده CdSe و P3HT طیف جذبی مکمل در محدوده طیف نور مرئی دارند و همراه با یکدیگر، تمام طول موج‌های بین ۳۰۰ تا ۷۲۰ نانومتر را جذب می‌کنند. از این رو بیشتر طول موج‌های نور خورشید را پوشش می‌دهند.
انتظار می‌رود که به کمک این فناوری بتوان نسل جدیدی از پیل‌های خورشیدیِ با کارآیی بالا را با هزینه بسیار پایینی تولید کرد. پیش بینی می‌شود که این مواد، در سال ۲۰۰۷ ابتدا در ژاپن و سپس در سایرِ بازارهای آسیایی تجاری شوند.

۳۳۴۵ سازندگان

در جدول زیر سازندگان و توسعه‌دهندگان اصلی کامپوزیت‌های فلزی آورده شده‌اند.

جدول ۱۳ - عرضه‌کننده کامپوزیت حاوی فلز

عرضه‌کننده	محصول	نوع نانوکامپوزیت	کاربرد(های) اصلی
Nanosys		P۳HT/CDSe	پیل‌های خورشیدی
Matsushita Electric		P۳HT/CDSe	پیل‌های خورشیدی

شـرکت‌های Nanosys و Matsushita Electric در سـاخت پیل‌های خورشـیدیِ دارای نانوکامپوزیت P3HT/CDSe، به منظور ورود به بازار پیل‌های خورشـیدیِ سـاختمانی، با یکدیگر همـکاری می‌کنند. در این راه، شـرکت Nanosys فناوری نانوکامپوزیت CdSe خود و شـرکت Matsushita Electric تخصص خـود در زمینه فناوری‌نانو و روش‌های تولید انبوه را به اشتراک گذاشته‌اند.

۳۳۵۵ نانوکامپوزیت‌های دارای اکسید فلز

نانوکامپوزیت‌های دارای اکسید فلز شامل نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی هستند.

۳۳۵۱ نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی

هم‌اکنون گونه‌های مختلفی از نانوکامپوزیت‌های مغناطیسـی در مراحل مطالعه، توسـعه یا تجاری‌سازی هستند. محصولات تجاری شـده در ایـن حوزه، چندین محصولِ «آلیاژ نانومغناطیسـی» ماننـد Hitachi Finemet و Alps Electric Nanoperm هستند.
با وجود اینکه به مواد مذکور آلیاژ گفته می‌شـود، ویژگی‌های این مواد نانومغناطیسـی آنها را تحت تعریف نانوکامپوزیت‌ها قرار می‌دهد. این مواد از ذرات آهنی نانوبلوری تک دامنه (single-domain) که در یک بسـترآمورف قرار گرفته‌اند، تشکیل شده‌اند.
در حال حاضر، آلیاژهای نانومغناطیسی از طریق بلوری کردن نوارهای آمورفی که به سرعت جامد شده‌اند، ساخته می‌شوند. روش دیگری که ممکن است در آینده از آن استفاده شود، رسوب‌دهی‌الکتریکی است. هم اکنون در کانادا، تحقیقاتی بر روی آلیاژهای مغناطیسیِ ساخته‌شده با این روش در دست انجام است.
سـاختار موادی چون Finemet و Nanoperm، ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند اتلاف انرژی بسیار کم و تراوایی بسیار بالا به آنها می‌بخشـد. همچنین مواد مذکور می‌توانند مگنتوستریکشـنِ (magnetostriction) نزدیکِ صفر و یا صفر از خود نشان دهند.
به دلیل وجود چنین ویژگی‌هایی، کاربردهای وسیعی مانند مبدل‌های اتلاف پایین و ابزارهای الکتریکی و الکترونیکی برای آلیاژهای نانومغناطیسی وجود دارند. استفاده از آلیاژهای مذکور در این کاربردها، اختلالات مغناطیسی را به شکل بسیار خوبی حذف می‌کند. یکی دیگر از کاربردهای بالقوه این مواد، سردسازی مغناطیسی است.
در سال ۲۰۰۱، نخستین یخچال مغناطیسی آزمایشی توسط محققانِ شرکت Astronautics Corp و آزمایشگاه DOE's Ames در دانشگاه دولتی Iowa ساخته شد. این یخچال‌ها از دیدگاه نظریِ مزیت‌هایی چون مصرف انرژی پایین‌تر و زیست‌سازگاری بهتـری دارنـد، اما با این وجود، تجاری‌سـازی این فنـاوری به کندی پیش مـی‌رود و نمی‌توان پیش‌بینـی دقیقی برای زمان تجاری‌سازی آن داشت.
در دراز مدت، بیشتر تلاش‌ها برای توسعه نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی، به دنبال پیشرفت در حوزه نوپای اسپینترونیک[3] شکل خواهند گرفت. در این فناوری، اطلاعات از طریق ویژگی‌های اسپینیِ الکترون به جای بارهای الکترون منتقل می‌شوند.
اثرات اسـپینی، در اثر بـر هم کنش بین الکترون‌ها و میدان‌های مغناطیسـی به‌وجـود می‌آیند. بازار بالقوه بـرای کاربردهای

3. spintronics

www.ShimiPedia.ir

اسپینترونیکی نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی، بسیار وسیع است و این بازار ممکن است در دراز مدت به صدها میلیون دلار برسد. علاوه بر شرکت‌های Neomax و Alps Electric، شرکت‌های Vacuumschmelze GmbH (در آلمان) و Inframat (در آمریکا) نیز به ساخت و یا توسعه نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی اشتغال دارند. شرکت Inframat، با حمایت مالی سازمان تحقیقات پیشرفته محصولات دفاعی (DARPA)، به دنبال ساخت گونه‌های جدیدی از مواد نانوکامپوزیتی مغناطیسی هستند که کارآیی بسیار بالایی برای کاربردهای میکروویو دارد. این شرکت با روش محلول آبی، نانوذرات کبالت که با عایق سیلیکا یا پلیمر پوشش داده شده‌اند، به شکل شیمیایی می‌سازد.

۳۶۳ نانوکامپوزیت‌های زیستی

نانوکامپوزیت‌های زیستی، کامپوزیت‌های قابل تجزیهٔ زیستی هستند و معمولاً با اضافه کردن تقویت‌کننده‌های زیستیِ نانومقیاس به پلیمرهای زیستی طبیعی ساخته می‌شوند.

۳۶۳۱ مواد

در این بخش، موادی که معمولاً در نانوکامپوزیت‌های زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، شرح داده می‌شود.

۳۶۳۱۱ پرکننده‌ها

در نانوکامپوزیت‌های مختلف، از نانوالیاف کیتین (chitin) و سلولز به عنوان تقویت‌کننده، استفاده می‌شود.

الف) سلولز

می‌توان نانوالیاف سلولزی را از طیف وسیعی از مواد زیستی تهیه کرد. این مواد عبارتند از: چوب، سبوس غلات، کاه، تفاله (باقی‌مانده گیاهان، به عنوان مثال باقی‌مانده نیشکر یا انگور که پس از استحصال یک محصول باقی می‌ماند)، علف‌های محلی، دانه‌های سویا (soybeans) و باکتری. گرایش بالقوه شدیدی به استفاده از سلولز به عنوان یک ماده پرکننده نانوکامپوزیتی وجود دارد، زیرا این ماده ویژگی‌هایی مشابه با الیاف مصنوعی با کارآیی بالا دارد. ویژگی‌های مذکور عبارتند از:

- مقاومت مکانیکی
- چقرمگی
- صافی و همواری سطحی
- شکل پذیری
- سازگاری زیستی

علاوه بر ویژگی‌های بالا، سلولز مزیت اضافی دیگری مبنی بر سازگاری زیستی دارد. البته در زمینه قابلیت ساخت و هزینه این مواد، سوالاتی وجود دارد. تاکنون روش‌های مختلفی برای ساخت نانوالیاف سلولزی مورد استفاده قرار گرفته است که عبارتند از:

- اصلاح شیمیایی/مکانیکی
- ریسندگی الکتریکی
- انفجار الیاف آمونیا (ammonia fiber explosion or AFEX)

همچنین در برخی از نانوکامپوزیت‌های زیستی از سلولز به عنوان یک ماده زمینه (با پرکننده‌های خاک رسی نانومقیاس) استفاده شده است.

ب) کیتین

کیتین، یک پلی‌ساکارید است که از واحدهای استیل گلوکوزامین تشکیل شده و پس از سلولز، دومین پلی‌ساکاریدِ فراوان در طبیعت است. این ماده یکی از مهم‌ترین اجزای موجود در دیواره‌های سلولی قارچ، اسکلت خارجی حشرات و سایر آرتروپودها (arthropods) به‌شمار می‌رود.

کیتین به شکل تجاری از پس مانده‌های خرچنگ و میگو استخراج می‌شود. تصفیه فاضلاب، وسایل آرایشی و محصولات پزشکی و دامپزشکی (مرهم زخم، مهندسی بافت، رسانش دارو و عامل‌های ضد حساسیت) از کاربردهای این ماده به شمار می‌رود.

نانوالیاف به دلیل ویژگی‌های خود می‌توانند برای بسیاری از این کاربردها مفید باشند. متاسفانه به دلیل ماهیت بلوری قوی، کیتین در حلال‌های معمولی حل نمی‌شود و تبدیل آن به ذرات ریز و یا اشکال رشته‌ای بسیار سخت است.

یکی از راه حل‌های بالقوه برای ساخت الیاف کیتین، حل کردن آن در حلال هگزافلوئوروایزوپروپانول و سپس پاشش آن به درون دی اکسید کربنِ فوق بحرانی است. این فرآیند به سرعت حلال را حذف کرده و کیتین را به شکل نانوالیاف رسوب می‌دهد.

www.ShimiPedia.ir

۳۲۶۳۲ مواد ماتریس

مواد خام برای این کامپوزیت‌های نانوساختارِ جدید، پلیمرهای زیستی طبیعی (پلی‌لاکتیک اسید و استرهای سلولزی) است.

الف) پلی وینیل الکل

پلی وینیل الکل یا PVOH از طریق هیدرولیز کامل یا جزیی پلی وینیل اســتات و با حذف گروه‌های اســتات ساخته می‌شود. این ماده مقاومت کششی و انعطاف پذیری بالا و مقاومت خوبی در برابر بوها داشته و در برابر نفت، گریس و برخی از حلال‌ها نیز مقاوم است.

PVOH یک ماده تجزیه‌پذیر زیســتی اســت و نرخ تجزیه زیستی آن به تعداد میکروب‌های موجود در محیط آبی و یا خاکی بستگی دارد. می‌توان نرخ تجزیه این ماده را با کاهش جرم مولکولیِ آن و یا از طریق افزایش اجزای طبیعی مانند نشاسته، نیشکر یا پروتئین افزایش داد.

از PVOH، به شــکلی گســترده به عنوان چسب و ضخیم ســاز و همچنین برای ایجاد یک مانع در برابر دی اکسید کربن در بطری‌های پلی اتیلن ترفتالات(PET) اســتفاده می‌شــود. همچنین این ماده در کاربردهای زیســت پزشکی، صنایع غذایی و در هیدروژل‌ها نیز به کار گرفته می‌شود.

ب) استرهای سلولزی

اســترهای ســلولزی مشتقاتی از سلولز هستند که در آنها گروه‌های هیدروکسیل آزاد متصل شده به زنجیره سلولزی، کاملاً و یا به شکل جزیی با گروه‌های استیک جایگزین شده‌اند. این مواد از طریق واکنشَ سلولزِ بسیار خالص با اسیدها و آنیدریدهای انتخابی، در یک فرآیند چند مرحله‌ای ساخته می‌شوند. انتخاب اسیدها و آنیدریدها، ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های پلاستیک سلولزی نهایی (استات، بوتیرات یا پروپیونات) را تعیین می‌کند.

استرهای سلولزی، کاربردهای مختلفی دارند. به‌عنوان مثال می‌توان از آنها در ساخت اتصال‌دهنده‌ها، افزودنی‌ها، اصلاح کننده‌ها یا شکل‌دهنده‌های لایه‌ای برای خودروسازی، پوشش‌های چرم، کاغذ، چوب و پلاستیک استفاده کرد. این مواد ویژگی‌هایی چون چقرمگی، سختی، مقاومت مکانیکی، جلای سطحی، شفافیت و مقاومت شیمیایی دارند.

کاربردهای معمول مواد مذکور عبارتند از: ابزارآلات، کالاهای ورزشی، لوازم خانگی، قاب‌های عینک و سایر محصولات چشــمی و محصولات بهداشت و ســلامت. از سلولز به شکل وســیعی در داروها و معمولاً در دارورسانی کنترل شده استفاده می‌شود.

پ) پلی لاکتیک اسید

پلی لاکتیک اسید (PLA) یک پلی استر خطی تجزیه‌پذیر زیستی و ترموپلاستیک است که از اسید لاکتیک ساخته می‌شود. می‌توان این ماده را با وزن مولکولی بالا، بهَ آسانی از طریق پلیمرشدن باز کردن حلقه (ring-opening) و با استفاده از کاتالیستِ اکتات قلع (stannous octoate) تولید کرد.

PLA یک گزینه برای محصولات پتروشــیمی اســت، زیرا این ماده در نهایت از لاکتات ساخته می‌شود و لاکتات از تخمیر محصولات جانبی کشاورزی مانند نشاسته غلات و یا سایر مواد غنی از نشاسته مانند ذرت، شکر و یا گندم به دست می‌آید.

می‌توان پلی‌لاکتیک اســید را به اشکال رشــته‌ای و یا لایه‌ای تبدیل کرد. هم اکنون از PLA در کاربردهای زیست‌پزشکی مانند بخیه‌ها، واســطه دیالیز و ابزارهای دارورسانی استفاده می‌شــود و تلاش‌هایی برای به کارگیری آن در مهندسی بافت در حال انجام است.

خاصیت تجزیه‌پذیری زیســتی این ماده موجب شــده که بتوان در آینده از آن در ســاخت بســته‌بندی‌های راحت پرشونده، کیسه‌های کود، بسته‌بندی غذا و ظروف یکبار مصرف استفاده کرد. همچنین می‌توان از PLA در شکل رشته‌ای و ساختارهای بافته نشده، برای کاربردهای اثاثیه و لوازم منزل، پوشاک یکبار مصرف، سایبان‌ها، محصولات بهداشتی بانوان و دستمال‌ها بهره گرفت.

PLA از بسیاری از پلاستیک‌های تجاری نفتی گران‌تراست، اما می‌توان با بالا بردن حجم تولید، قیمت تمام شده آن را کاهش داد. تعیین میزان افت قیمت این ماده و همچنین توان رقابت آن با پلیمرهای نفتی در کاربردهای جدید به بررسی‌های دقیق‌تری نیازمند است.

۳۲۶۳۲ ساخت

انواع مختلفی از فرآیندهای شیمیایی و مکانیکی برای تولید نانوالیاف سلولزی و ادغام آنها با مواد مکمل، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

www.ShimiPedia.ir

۳۶۳۲۱ استخراج نانوالیاف سلولزی

محققان دانشگاه تورنتو نانوالیاف سلولزی را از ساقه گیاه سویا به دست آورده‌اند. برای این کار، ابتدا ساقه‌های مذکور را با فرآیندی خاص آماس کرده و سپس در معرض اسید، هیدرولیز می‌کنند. تا به این شکل، پکتین و همی‌سلولز از ماده حاصله جدا شود. سپس با یک فرآیند قلیایی، لیگنین و باقی‌مانده پکتین و همی‌سلولز جداسازی و حذف می‌گردند.

عملیات مکانیکی بسیار موثر برای جداسازی الیاف ماکرو از دیواره سلول مورد استفاده قرار گرفته‌اند و برای دستیابی به الیاف مجزا و بهبود توزیع آنها از الیاف زدایی استفاده شده است.

۳۶۳۲۲ تولید مواد نانوکامپوزیتی

محققان وزارت کشاورزی امریکا از یک فرآیند ریسندگی مرطوب برای تولید الیاف نانوکامپوزیتی سلولزی استفاده کرده‌اند. برای این کار، ابتدا الیاف کتان در یک حلال قابل بازیافت حل شده و با نانوذرات خاک رس (مونتموریلونیت) ادغام می‌شوند؛ سپس مخلوط حاصله تحت یک فرآیند ریسندگی مرطوب قرار می‌گیرد. این فرآیند، گونه‌ای اصلاح شده از روش لیوسل (Lyocell) است که برای تولید تجاری سلولز استفاده می‌شود. سپس الیاف نانوکامپوزیتی مذکور با استفاده از تجهیزات تولید کاغذ، به زیرلایه‌های بافته نشده تبدیل می‌شوند.

۳۶۳۳۶ انواع نانوکامپوزیت‌های زیستی

در ادامه، نمونه‌هایی از نانوکامپوزیت‌های زیستی توضیح داده می‌شوند.

۳۶۳۶۱ نانوکامپوزیت‌های پلی وینیل الکل /سلولز

نانوالیاف سلولزی با عملیات شیمیایی/مکانیکی از ساقه گیاه سویا جدا شده و با پودر جامد PVOH ادغام می‌شوند. سپس مخلوط حاصله را در دمای ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و ترکیب می‌کنند. ماده حاصل از این فرآیند، یک نانوکامپوزیت تجزیه‌پذیر زیستی است که با داشتن ۱۰ درصد وزنی از نانوالیاف، مقاومت کششی معادل ۵ برابر پلاستیک‌های اصلاح نشده دارد.

این گونه از نانوکامپوزیت‌های PVOH/سلولز، هنوز در دست تحقیق و توسعه هستند. با این حال، هم اکنون یک شرکت ژاپنی میکروالیاف سلولزی را با قیمتی در حدود ۵۰ دلار به ازای هر کیلوگرم می‌فروشد. همچنین در بخش مواد پیشرفته، کاربردهای بالقوه‌ای برای این مواد در دست بررسی است. این نمونه‌ها حاکی از توان تجاری بالقوه مواد مذکور هستند.

۳۶۳۲۳ الیاف نانوکامپوزیتی کتان/خاک رس

گروه تحقیقات کشاورزی وزارت کشاورزی امریکا از تحقیقات بر روی امکان تولید الیاف نانوکامپوزیتی سلولزی مقاوم در برابر حرارت از الیاف کتان ادغام شده با ۱ تا ۱۰ درصد وزنی از نانوذرات خاک رس (مونتموریلونیت)، حمایت مالی می‌کند (در بخش «ساخت» به توضیح این مطلب خواهیم پرداخت).

می توان این نانوکامپوزیت را در دسته نانوکامپوزیت‌های خاک رسی طبقه‌بندی کرد، زیرا در این ماده، نانوذرات خاک رس به عنوان پرکننده و یا عامل تقویت‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال ما آن را در دسته نانوکامپوزیت‌های زیستی طبقه‌بندی کرده‌ایم. محصول ترکیب شده از کتان و خاک رس، ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد بیشتر از کتان اصلاح نشده، در برابر حرارت مقاومت می‌کند. همچنین مقاومت مکانیکی، چقرمگی و مقاومت این ماده در برابر سایش در دست ارزیابی است.

۳۶۳۴۶ کاربردها

نانوکامپوزیت‌های زیستی کاربردهای بالقوه وسیعی دارند. در کوتاه‌مدت دو مورد از امیدبخش‌ترین کاربردهای این محصول، قطعات اتومبیل تجزیه‌پذیر زیستی یا سبز (green) و لباس‌های محافظ می‌باشند.

۳۶۴۲۱ کاربردهای خودروسازی

برخی از صاحب نظران صنعتی اعتقاد دارند که اولین کاربرد نانوکامپوزیت‌های زیستی مذکور، قطعات تجزیه‌پذیر زیستی برای خودروهای سبز خواهند بود. پیش بینی می‌شود این مواد در این حوزه تا پیش از سال ۲۰۰۸، کاربرد تجاری نخواهند داشت.

۳۶۴۲۲ کاربردهای نساجی

می توان از الیاف نانوکامپوزیت زیستی کتانی مقاوم در برابر حرارت، در ساخت لباس‌های محافظ برای ماموران آتش‌نشانی

www.ShimiPedia.ir

و سایر افراد مربوطه استفاده کرد. بر خلاف پوشش‌های نسوز معمولی، پوشش‌های نانوکامپوزیتی مذکور هم ویژگی‌های ضد آتش خاک رس را دارند، هم از نرمی و انعطاف پذیری کتان برخوردارند.

۳۳۶۴۳ سایر کاربردها

علاوه بر قطعات اتومبیل، پلاستیک‌های زیستی سلولزی تقویت شده با نانوالیاف، کاربردهای بالقوه فراوان دیگری نیز دارند. این کاربردها شامل بسته‌بندی غذا، مواد کشاورزی و محصولات پزشکی/دامپزشکی است.

هم اکنون محققان در حال بررسی قابلیت نانوکامپوزیت‌های کتان/خاک رس برای استفاده به عنوان مرهم‌های زخم‌های مزمن و سوختگی هستند. یکی دیگر از کاربردهای بالقوه این مواد، ابزارهای ارزان قیمت و یکبار مصرف برای تصفیه آب است که قادر به حذف فلزات و ترکیبات سمی از آب آلوده باشند. در ساخت این ابزارها از کتان درجه پایین (پس مانده) که از لحاظ شیمیایی اصلاح شده است، استفاده می‌شود.

در سال ۲۰۰۵، مؤسسه ملی Academies Keck FUTURES امریکا، کمک هزینه‌ای برای محققان دانشگاه یل و دانشگاه تگزاس برای پروژه‌ای به نام «نانوکامپوزیت‌های زیستی برای تبدیل نور خورشید به الکتریسیته» اعطا کرد. این محققان تلاش می‌کنند که فناوری‌نانو و فناوری زیستی را به منظور ساخت یک سیستم برای جذب انرژی خورشیدی به کار گیرند. البته هدف آنها طراحی سیستمی برای تولید انبوه است که جوابگوی گستره وسیعی از نیازهای بخش انرژی باشد.

۳۳۶۳۵ سازندگان

بر طبق برخی از گزارش‌ها، بیشتر سازندگان اصلی پلاستیک به دنبال پلاستیک‌های تجزیه‌پذیر زیستی تقویت شده با نانوالیاف هستند. با این حال ما نتوانستیم اطلاعات بیشتر و دقیق‌تری در مورد فعالیت‌های تحقیق و توسعه سازندگان این حوزه به دست آوریم.

۳۳۷ انواع دیگر نانوکامپوزیت‌ها

در این بخش به دسته‌ای از نانوکامپوزیت‌ها پرداخته می‌شود که به شکل دقیق در هیچ کدام از گروه‌های ذکر شده در بالا، قرار نمی‌گیرند. به عبارت دیگر، نانوکامپوزیت‌های مذکور دارای چندین ماده هستند که آنها را به گروه‌های نانوکامپوزیتی مختلف مربوط می‌کند و یا دارای یک فرمول‌بندی محرمانه بوده و شکل و میزان دقیق محتویات آنها به شدت توسط سازنده، مخفی نگه داشته می‌شود. نمونه‌هایی از این مواد عبارتند از:

- غشاهای پیل سوختی نانوکامپوزیتی
- نانوکامپوزیت‌های با شکاف باند فوتونیک
- نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/روغن گریز

۳۳۷۱ غشاهای پیل سوختی نانوکامپوزیتی

غشاهای نانوکامپوزیتی برای استفاده در پیل‌های سوختی غشایی مبادله پروتون (PEMFC) و پیل‌های سوختی متانول مستقیم (DMFC) طراحی شده‌اند. بیشتر پیل‌های سوختی دارای دو الکترود هستند: یک آند منفی و یک کاتد مثبت. این دو الکترود به وسیله یک الکترولیت جامد یا مایع که ذرات باردار را در بین دو الکترود حمل می‌کند، از یکدیگر جدا شده‌اند.

۳۳۷۱۱ مواد

پیل‌های سوختی بر طبق ماهیت الکترولیت دسته‌بندی می‌شوند. در یک PEMFC، الکترولیت یک غشای پلیمری نازک است که پروتون‌ها از آن نفوذ می‌کنند ولی الکترون‌ها را عبور نمی‌دهد. هیدروژن درون پیل سوختی و بر روی آند جریان می‌یابد و به یون‌های هیدروژن مثبت (پروتون‌ها) و الکترون‌ها تجزیه می‌شود.

در حالی که یون‌های هیدروژن از طریق غشای مذکور به سمت کاتد می‌روند، الکترون‌ها در یک مدار خارجی جریان یافته و الکتریسیته تولید می‌کنند. همچنین می‌توان از یک غشای پلیمری به عنوان الکترولیت استفاده کرد. DMFCها شکل تغییر یافته‌ای از PEMFCها هستند که از اتانول، به شکل مستقیم و بدون هیچ گونه بهسازی اولیه، استفاده می‌کنند.

معمولاً از یک کوپلیمرتترافلوئوراتیلن سولفوناته (sulfonated tetrafluorethylene) به‌نام Nafion که در دهه ۱۹۶۰ توسط DuPont عرضه شد، به عنوان غشای مبادله یون در PEMFCها و DMFCها استفاده می‌شود. این پلیمر عضوی از یک دسته از پلیمرهای مصنوعی با ویژگی‌های یونی است. به این مواد، یونومر (ionomer) گفته می‌شود. همان طوری که گفته شد، Nafion به یون‌های هیدروژن محلول اجازه عبور داده ولی مانع عبور الکترون‌ها می‌شود. کاربردهای پیل‌های سوختی بر اساس این قابلیت Nafion به وجود آمده‌اند.

در حالت کلی، موانع تجاری‌سازی پیل‌های سوختی PEM، به مواد هادی پروتون مانند Nafion مربوط می‌شوند. این غشاها

www.ShimiPedia.ir

گران بوده، در دماهای بالا رفتار مکانیکی مطلوبی نداشته و تنها در حضور آب به پروتون‌ها اجازه عبور می‌دهند. به همین دلیل دمای کاری چنین پیل‌هایی، ۸۰ درجه سانتیگراد است و در این دما به دلیل سینتیک پایین الکترود و تحمل پایینِ CO، کارآیی پیل سوختی پایین است.

برای غلبه بر محدودیت‌های مذکور، هم اکنون دسته‌ای از غشاهای نانوکامپوزیتی که دارای نانوذرات معدنی مانند خاک رس، زیرکونیا، سیلیس، تیتانیا و زئولیت‌ها هستند، در دست توسعه هستند. تمام این مواد، نسبت به Nafion اصلاح نشده، دارای رسانایی بالاتر و آبگیری بهتر و همچنین ویژگی‌های گرمایی و مکانیکی بهتری هستند.

۳۲۷۱۳۲ انواع غشاهای پیل سوختی نانوکامپوزیتی

در اوایل سال ۲۰۰۶، سخن گفتن درباره اینکه کدامیک از فناوری‌های غشای نانوکامپوزیتی تجاری خواهند شد، دشوار بود. به همین دلیل در این گزارش تمام فناوری‌های مربوطه در قالب یک گروه بررسی می‌شوند.

۳۲۷۱۳۳ کاربردها

- کاربردهای انرژی:

PEMFCها اولین گزینه برای تأمین نیروی محرکه خودروهای دارای پیل سوختی هستند. انتظار می‌رود که این خودروها از حدود سال ۲۰۱۰ به شکل فزاینده‌ای وارد بازار شوند. احتمالاً اولین کاربرد DMFC در رایانه‌های همراه و سایر ابزارهای الکترونیکی خواهد بود. انتظار می‌رود که چنین کاربردهایی در ۵ سال آینده ظهور یابند.

۳۲۷۱۳۴ سازندگان

بیشتر تحقیقات منتشر شده بر روی غشاهای نانوکامپوزیتی پیل سوختی، توسط آزمایشگاه‌های دانشگاهی و دولتی انجام گرفته است. با این وجود، شرکت کانادایی SiM Composites، به دنبال توسعه یک فناوری غشایی نانوکامپوزیتی جدید به نام Sicopion است. شرکت مذکور در این راه، از یک پلیمر اصلاح‌شدهٔ پلی‌اتراترکتون یا PEEK که نانوذرات سیلیس به آن اضافه می‌شوند، استفاده می‌کند.

۳۲۷۳۲ نانوکامپوزیت‌های با شکاف باند فوتونیک

فوتونیک فناوری تولید و کنترل نوراست و یکی از مهم‌ترین اهداف آن، انتقال اطلاعات با استفاده از نور است. بلورهای فوتونیکی، ساختارهای عایق (دی الکتریک) متناوبی هستند که طول موج‌های خاصی از نور را پراکنده کرده و به آن طول موج‌ها اجازه عبور را نمی‌دهند (به این طولِ موج‌ها «شکاف باند» گفته می‌شود). ویژگی‌های گیراندازی نوریِ بلورهای فوتونیک، موجب شده تا در آینده، کاربردهای بالقوه فراوانی مانند لیزرهای کم انرژی، رایانه‌های دارای سرعت بالا وَ ارتباطات از راه دور داشته باشند.

۳۲۷۳۱ مواد

یک بلور فوتونیکی شامل شبکه‌ای از مواد با ضریب شکست پایین است که به شکل متناوب و در بازه‌های منظمی در بین نواحی دارای ضریب شکست بالا پخش شده‌اند. اوپال‌ها نمونه‌ای از بلورهای فوتونیکی طبیعی هستند که شکاف باند نسبتا کوچکی تولید می‌کنند. اوپال‌های طبیعی از کره‌های سیلیسی با ابعاد ۲۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر تشکیل یافته‌اند. این مواد در یک ژلِ شبه معدنی (mineraloid) معلق می‌باشند و بنابراین نانوکامپوزیت نیستند.

تاکنون انواع مختلفی از مواد با شکاف باند فوتونیکی نانوکامپوزیتی ساخته شده‌اند. این نانوکامپوزیت‌ها از برخی از پلیمرهای آلی به عنوان مواد زمینه استفاده می‌کنند.

۳۲۷۳۲ ساخت

می‌توان از طریق کنترل میزان نانوذرات معدنی (سیلیس، TiO2) در مادهٔ مورد استفاده، ویژگی‌های نوری مهمی چون ضریب شکست را بیش از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد (با توجه به ماده پلیمری مربوطه) تغییر داد.

با یک حساب تخمینی کلّی می‌توان گفت برای ساختَ یک بلور فوتونیکی باید با ساختارهایی کار کرد که ابعاد آنها در حدود یک دهم طول موج نوری است که به وسیله آنها پراکنده می‌گردد. بنابراین، برای ساخت بلورهای فوتونیکی که طول موج‌های نزدیک پرتو زیر قرمز (۱ میکرون) و مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) را پراکنده سازند، باید بلورهای نانوساختار به میزان قابل توجهی کوچک شوند.

یکی از اصلی‌ترین ملزومات ساخت ابزارهای میکروفوتونیک مانند بلورهای فوتونیکی، قابلیت کنترل ضریب شکست است.

www.ShimiPedia.ir

به منظور اطمینان از پراکندگی پایین نور، یعنی شفاف بودن لایه‌های پوشش داده‌شده نسبت به نور مادون قرمز و نور مرئی، برای کاربردهای بلوری فوتونیکی می‌توان مقادیر بالایی (تا ۶۰ درصد وزنی) از نانوذرات را در پلیمر میزبان توزیع کرد.
نانوکامپوزیت‌های با شکاف باند فوتونیکی را می‌توان با روش‌های مختلفی مانند خودآرایی، مشابه با خود سامانی بلورهای فوتونیکی در اوپال طبیعی ساخت. به عنوان مثال در روشی که توسط جودی ویجهوون (Judith Wijnhoven) و ویلم واس (Willem Vos) از دانشگاه آمستردام ابداع شده است، از خودآرایی (self-arrangement) کره‌های سیلیسی با ابعاد کوچکتر از میکرومتر، در یک مخلوطِ معلق کلوییدی و پرکردن فضاهای خالی بین کره‌ها با محلول دی‌اکسیدتیتانیوم، استفاده شده است. محلول مذکور یک واکنش شیمیایی انجام داده و به این شکل، تیتانیای جامد تشکیل می‌شود.
در پتنت(6,752,868 U. S. Patent) که در سال ۲۰۰۴ از سوی مؤسسه تحقیق و توسعهٔ MCNC در پارک تحقیقاتی Triangle واقع در کارولینای جنوبی ثبت شد، یک فرآیند خودآرایی لایه به لایه برای ساخت یک بلور فوتونیکی سه‌بعدی تشریح شده است.
طبق پتنت مذکور، «یک زیرلایه الگو از میکروکره‌ها، از یک ماده اولیه ساخته می‌شود. ماده اولیه از جنسی است که می‌تواند بر روی زیرلایه مذکور بچسبد و یک لایهٔ خود واکنش دهنده از میکروکره‌های اولیه به وجود بیاورد. به این ترتیب، اولین لایه (یا لایه اولیه) ساخته می‌شود».
«اولین لایه در معرض میکروکره‌های ثانویه که از یک ماده ثانویه ساخته شده‌اند، قرار می‌گیرد. ماده ثانویه از جنسی است که می‌تواند بر روی اولین لایه بچسبد و لایهٔ خود واکنش‌دهنده از میکروکره‌های ثانویه به وجود بیاورد. با تکرار متناوبِ لایه‌های میکروکره‌ای اولیه و ثانویه تا حد مطلوب، می‌توان یک بلور فوتونیک سه‌بعدی با شکل هندسی دلخواه تولید کرد».
علاوه بر این، جان هالتز (John Holtz) و استنفورد اشر (Sanford Asher) از دانشگاه پیتزبورگ، با استفاده از مخلوط معلقی از کره‌های پلیمری در یک لایه هیدروژلی (یک پلیمر مصنوعی که آب جذب می‌کند) ، بلورهای فوتونیکِ «قابل تنظیم» ساخته‌اند. در این بلورها می‌توان طول موجِ باند گپ را از طریق انقباض یا انبساطِ هیدروژل، تنظیم کرد.

۳۳۷۳۲ کاربردها
ویژگی‌های گیراندازی نوری در بلورهای فوتونیک، موجب شده تا در آینده، کاربردهای بالقوه فراوانی در لیزرهای کم انرژی، رایانه‌های سرعت بالا و مخابرات از راه دور، داشته باشند.

۳۳۷۳۲۴ سازندگان
تاکنون بلورهای فوتونیکی که دارای نانوکامپوزیت‌های شکاف باند فوتونیک هستند در ابعاد تجاری وارد بازار نشده‌اند. شرکت‌هایی که به تحقیق و توسعه بر روی نانو بلورهای فوتونیک اشتغال دارند، Luxtera، Agilent و Mesophotonics هستند.

۳۳۷۳۳ نانوکامپوزیت‌های دارای سیلزسکیوکسان اولیگومری چند وجهی
سیلزسکیوکسان‌های اولیگومری چند وجهی (Polyhedral oligomeric silsesquioxanes or POSS) مولکول‌های مصنوعی هستند که ابعاد آنها به طور میانگین در سه جهت، حدود ۱/۵ نانومتر است.

۳۳۷۳۱ مواد، ساخت و ویژگی‌های نانوکامپوزیتی
می توان افزودنی‌های POSS را از طریق ساخت کوپلیمر و یا ادغام در پلاستیک‌های مختلف اضافه کرد. افزودنی‌های مذکور، ویژگی‌های فیزیکی و حرارتی اکثر پلاستیک‌ها را به شکل چشمگیری بهبود می‌دهند.

۳۳۷۳۲ کاربردها و سازندگان
افزودنی‌های POSS در کاربردهای علوم زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
-کاربردهای علوم زیستی
شرکت Pentron Corp که یک عرضه‌کننده محصولات دندانپزشکی است، یک چسب دندانی دارای POSS، به نام NanoBond به بازار عرضه می‌کند که برای چسباندن روکش دندان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳۳۷۳۴ نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/روغن‌گریز
نانوکامپوزیت‌های آب گریز/روغن گریز، آب، نفت و گریس را دفع می‌کنند.

www.ShimiPedia.ir

۳۷۳۴۷۱ مواد، ساخت و ویژگی‌های نانوکامپوزیت

شـرکت Nanogate GmbH دسـته‌ای از محصولات مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/روغن‌گریز را عرضه می‌کند. در مورد ترکیب محصولات مذکور اطلاعات بسیار کمی در دست است.

بر طبق برخی از گزارش‌ها، فناوری نانوکامپوزیتی شرکت Nanogate بر اساس یک ماده نانوکامپوزیتیِ خودآرا طراحی شده است. این ماده با تجزیه‌شدن یک ماده کامپوزیتی (که عمدتاً دارای الکل و ماسه است) به نانوذرات ساخته می‌شود.

برخی از نانوذراتِ حاصله، چسـبناک هسـتند و طبیعتاً به سمت سطح زیرلایه رفته و به آن می‌چسبند، اما سایر ذرات به سمت هوا رفته و مانع از چسبیدن آلودگی‌ها و گریس به پوشش محافظ می‌گردند. نانوذراتی که ماهیت اتصالی دارند، مانع از جدایی لایه‌های بیرونی و درونیِ پوشـش مذکور می‌گردند و به این ترتیب، سـطحی ساخته می‌شود که هم آب‌گریز هم روغن‌گریز است.

۳۷۳۴۷۲ کاربردها و سازندگان

فناوری شـرکت Nanogate چندین کاربرد تجاری دارد. یکی از آنها یک واکسِ اسـکیِ نانوکامپوزیتی جدید اسـت که توسط شرکت Holmenkol Sport Technologies و با همکاری شرکت Nanogate GmbH ساخته و با نام تجاری Nanowax به بازار عرضه شـده است. این محصول، ویژگی‌های لغزشی و چرخشـیِ چوب و تخته‌های اسکی را به‌طور چشمگیری بهبود می‌بخشد.

همچنین شرکت Nanogate دو پوشش نچسبِ نانوکامپوزیتی را با نام‌های Wondergliss و Sekcid، ساخته و به بازار عرضه کرده اسـت. این پوشـش‌ها در سطوح شیشه‌ایِ و سـرامیکیِ حمام‌ها و آشـپزخانه‌ها کاربرد دارند و تمیز کردن این سطوح را آسان‌تر می‌کنند.

www.ShimiPedia.ir

www.ShimiPedia.ir

بخش ۴

تحلیل پتنت

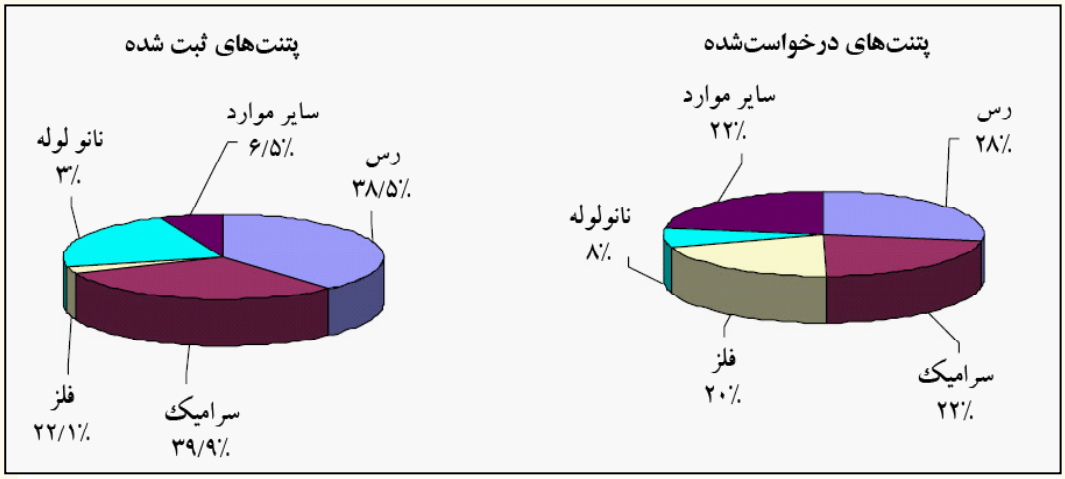
www.ShimiPedia.ir

۴ تحلیل پتنت

۴-۱ پتنت‌ها و درخواست‌های ثبت پتنت بر مبنای نوع نانوکامپوزیت

BCC Research، از طریـق جسـتجوی کلمات کلیدی مربوطـه در پایگاه داده اداره پتنت امریـکا (U. S. Patent Office) دریافت که در بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵، حداقل ۳۷۱ پتنت در زمینه نانوکامپوزیت‌ها ثبت شده و همچنین تا پایان سال ۲۰۰۵، ۵۴۴ درخواست ثبت پتنت در این زمینه در دست اقدام است.

سهم نانوکامپوزیت‌های رسی از درخواست‌های ثبت پتنت، کمتر از سهم آنها در پتنت‌های ثبت شده است (به ترتیب ۲۸ و ۳۹ درصد) . نانوکامپوزیت‌های سرامیکی (۲۲ و ۳۰ درصد) و فلز/اکسید فلزی (۲۰ و ۲۲ درصد) نیز وضعیت مشابهی دارند که این امر می‌تواند نشان‌دهنده کاهش نسبی در گرایش به سمت این فناوری‌ها نسبت به سایر فناوری‌های نانوکامپوزیتی باشد.



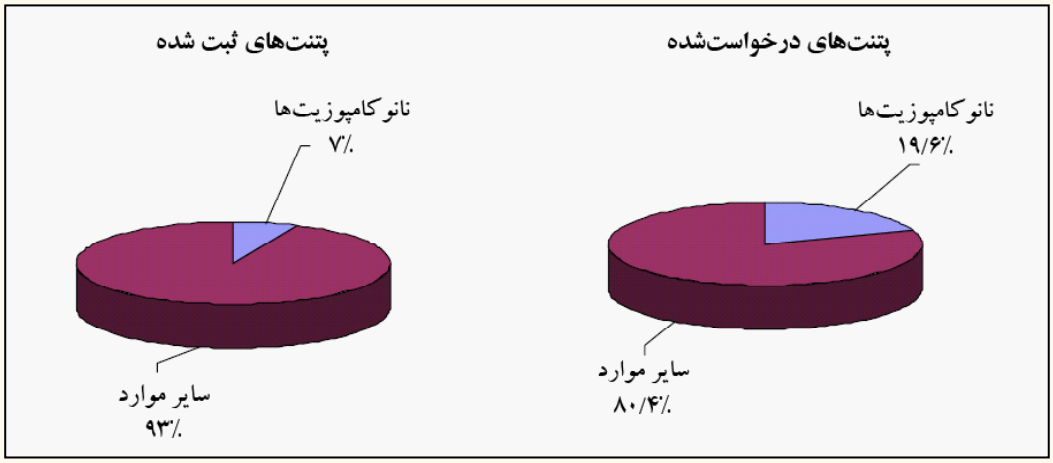
شکل ۱- درصد پتنت‌ها و درخواست‌های ثبت پتنت در امریکا بر حسب نوع نانوکامپوزیت

جزییات شکل ۱				
درخواست‌های ثبت پتنت(USPTO) تا پایان دسامبر ۲۰۰۵		پتنت‌های منتشر شده(USPTO) بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۰۵		
درصد	تعداد	درصد	تعداد	نانوکامپوزیت
۲۸	۱۵۱	۳۸/۵	۱۴۳	رس
۲۲	۱۱۹	۲۹/۹	۱۱۱	سرامیک
۲۰	۱۱۰	۲۲/۱	۸۲	فلز/اکسیدفلزی
۲۲	۱۲۲	۶/۵	۲۴	سایرموارد/NEC
۸	۴۲	۳/۰	۱۱	نانولوله
۱۰۰	۵۴۴	۱۰۰/۰	۳۷۱	مجموع

در حالی که درصد درخواسـت ثبت پتنت فناوری‌های نانوکامپوزیتی نانولوله‌ای نسبت به پتنت‌های ثبت شده بیشتر است. (به ترتیب ۸ و ۳ درصد) . سایر فناوری‌های نانوکامپوزیتی نیز وضعیت مشابهی دارند. (۲۲ و ۷ درصد) .

حدود ۷ درصد از کل پتنت‌های فناوری‌نانوی امریکا، از سـال ۱۹۷۶ تاکنون، به نانوکامپوزیت‌ها اختصاص داشـته است. این میزان در مورد درخواست‌های ثبت پتنت بیشتر است و به حدود ۲۰ درصد می‌رسد.

www.ShimiPedia.ir



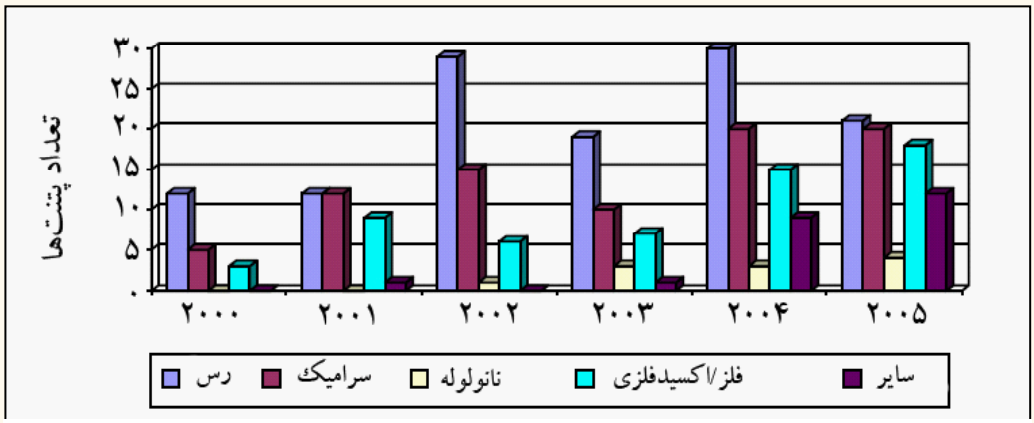
شکل ۲- درصد پتنت‌های نانوکامپوزیت‌ها در امریکا در مقابل کل پتنت‌های فناوری‌نانو

جزییات شکل۲				
درخواست‌های ثبت پتنت(USPTO) تا پایان دسامبر ۲۰۰۵		پتنت‌های منتشر شده(USPTO) بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۰۵		
درصد	تعداد	درصد	تعداد	بخش
۱۹/۶	۵۴۴	۶/۶	۳۷۱	نانوکامپوزیت
۸۰/۴	۲/۲۳۶	۹۳/۴	۵/۲۷۵	دیگر فناوری‌های نانویی
۱۰۰/۰	۲/۷۸۰	۱۰۰/۰	۵/۶۴۶	مجموع

۲.۴ روند ثبت پتنت در طول زمان

اگر روند تغییرات تعداد سالانه پتنت‌های نانوکامپوزیتی ثبت شده در امریکا را به عنوان یک شاخص در نظر بگیریم، گرایش کلی به سمت نانوکامپوزیت‌ها در حال افزایش است. تعداد کل پتنت‌های نانوکامپوزیت ثبت شده، که توسط BCC Research تشخیص داده شده‌اند، از ۲۰ مورد در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۷۵ مورد در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ ارتقا یافته است.

این روند روبه افزایش، در پتنت‌های نانوکامپوزیت‌های رسی، سرامیکی، نانولوله‌ای و فلزی/اکسید فلزی نیز مشاهده می‌شود و تمام این پتنت‌ها، در ۵ سال گذشته، روند رو به رشدی داشته‌اند. با این وجود، این افزایش در طول زمان، برای نانوکامپوزیت‌های سرامیکی، فلز/اکسید فلزی و سایر انواع چشمگیرتر بوده است.



شکل ۳- روندِ ثبت پتنت‌های فناوری‌نانو در امریکا بر حسب نوع فناوری، در سالهای ۲۰۰۵ -۲۰۰۰

www.ShimiPedia.ir

جزییات شکل ۳						
	تعداد سالانهٔ پتنت‌های آمریکا					
نوع نانوکامپوزیت	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵
خاک رس	۱۲	۱۲	۲۹	۱۹	۳۰	۲۱
سرامیک	۵	۱۲	۱۵	۱۰	۲۰	۲۰
نانولوله	۰	۰	۱	۳	۳	۴
فلز/اکسیدفلزی	۳	۹	۶	۷	۱۵	۱۸
سایر	۰	۱	۰	۱	۹	۱۲
مجموع	۲۰	۳۴	۵۱	۴۰	۷۷	۷۵

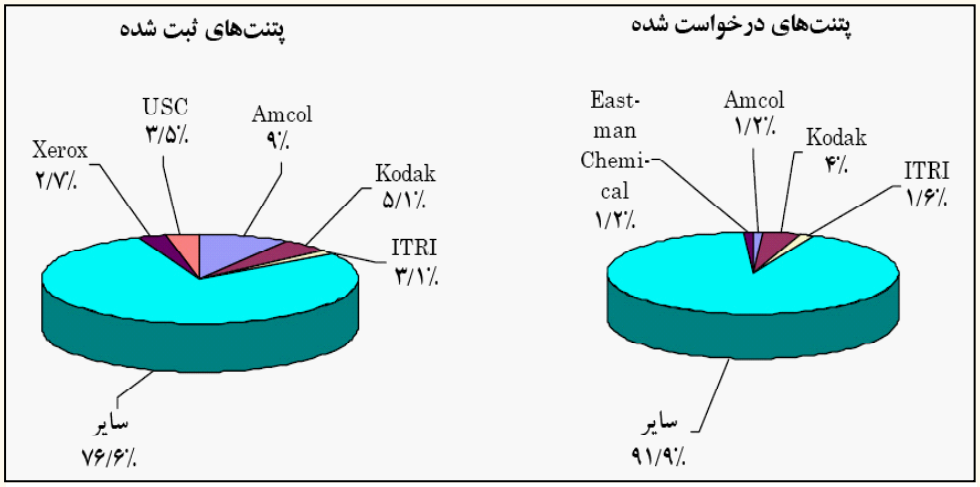
۴.۳ دارندگان پتنت

این بخش به تحلیل مشخصات دارندگان پتنت‌های نانوکامپوزیت می‌پردازد.

نهادهای شخصی (INDIVIDUAL ENTITIES)

شرکت Amcol International با ۲۳ پتنت بیشترین تعداد پتنت‌های نانوکامپوزیت را در آمریکا به خود اختصاص داده است. پس از آن، شرکت Eastman Kodak با ۱۳ پتنت (۵ درصد) در مکان دوم قرار داشته و به دنبال آن دانشگاه کارولینای جنوبی با ۹ پتنت (۵ درصد)، مؤسسه تحقیقات صنعتی و فناوری تایوان با ۸ پتنت (۳ درصد) و شرکت Xerox Corp با ۷ پتنت (۳ درصد) در مکان‌های بعدی قرار دارند.

سایر دارندگان عمده پتنت Institut für neue Materialen از آلمان، شرکت Nanoproducts، شرکت Eastman Chemical و the Nederlandse Organisatie voor Toegepast و Xerox هرکدام با ۵ پتنت هستند.



شکل ۴- دارندگان اصلی پتنت‌های نانوکامپوزیت (بر حسب درصد)

جزییات شکل ۴				
	پتنت‌های آمریکا		درخواست‌های ثبت پتنت آمریکا	
مالک	تعداد	درصد	تعداد	درصد
Amcol International	۲۳	۹/۰	۴	۱/۲

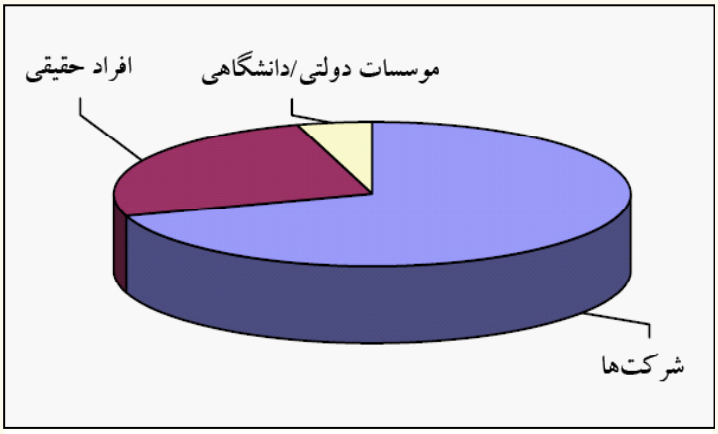
www.ShimiPedia.ir

جزییات شکل ۴				
درخواست‌های ثبت پتنت آمریکا		پتنت‌های آمریکا		
۴/۰	۱۳	۵/۱	۱۳	Kodak
--	--	۳/۵	۹	دانشگاه کالیفرنیای جنوبی
۱/۶	۵	۳/۱	۸	موسسه تحقیق و فناوری صنعتی(تایوان)
--	۱	۲/۷	۷	زیراکس
۱/۲		---	---	Eastman Chemical
۹۱/۹	۲۹۵	۷۶/۶	۱۹۶	سایر
۹۹/۹	۳۱۸	۱۰۰/۰	۲۵۶	مجموع

موضوع مالکیت در مورد درخواست‌های ثبت پتنت اندکی متفاوت است و تعداد صاحبان پتنت ۱، بسیار متنوع‌تر است. شرکت Eastman Kodak با ۱۳ درخواست (۴ درصد از کل درخواست‌ها) در میان بزرگترین درخواست کنندگان ثبت پتنت‌های نانوکامپوزیت قرار دارد. پس از آن، مؤسسه تحقیقات صنعتی و فناوری تایوان با پنج درخواست در مکان دوم و شرکت‌های Amcol International و Eastman Chemical هرکدام با ۴ درخواست، در مکان بعدی قرار دارند.

انواع مالکان پتنت‌ها

شرکت‌ها (در مقابل مخترعان شخصی و مؤسسات تحقیقاتیِ دانشگاهی و دولتی) ۷۰ درصد از پتنت‌های موجود در زمینه نانومواد در آمریکا را به خود اختصاص داده‌اند.

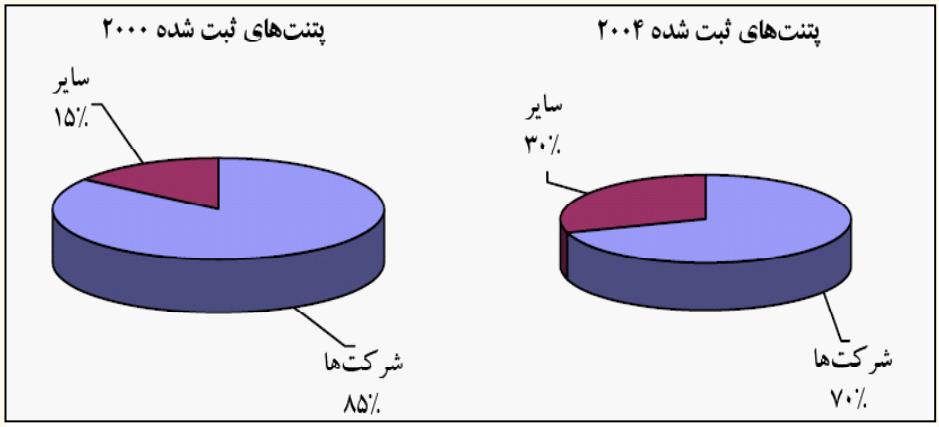


شکل ۵- سهم پتنت‌های نانوکامپوزیت ثبت شده در امریکا از سال ۱۹۷۶ بر حسب نوع مالک (درصدی از کل پتنت‌های صادر شده)

جزییات شکل ۵		
درصد	پتنت‌های نانوکامپوزیت ثبت شده تا ۱۹۷۶	مالک
۷۰	۲۶۰	شرکت
۲۵	۹۳	شخص
۵	۱۸	دولت/دانشگاه
۱۰۰	۳۷۱	مجموع

1. assignees

www.ShimiPedia.ir

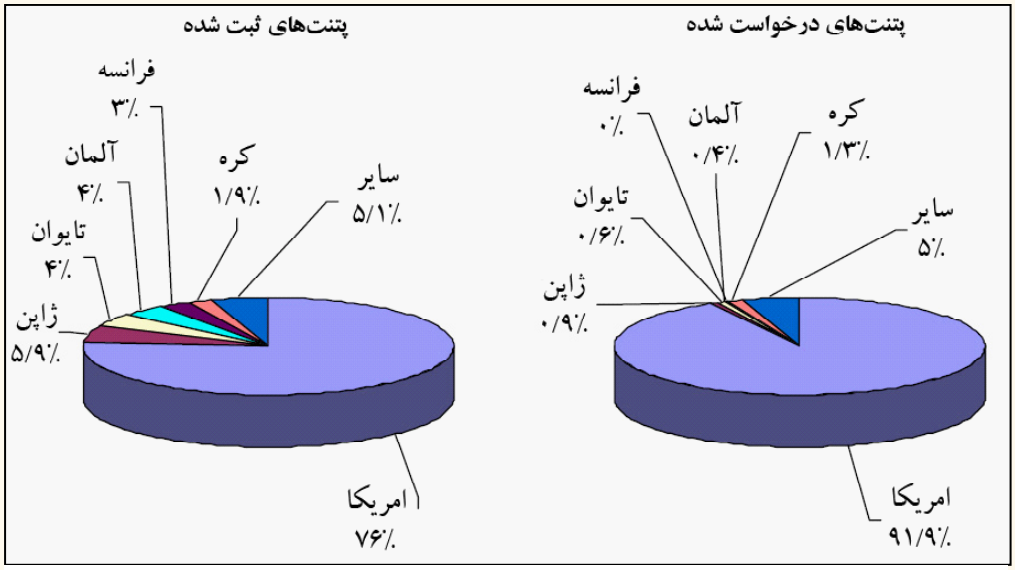


شکل ۶– روند تغییر در نوع مالکان پتنت (شرکت‌ها و سایر انواع) در سال‌های ۲۰۰۵–۲۰۰۰

جزییات ملیتِ مالکان پتنت				
پتنت‌های ثبت شده درسال ۲۰۰۵		پتنت‌های ثبت شده در سال ۲۰۰۰		
درصد	تعداد	درصد	تعداد	نوع مالک
۷۰	۵۴	۵۵	۱۷	شرکت ها
۳۰	۲۳	۱۵	۳	سایر
۱۰۰	۷۷	۱۰۰	۲۰	مجموع

لازم به ذکر است که نسبت درصدِ شرکت‌های دارنده پتنت به درصدِ سایر دارندگان پتنت (دانشگاهی، دولتی و شخصی)، در طول ۵ سال گذشته، افت چشمگیری داشته است.

۷۶ درصد از مالکان پتنت‌های نانوکامپوزیت، آمریکایی هستند. پس از آمریکا ملیت‌های ژاپنی (۵/۹ درصد)، تایوانی، آلمانی (۴ درصد)، فرانسوی (۳ درصد) و کره‌ای (۲ درصد) در مکان‌های بعدی قرار دارند. در مورد درخواست‌های ثبت پتنت در دستِ اقدام، سهم مالکان امریکایی ۹۲ درصد است و از میان سایر ملیت‌ها تنها سهم کره بیش از ۱ درصد است.



شکل ۷ – سهم کشورهای صاحب پتنت‌های نانوکامپوزیت

www.ShimiPedia.ir

جزییات شکل۷				
پتنت‌های درخواست شده نانوکامپوزیت‌ها(آمریکا)		پتنت‌های ثبت شده نانوکامپوزیت‌ها از سال ۱۹۷۶(آمریکا)		
درصد	اعداد	درصد	تعداد	ملیت مالک
۹۱/۹	۵۰۰	۷۶/۰	۲۸۲	ایالات متحده آمریکا
۰/۹	۵	۵/۹	۲۲	ژاپن
۰/۶	۳	۴/۰	۱۵	تایوان
۰/۴	۲	۴/۰	۱۵	آلمان
۰/۰	۰	۳/۰	۱۱	فرانسه
۱/۳	۷	۱/۹	۷	کره
۵/۰	۲۷	۵/۱	۱۹	سایر
۱۰۰/۱	۵۴۴	۹۹/۹	۳۷۱	مجموع

www.ShimiPedia.ir

www.ShimiPedia.ir

بخش ۵

بازار جهانی نانوکامپوزیت‌ها، ۲۰۰۵-۲۰۱۱

www.ShimiPedia.ir

۵ بازار جهانی نانوکامپوزیت‌ها، ۲۰۱۱-۲۰۰۵

خلاصه

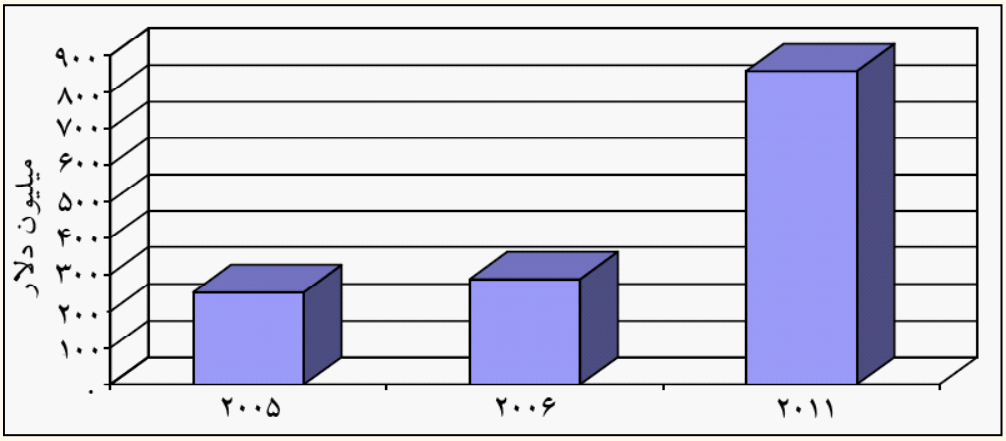
میزان مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها ۲۳۲۰۰ تن به ارزش ۲۵۲ میلیون دلار برای سال ۲۰۰۵ برآورد شده بود. این میزان برای سال ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ به ترتیب ۲۷۸۰۰ تن به ارزش ۲۸۸ میلیون دلار و ۹۵۰۰۰ تن به ارزش ۸۵۷ میلیون دلار پیش‌بینی شده است. همچنین نرخ رشد ترکیبی سالانهٔ میزان مصرف(AAGR) بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱، ۲۸ درصد و ارزش بازار ۲۴ درصد، پیش بینی می‌شود.

جدول۱۴ - میزان مصرف و فروش جهانی نانوکامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۱

نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	۲۰۰۶-۲۰۱۱
نانوکامپوزیت‌های رسی				
وزن (تن)	۱۱۲۹۳	۱۴۶۹۴	۷۱۱۷۳	۳۷/۱
ارزش (میلیون دلار)	۸۹/۷۱	۱۱۰	۳۷۹/۵	۲۸/۱
نانوکامپوزیت‌های سرامیکی				
وزن (تن)	۶/۹۹	۶۸۳۳	۱۳۳۷۷	۱۴/۴
ارزش (میلیون دلار)	۲۵/۳۵۲	۲۷/۹۷۵	۹۹	۲۸/۸
نانوکامپوزیت‌های اکسیدآهن				
وزن (تن)	۲۱۸۸	۲۴۵۹	۴۴۱۴	۱۲/۴
ارزش (میلیون دلار)	۷۰	۷۸/۷	۱۷۱/۲	۱۶/۸
کامپوزیت‌های نانولوله کربنی				
وزن (تن)	۳۴۵۴	۳۶۶۶	۴۹۰۸	۶
ارزش (میلیون دلار)	۵۶/.۲	۵۶/.۶	۶۳/۹۵	۲/۷
نانوکامپوزیت‌های زیستی				
وزن (تن)	۰	۰	NA	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۹	۰
سایر نانوکامپوزیت‌ها				
وزن (تن)	۱۳۳	۱۸۷	۱۱۲۷	۴۳/۲
ارزش (میلیون دلار)	۱۱	۱۵/۲	۱۳۴/۵	۵۴/۷
جمع کل				
وزن (تن)	۲۳۲۶۶	۲۷۸۴۱	۹۵۰۵۶	۲۷/۸
ارزش (میلیون دلار)	۲۵۲/۰۲۸	۲۸۷/۹۳۵	۸۵۷/۱۵	۲۴/۴

NA = موجود نیست / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir



شکل ۸- روند مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها، ۲۰۱۱- ۲۰۰۵، (میلیون دلار)

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC (براساس اطلاعات جدول ۱۴)

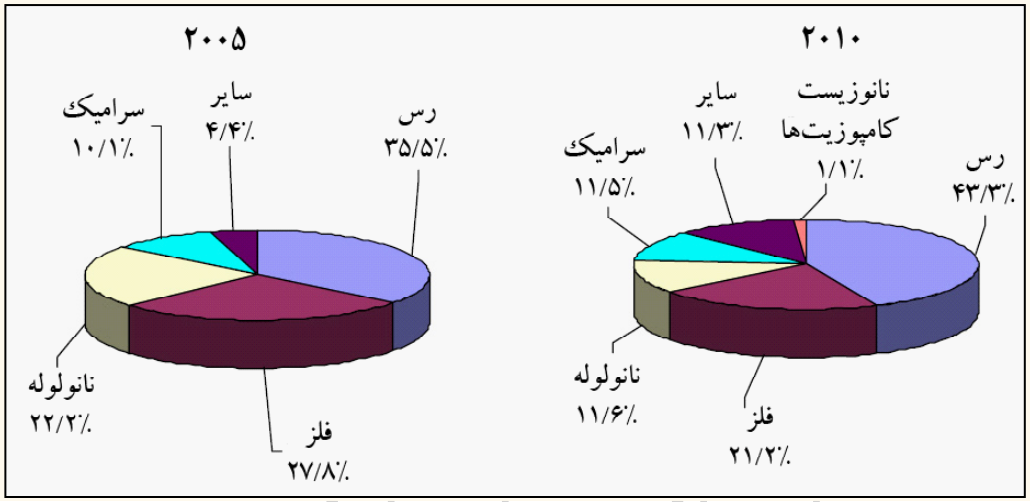
درحالی که این نرخ‌های رشد نسبتاً زیاد به نظر می‌رسند، دیگر مطالعات تحقیقاتی BCC باعث اعتبار این ارقام شده است. برای مثال:

- گزارش تحقیقاتی BCC-GB-290، به ارزیابی بازار واقعی فناوری‌نانو می‌پردازد. طبق این تحقیق بازار کلی فناوری‌نانو (شامل تمام انواع نانومواد و نانوادوات) بر اساس ارزش بازار تا سال ۲۰۰۸، نرخ رشد ترکیبی سالانه ۳۰/۸ درصد دارد.
- طبق گزارش تحقیقاتی BCC-GB-334، پیش‌بینی شده است که نرخ رشد ترکیبی سالانه بازار نانوکامپوزیت‌ها طی ۵ سال آینده ۳۹ درصد باشد.
- براساس مطالعه‌ای که توسط گروه Freedonia درسال ۲۰۰۴ انجام شد، پیش‌بینی شده است نرخ رشد ترکیبی سالیانه بازار نانوکامپوزیت‌های ایالات‌متحده‌امریکا، به تنهایی حداقل تا سال ۲۰۱۰ پیش از ۳۰ درصد باشد.

۵.۱ مصرف نانوکامپوزیت‌ها براساس نوع مواد

جدول زیر میزان مصرف پیش بینی شده نانوکامپوزیت‌ها را براساس نوع مواد نشان می‌دهد. درسال ۲۰۰۵، نانوکامپوزیت‌های رسی، ۳۵ درصد کل مصرف نانوکامپوزیت‌ها را از نظر ارزش، به خود اختصاص دادند. بعد از نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس، نانوکامپوزیت‌های آهن و اکسیدآهن با ۲۸ درصد، و کامپوزیت‌های نانولولهٔ کربنی با ۲۲ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۱۱، سهم بازار نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس تا میزان ۴۴ درصد افزایش یابد.

همچنین پیش‌بینی شده است که بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱، نانوکامپوزیت‌های اکسیدآهن و آهن و نانوکامپوزیت‌های سرامیکی به‌ترتیب ۲۰ و ۱۱/۵ درصد از سهم بازار نانوکامپوزیت‌ها را کسب کنند. به همین ترتیب در طی همین دوره انتظار می‌رود سهم بازار کامپوزیت‌های نانولوله کربنی تا میزان ۷/۵ درصد کاهش یابد.



شکل ۹- مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌ها بر اساس نوع آنها بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف برحسب دلار)

www.ShimiPedia.ir

جزییات شکل ۹ (براساس درصد)		
نوع نانوکامپوزیت	۲۰۰۵	۲۰۱۱
خاک رس	۳۵/۵	۴۳/۳
اکسیدآهن/آهن	۲۷/۸	۲۱/۲
نانولوله	۲۲/۲	۱۱/۶
سرامیک	۱۰/۱	۱۱/۵
نانوزیست کامپوزیت‌ها	۰	۱/۱
سایر	۴/۴	۱۱/۳
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

در جدول ۱۵ نانوکامپوزیت‌هایی که بیشترین میزان رشد را در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ دارند، نشان داده شده‌اند. (لازم به ذکراست که در این فهرست برخی از نانوکامپوزیت‌های عام، مانند کامپوزیت‌هایی که در غشاهای پیل‌های سوختی استفاده می‌شود و در برگیرنده چندین نوع نانوکامپوزیت مجزا هستند، ذکرشده‌اند). نایلون/ مونت‌موریلونیت بیشترین میزان مصرف را بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ خواهد داشت.

در سال ۲۰۰۵ نانوکامپوزیت‌های نایلون/نانولولهٔ چند دیواره، آلومینا/پلی‌اورتان، آب‌گریز/چربی‌گریز بیشترین مصرف را از نظر ارزش داشته‌اند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۱، نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/چربی‌گریز، پلی‌اورتان/ آلومینا، WC/CO و EVA مونت‌موریلونیت بیشترین میزان فروش را از بازار به خود اختصاص خواهند دهند.

جدول ۱۵- نانوکامپوزیت‌های با بیشترین میزان سهم بازار، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (براساس میلیون دلار)				
نانوکامپوزیت‌ها	۲۰۰۵		۲۰۱۱	
	میزان فروش	رتبه فروش	میزان فروش	رتبه فروش
نایلون/ مونت‌موریلونیت	۷۳/۶	۱	۲۶۴/۴	۱
TPO / مونت‌موریلونیت	۰/۹	۸	۲۵/۱	۸
EVA / مونت‌موریلونیت	۴/۲	۷	۳۱	۵
نایلون/ نانولولهٔ چند دیواره	۲۸/۵	۲	۲۶/۳	۵۷
الیاف PVOH /SWNT	۰	۹	۷/۵	۱۱
MWNT/PC	۱۶/۷	۴	۱۷	۹
PPE/MWNT	۸/۲	۶	۶/۹	۱۲
CdSe/P۳HT	۰	۹	۳۰	۶
آلومینا/PU	۲۴/۲	۳	۴۲/۹	۳
WC/Co	۰	۹	۳۵	۴
کلسیو فسفات/ سیلیکا	۰	۹	۱۵/۶	۱۰
آب‌گریز/چربی‌گریز	۱۰	۵	۷۵/۳	۲

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

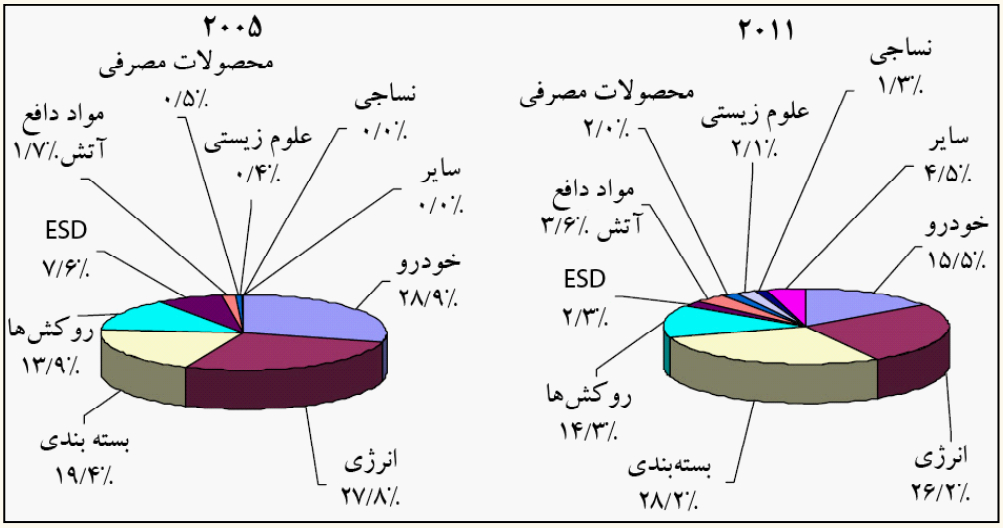
۵.۲ میزان مصرف نانومواد براساس کاربرد

نانوکامپوزیت‌ها در برخی حوزه‌های کاربردی مختلف استفاده می‌شوند که عبارتند از:

- اتومبیل (خودرو)
- نساجی
- انرژی
- بسته‌بندی
- علوم زیستی
- پراکنده‌سازی بار ساکن / کاربردهای اتاق تمیز
- پوشش‌ها
- مواد آتش‌نشانی

درسال ۲۰۰۵، قطعات خودرو، انرژی و بسته‌بندی به ترتیب با ۲۹، ۲۸ و ۱۹ درصد بازار، عمده‌ترین استفاده‌کنندگان کاربردهای نانوکامپوزیت‌ها بودند. درهمین سال، پوشش‌ها و پراکنده‌سازهای بار ساکن‌ها به ترتیب با در اختیار داشتن ۱۴ و ۸ درصد سهم بازار، در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند.

پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۱، حوزه بسته‌بندی با در اختیارگرفتن بیش از۲۸ درصد بازار، عمده‌ترین استفاده‌کننده ازنانوکامپوزیت‌ها باشد. همچنین برآورد می‌شود انرژی با دراختیار داشتن بیش از ۲۶ درصد بازار در سال ۲۰۱۱ در رتبه دوم قرارگیرد. پیش بینی می‌شود نانوکامپوزیت‌ها در صنعت خودروسازی و پوشش‌ها به‌ترتیب با در اختیار داشتن ۱۵، ۱۴ درصد سهم بازار در سال ۲۰۱۱ رتبه‌های سوم و چهارم را به خود اختصاص خواهند داد. سهم بازار هیچ بخش دیگری بیش از ۴ درصد نخواهد بود.



شکل ۱۰- میزان مصرف جهانی نانو کامپوزیت‌ها ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف بر اساس دلار)

جزییات شکل ۱۰				
	۲۰۰۵		۲۰۱۱	
کاربردها	میلیون دلار	درصد	میلیون دلار	درصد
خودرو	۷۲/۸	۲۸/۹	۱۳۲/۶	۱۵/۵
انرژی	۷۰	۲۷/۸	۲۲۴/۲	۲۶/۲
بسته بندی	۴۸/۸	۱۹/۴	۲۴۲/۲	۲۸/۲
پوشش ها	۳۵	۱۳/۹	۱۲۲/۲	۱۴/۳
اتاق تمیز/پراکنده‌سازی بار ساکن	۱۹/۰۷	۷/۶	۱۹/۴۵	۲/۳

www.ShimiPedia.ir

جزییات شکل ۱۰				
	۲۰۰۵		۲۰۱۱	
آتش‌نشانی	۴/۲	۱/۷	۳۱	۳/۶
محصولات مصرفی	۱/۲۲	۰/۵	۱۷/۲	۲
علوم زیستی	۱	۰/۴	۱۸	۲/۱
نساجی	۰	۰	۱۱/۵	۱/۳
سایر	۰	۰	۳۸/۸	۴/۵
جمع کل	۲۵۲/۹	۱۰۰/۲	۳۸/۸	۱۰۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳ پیش‌بینی‌های دقیق بازار

در این بخش پیش بینی بازار نانوکامپوزیت‌های مختلف ارائه می‌شود.

۵۳۱ نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس

در سال ۲۰۰۵ میزان مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس حدود ۱۱۳۰۰ تن با ارزش تقریبی ۹۰ میلیون دلار بود. همچنین میزان مصرف این نانوکامپوزیت‌ها درسال ۲۰۰۶ به ۱۴۷۰۰ تن و ارزش ۱۱۱ میلیون دلار رسید و مؤسسه تحقیقاتی BCC پیش‌بینی کرده است این میزان در سال ۲۰۱۱ به ۲۰۰۷۱ تن با ارزش ۳۹۳ میلیون دلار برسد. همچنین این مؤسسه پیش‌بینی کرده است نرخ رشد ترکیبی سالانه بازار این نانوکامپوزیت‌ها بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ از نظر وزن ۳۷ درصد و از نظر ارزش ۲۹ درصد باشد.

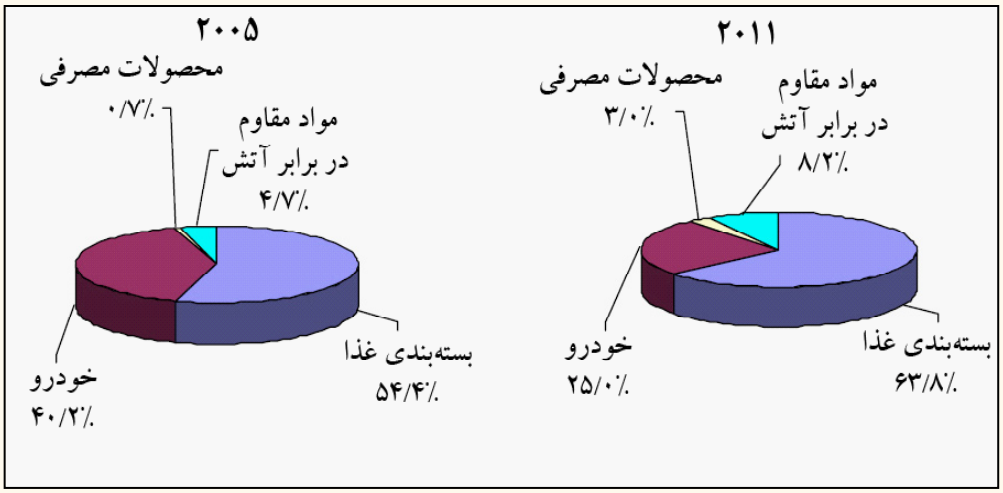
جدول۱۶- پیش بینی فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس تا سال ۲۰۱۱				
نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
نایلون/مونت‌موریلونیت				
وزن (تن)	۱۰۱۲۸	۱۲۹۶۷	۵۴۵۷۶	۳۳/۳
ارزش (میلیون دلار)	۷۳/۶	۸۸/۱	۲۶۴/۴	۲۴/۶
بوتیل / ورمیکولیت				
وزن (تن)	۸۵	۱۴۹	۲۳۸۴	۷۴/۲
ارزش (میلیون دلار)	۰/۶۱	۱/۴۰	۱۱/۵	۶۱/۷
TPO / مونت‌موریلونیت				
وزن (تن)	۲۱۵	۳۹۷	۸۵۰۰	۸۴/۶
ارزش (میلیون دلار)	۰/۹	۱/۶	۲۵/۱	۷۳/۴
EVA/مونت‌موریلونیت				
وزن (تن)	۶۳۰	۸۷۹	۴۶۴۳	۳۹/۵
ارزش (میلیون دلار)	۴/۲	۵/۸۶	۳۱	۳۹/۵
سایرنانوکامپوزیت‌های رسی				
وزن (تن)	۲۳۵	۳۰۳	۱۰۷۳	۲۸/۸

www.ShimiPedia.ir

جدول۱۶- پیش بینی فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس تا سال ۲۰۱۱				
نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
ارزش (میلیون دلار)	۱۰/۴	۱۳/۴	۴۷/۵	۲۸/۸
جمع کل				
وزن (تن)	۱۱۲۹۳	۱۴۶۹۴	۷۱۱۷۳	۳۷/۱
ارزش (میلیون دلار)	۸۹/۷۱	۱۱۰	۳۷۹/۵	۲۸/۱

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

در سال ۲۰۰۵ بسته‌بندی مواد غذایی و قطعات خودرو به ترتیب با در اختیار داشتن ۵۴ و ۴۰ درصد سهم بازار، بیشترین میزان سهم بازار را به خود اختصاص داده بودند. در طی همین سال مواد آتش نشانی و محصولات مصرفی نیز به ترتیب ۵ و ۱ درصد سهم بازار را در اختیار داشتند.



شکل۱۱- میزان مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس توسط استفاده‌کنندگان نهایی، در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف)

جزییات شکل ۱۱				
بخش	میزان مصرف در سال ۲۰۰۵		میزان مصرف در سال ۲۰۰۶	
	میلیون دلار	درصد	میلیون دلار	درصد
بسته‌بندی مواد غذایی	۴۸/۸	۵۴/۴	۲۴۲/۲	۶۳/۸
قطعات خودرو	۳۶/۱	۴۰/۲	۹۴/۸	۲۵
محصولات مصرفی	۰/۶۱	۰/۷	۱۱/۵	۳
مواد مقاوم در برابرآتش	۴/۲	۴/۷	۳۱	۸/۲
جمع کل	۸۹/۷۱	۱۰۰	۳۷۹/۵	۱۰۰

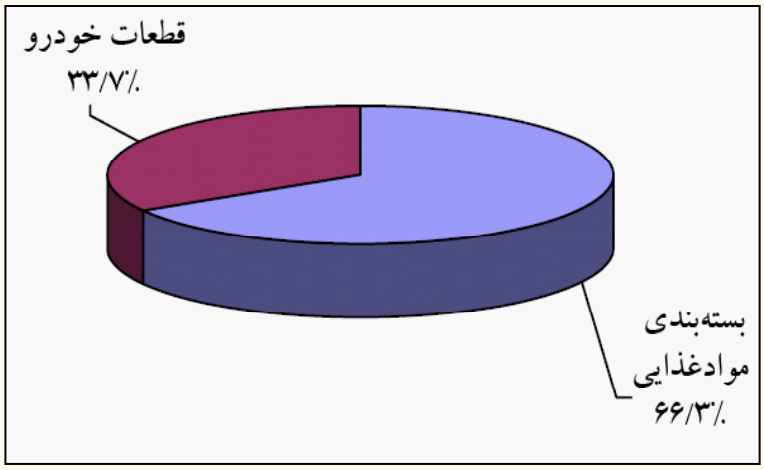
منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

پیش بینی شده است بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱، سهم بازار بسته‌بندی از کل بازار نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس از ۵۴ درصد به ۶۴ درصد افزایش یابد. این درحالی است که برآوردشده است سهم بازار قطعات خودرو از ۴۰ درصد در سال ۲۰۰۵ به ۲۵ درصد در سال ۲۰۱۱، کاهش خواهد یافت. همچنین پیش بینی شده است سهم بازار محصولات مصرفی و مواد مقاوم در برابرآتش افزایش یافته و به ترتیب از ۰/۰۷ و ۰/۵ درصد درسال ۲۰۰۵ به ۰/۳ و ۰/۸ درصد در سال ۲۰۱۱ افزایش خواهد یافت.

www.ShimiPedia.ir

۵۱۱۳۵ نایلون/مونت‌موریلونیت

مؤسســه تحقیقاتی BCC میزان مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت را درسال ۲۰۰۵ حدود ۱۰۱۲۸ تن با ارزش ۷۳/۶ میلیون دلار برآورد کرده اســت. همچنین میزان استفاده صنعت بسته‌بندی مواد غذایی از این نوع نانوکامپوزیت‌ها در سال ۲۰۰۵ حدود ۶۶ درصد از کل مصرف بوده و مابقی سهم بازار در اختیار قطعات خودرو بوده است.



شکل ۱۲- میزان مصرف نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونت‌موریلونیت در سال ۲۰۰۵ (درصد از کل مصرف براساس تن)

جزییات شکل ۱۲		
بخش	میزان فروش در سال ۲۰۰۵	
	تن	درصد
قطعات خودرو	۳۴۱۳	۳۳/۷
بسته بندی مواد غذایی	۶۷۱۵	۶۶/۳
جمع کل	۱۰۱۲۸	۱۰۰

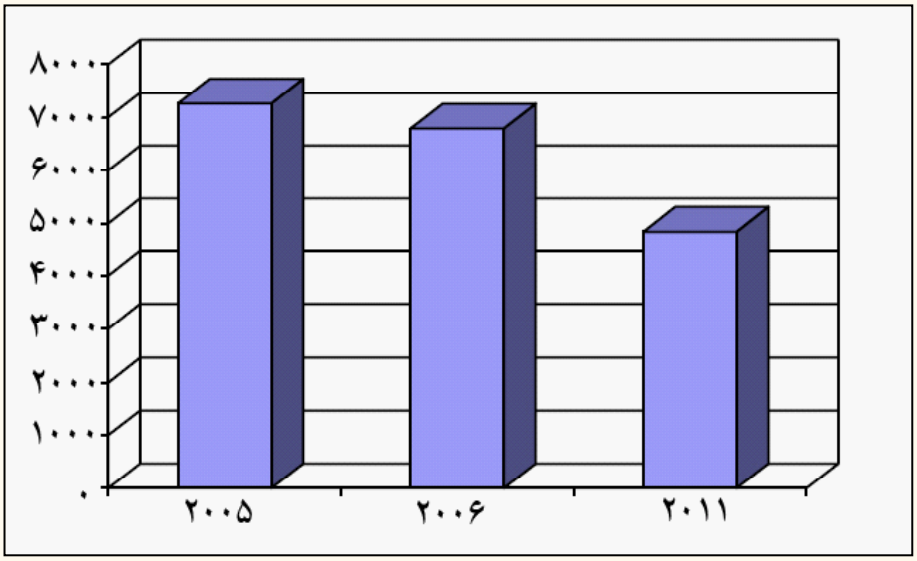
منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

طبق آمار و ارقام مختلف که از صنایع بسته‌بندی نقل شده است، پیش بینی می‌شودکه میزان کل مصرف مواد نانوکامپوزیتی برای کاربردهای بسته‌بندی (به‌خصوص موادغذایی) تا سال ۲۰۱۱ به ۱۰۰ میلیون پوند افزایش یابد. انتظار می‌رود حداقل نیمی از این مواد در بسته‌بندی نوشیدنی‌ها استفاده شود، (شکل ۱۳ را ملاحظه کنید) . پیش بینی می‌شود بازار نانوکامپوزیت‌های نایلون/ مونت‌موریلونیت در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی تا سال ۲۰۱۱ به ۵۰ میلیون تن افزایش یابد.

انتظار می‌رود تلاش‌های تحقیقاتی برای توسـعه کاربردهای نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس در قطعات خودروها به خاطر هزینه نسـبتاً بالای آنها، متوقف شـود. درحالی که انتظار می‌رود سایر نانوکامپوزیت‌ها که هزینه پایین‌تری دارند، همانند TPO /مونتموریلونیت، بیشـتر توسـعه یابند. با این وجود، مؤسسـه تحقیقاتی BCC پیش بینی کرده است با کاهش هزینه‌های تولید نانوکامپوزیت‌های نایلون، کاربردهای جدیدی در خودروسازی برای این مواد پیدا می‌شود. براساس اطلاعات موجود در گزارش بازار نانومواد بر اساس نوع آنها، مؤسسه BCC پیش‌بینی کرده است بازار نانوکامپوزیت‌های نایلون /خاک رس برای برای استفاده در قطعات خودرو با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۵درصد تا سال ۲۰۱۱ به میزان ۴۳۵۰ تن افزایش یابد.

شکل ۱۳، پیش بینی‌های ذکرشده را به صورت نموداری نشان می‌دهد. انتظار می‌رود با بلوغ فناوری‌ها و افزایش حجم تولید، قیمت نانوکامپوزیت‌های نایلون/خاک رس کاهش یابد. مؤسسه BCC پیش‌بینی می‌کند قیمت این نوع نانوکامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۱ در مقایسـه با سـال ۲۰۰۵ به اندازه یک سوم کاهش یابد. در سال ۲۰۰۵ قیمت هر تن از این نانوکامپوزیت‌ها ۷۲۶۶ دلار بود.

www.ShimiPedia.ir



شکل ۱۳- پیش‌بینی روند تغییرات قیمت نانوکامپوزیت نایلون/خاک رس تا سال ۲۰۱۱

جزییات شکل ۱۳ (دلار/تن)			
سال	۲۰۱۱	۲۰۰۶	۲۰۰۵
قیمت(دلار بر تن)	۴۸۴۴	۶۷۹۱	۷۲۶۶

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

میزان مصرف نانوکامپوزیت‌های نایلون/خاک رس درسال ۲۰۰۶ به ۱۰۹۶۷ تن با ارزش ۸۸/۱ میلیون دلار رسیده است. پیش‌بینی می‌شود این مقدار در سال ۲۰۱۱ به ۵۴۵۷۴ تن با ارزش ۲۶۴ میلیون دلار برسد. این ارقام بیانگر رشد ترکیب سالانه ۳۳ درصد از نظر وزن و ۲۵ درصد از نظر ارزش، بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ است.

جدول ۱۷- پیش بینی بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونتموریلونیت تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌ها ی نایلون/مونت‌موریلونییت	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن(تن)				
بسته بندی مواد غذایی	۶۷۱۵	۹۳۸۳	۵۰۰۰۰	۳۹/۷
قطعات خودرو	۳۴۱۳	۳۵۸۴	۴۵۷۴	۵
جمع کل	۱۰۱۲۸	۱۲۹۶۸	۵۴۵۷۴	۳۳/۳
میلیون دلار	۷۳/۶	۸۸/۱	۲۶۴/۴	۲۴/۶

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۱۲ بوتیل/ورمیکولیت

نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکولیت بیشتر در کالاهای ورزشی، به‌خصوص به‌عنوان حائل هوا در توپ‌های تنیس و درآینده احتمالاً در توپ‌های گلف استفاده می‌شوند. طبق برآوردمؤسسه BCC مصرف نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکولیت به‌عنوان حائل هوا در توپ‌های تنیس در سال ۲۰۰۵، حدود ۸۵ تن و به ارزش ۶۱۰۰۰۰ دلار بوده است که تقریباً ۴ درصد از کل فروش بازار جهانی توپ‌های تنیس را تحت تاثیر قرارداده است. به عبارت دیگر ارزش فروش توپ‌های تنیس مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ورمیکولیت در سال ۲۰۰۵ حدود ۳/۸ میلیون دلار از کل مبلغ ۲۲۳ میلیون دلاراین بازار بود.

بازار فروش توپ‌های تنیس در سال‌های اخیر با رکود مواجه بوده است به‌طوریکه در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳، سالانه ۲ درصد

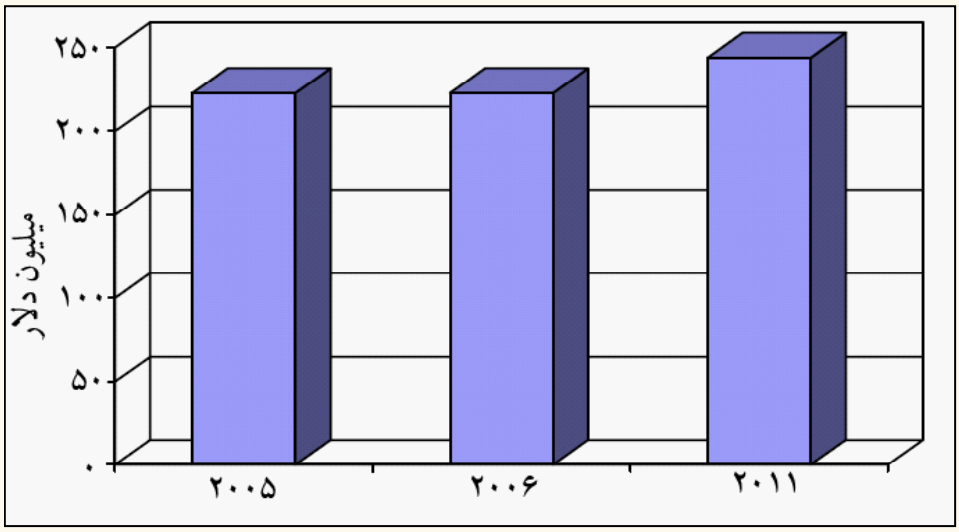
www.ShimiPedia.ir

کاهش یافته اســت. این روند در ســال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ نسـبتاً بهبود یافته و به میزان ۱/۵ درصد در ســال افزایش یافته است. مؤسســه BCC معتقد اســت در صورتی که این روند ادامه پیدا کند، میزان فروش جهانی توپ‌های تنیس از میزان ۲۲۳ میلیون دلار در سال ۲۰۰۵ تا ۲۲۶ میلیون دلار در سال ۲۰۰۶ وتا ۲۴۴ میلیون دلار در سال ۲۰۱۱ افزایش خواهدیافت.

جدول ۱۸- میزان فروش جهانی توپ‌های تنیس مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک تا سال ۲۰۱۱ (میلیون دلار)

طبقه	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
فروش جهانی توپ‌های تنیس	۲۲۳	۲۲۶	۲۲۴	۱/۵
فروش جهانی توپ‌های تنیس مبتنی بر نانوکامپوزیت‌ها	۳/۸	۶/۶	۶۱	۵۶

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC



شکل ۱۴- پیش‌بینی جهانی روندهای بازارتوپ‌های تنیس، ۲۰۱۱ - ۲۰۰۵ (میلیون دلار)

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

احتمالاً ســهم بازار توپ‌های تنیس حاوی نانوکامپوزیت‌های رســی، افزایش خواهد یافت. بر اساس فروش شرکت Inmat، یکی از تولیدکنندگان عمده پوشاننده‌های حایل هوای مبتنی بر نانوکامپوزت‌های رسی، مؤسسه BCC پیش بینی می کند تا سال ۲۰۱۱، این محصول حداقل ۲۵ درصد از سهم بازار را کسب کند و ارزش فروش آنها به ۶۱ میلیون دلار برسد.

مؤسسه تحقیقاتی BCC پیش بینی می کند با افزایش حجم تولید، قیمت بوتیل/ ورمیکولیت از سطح ۷۱۵۰ دلار در سال ۲۰۰۵ به ۷۰۰۰ دلار در ســال ۲۰۰۶ و ۴۸۲۵ دلار در ســال ۲۰۱۱ کاهش یابد. طبق برآوردها مصرف جهانی مواد حایل هوای مبتنی بر نانوکامپوزیت بوتیل/ ورمیکولیت در ســال ۲۰۰۶ حدود ۱۴۸/۶ تن و به ارزش ۱/۰۴ میلیون دلار اســت. همچنین پیش بینی می‌شود این رقم برای سال ۲۰۱۱ حدود ۲۲۸۳/۶ تن با ارزش ۱۱/۵ میلیون دلار باشد. براین اساس، نرخ رشد ترکیبی سالانه این محصولات بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ از نظر ارزش ۷۴/۲ و از نظر وزن ۶۱/۷ درصد است.

جدول ۱۹- میزان فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های بوتیل/ ورمیکولیت تا سال ۲۰۱۱

نانوکامپوزیت‌های بوتیل ورمیکولیت	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGRدرصد ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۸۵	۱۴۹	۲۳۸۴	۷۴/۱
ارزش (میلیون دلار)	۰/۱۶	۱/۰۴	۱۱/۵	۶۱/۷

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

۵۳۱۳۵ TPO/مونتموریلونیت

در سال ۲۰۰۵، صنعت خودروسازی میزان ۲۱۵ تن نانوکامپوزیت TPO/خاک رس را به ارزش ۹۰۰ هزار دلار مصرف کرد. از ایـن میزان حدود ۵۰۰ هزار پوند توسـط شـرکت جنرال موتور و به‌عنوان زه‌کناری خـودروی GM Chevrolet Implant، حدود ۴۰ هزار پوند نیز توسط شرکت Humer H SUT به‌عنوان کفی بار مصرف شد. همچنین، ۴۰ هزار پوند دیگر نیز توسط شرکت Blackhawk برای پله ون استفاده شد.

هیچ اطلاعات خاصی در مورد برنامه‌های شـرکت جنرال موتور یا دیگر خودروسـازان در زمینه اسـتفاده این شـرکت‌ها از کامپوزیت‌های TPO/ نانوخاک رس وجود ندارد. ولی خودروسـازان از کامپوزیت‌های TPO/ نانو رس به‌عنوان یک راه حل تجاری ارزشمند برای الزامات مواد خاص، استفاده خواهند کرد.

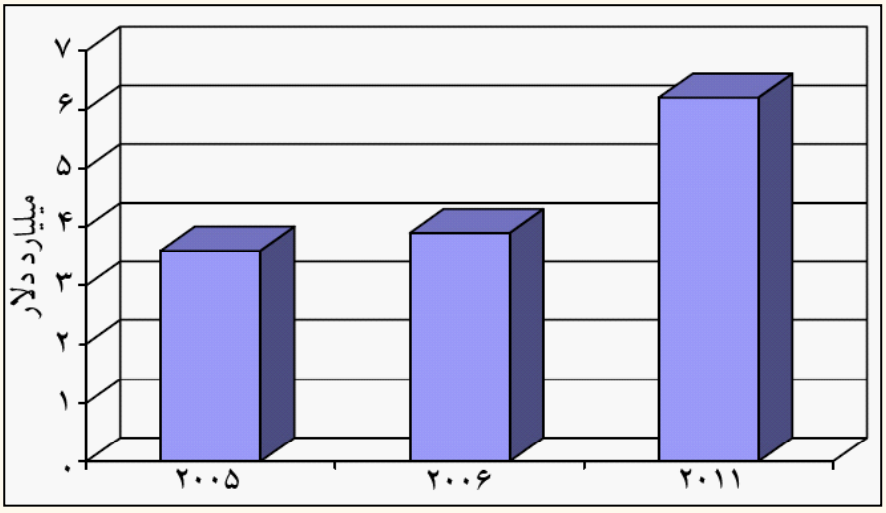
یکی از جذابیت‌های کامپوزیت‌های نانو رس/TPO قیمت پایین آنها اسـت. این مواد به قیمت هر تن ۴۴۰۰ دلار در مقایسـه با جایگزین‌های خود مانند کامپوزیت‌های نایلون/ نانورس قیمت بسـیار پایین‌تری دارند. در صورتی که انتظار می‌رود قیمت کامپوزیت‌های نانورس/TPO مانند سـایر انواع نانوکامپوزیت‌های رسی در سال ۲۰۱۱ به‌میزان یک سوم قیمت خود در سال ۲۰۰۵ کاهش یابد؛ یعنی حدوداً به ۲۹۵۰ دلار به ازای هر تن برسد.

به‌طور کلی صنعت خودروسازی سالانه بین ۱۶۰ تا ۱۸۰ هزار تن TPO و کامپوزیت‌های TPO مصرف می‌کند، رقمی که انتظار می‌رود در طی سـال‌های آتی افزایش داشـته باشد. تقریباً ۱۰ درصد (۱۶ تا ۱۸ هزار تن) از مجموع نانوکامپوزیت‌های TPO در نمای ظاهری خودروها استفاده می‌شوند. به نظر می‌رسد این کاربرد برای کامپوزیت‌های TPO/ نانوخاک رس نسبت به دیگر کامپوزیت‌های TPO بسـیار مناسـب‌تر است. در آینده از نانوکامپوزیت‌های TPO برای سـاخت داشبورد نیز استفاده می‌شود. مجموع مقدار نانوکامپوزیت‌های TPO مورد اسـتفاده در داشبوردها و سپر خودروها، حدود نیمی از کل بازار TPO، یعنی ۸۰ تا ۹۰ هزار تن را در سال به خود اختصاص می‌دهند.

کامپوزیت‌های TPO/ نانوخاک رس در حال رقابت برای کسـب سهم بیشـتر از بازاری هستند که سالانه ۶۰ هزار تن تقاضا دارد. با توجه به سهم این بازار در سال ۲۰۰۵، کسب سهم بازار بیشتر تا سال ۲۰۱۱ بسیار دشوار است. مؤسسه BCC پیش بینی می‌کند سهم بازار نانوکامپوزیت‌های TPO حداکثر ۸۵۰۰ تن (۱۰ درصد بازار) و به ارزش ۲۵/۱ میلیون دلار باشد.

جدول ۲۰- بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های مونتموریلونیت /TPO تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌های مونت‌موریلونیت /TPO	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۲۱۵	۳۹۶/۸	۸۵۰۰	۸۴/۶
ارزش (میلیون دلار)	۰/۹	۱/۶	۲۵/۱	۷۳/۴

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC



شکل ۱۵- روندهای بازارهای جهانی مواد آتش‌نشانی از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ (میلیارد دلار)

www.ShimiPedia.ir

۵۱۳۴ مونتموریلونیت /EVA

طبق برآورد مؤسسه تحقیقاتی BCC در سال ۲۰۰۵ کل مصرف جهانی مونتموریلونیت/EVA در کاربردهای آتش‌نشانی حدود ۶۳۰ تن با ارزش ۴/۲ میلیون دلار بوده است و این میزان سهم بازار در مقایسه با کل بازار ۳/۳ میلیارد دلاری مواد آتش‌نشانی، نرخ رشد ترکیبی سالانه ۹ تا ۱۰ درصد دارد.

براساس اطلاعات صنعت، پیش بینی می‌شود بازار جهانی مواد آتش‌نشانی با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۹ تا ۱۰ درصد، از رقم ۳/۹ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۶ به ۶/۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۱ افزایش یابد.

جدول ۲۱- میزان فروش جهانی مواد آتش‌نشانی تا سال ۲۰۱۱ (میلیارد دلار)

طبقه	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
فروش مواد آتش نشانی	۳/۶	۳/۹	۶/۲	۹/۷

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

میزان فروش مواد آتش‌نشانی مبتنی برنانوکامپوزیت مونتموریلونیت/EVA به تغییر روند مصرف مواد آتش‌نشانی هالوژنی بستگی دارد. تاکنون روند رشد بازار مصرف مواد آتش‌نشانی مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های مونتموریلونیت بسیار کند بوده است، ولی مؤسسه BCC پیش بینی کرده است در ۵ سال آینده سهم بازار این مواد به سرعت افزایش یابد.

برای نشان دادن پتانسیل رشد بازار مونتموریلونیت/EVA، باید خاطر نشان کرد که سهم بازار آنها از ۰/۱ درصد در سال ۲۰۰۵ به ۰/۵ درصد در سال ۲۰۱۱ افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر ارزش بازار این مواد از ۴/۲ میلیون دلار درسال ۲۰۰۵ به ۳۱ میلیون دلار در سال ۲۰۱۱ افزایش خواهد یافت. این ارقام بیانگر نرخ رشد ترکیبی سالانه ۳۹ درصد بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ است. مؤسسه BCC انتظار ندارد قیمت متوسط مواد آتش نشانی مبتنی بر مونت‌موریلونیت/EVA به طورچشمگیری تغییر یابد، ولی پیش‌بینی می کند حجم فروش آنها به‌طور نسبی افزایش یابد.

جدول ۲۲- بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر مونت‌موریلونیت /EVA تاسال ۲۰۱۱.

نانوکامپوزیت‌های مونت‌موریلونیت /EVA	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۶۳۰	۸۷۸/۹	۴۶۴۲/۹	۳۹/۵
ارزش (میلیون دلار)	۴/۲	۵/۸۶	۳۱	۳۹/۵

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۱۳۵ سایر نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس

بـازار مقادیـر کوچکتری از سـایر انـواع نانوکامپوزیت‌هـای مبتنی برخـاک رس مانند پلـی پروپـان/ مونت‌موریلونیت، استال‌مونت‌موریلونیت، پلی کربنات/ مونت‌موریلونیت و نایلون/ میکا فلوئورید را نیز جذب می کند. طبق برآورد مؤسسه BCC مصرف جهانی مجموع این نوع نانوکامپوزیت‌ها در سال ۲۰۰۵ حدود ۲۳۵ تن به ارزش ۱۰/۴ میلیون دلار بوده است.

بسیاری از این نانوکامپوزیت‌ها در تولید قطعات خودرو استفاده می‌شوند و مؤسسه تحقیقاتی BCC پیش بینی می کند مصرف ایـن مواد به میزان مصرف مورد انتظار نانوکامپوزیت‌های مونت‌موریلونیت/TPO و نایلون بسـتگی دارد. انتظار می‌رود قیمت متوسط این نوع نانوکامپوزیت‌ها به علت مصرف نسبتاً کم آنها، ثابت بماند.

میزان استفاده از سایر انواع نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس در سال ۲۰۰۶ به ۳۰۳ تن و ارزش ۱۳/۴ میلیون دلار رسید و پیش‌بینی می‌شود درسال ۲۰۱۱ به ۱۰۷۳ تن و ارزش ۴۷/۵ میلیون دلار برسد. این ارقام بیانگر نرخ رشد ترکیبی سالانه ۲۸/۸ از نظر حجم و ارزش است.

جدول ۲۳- بازار جهانی سایر نانوکامپوزیت‌های خاک رس تا سال ۲۰۱۱

سایر نانوکامپوزیت‌های خاک رس	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۲۳۵	۳۰۲/۷	۱۰۷۲/۹	۲۸/۸
ارزش (میلیون دلار)	۱۰/۴	۱۳/۴	۴۷/۵	۲۸/۸

درصدها ممکن است به‌خاطر رند کردن آنها دقیق محاسبه نشده باشند. / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

۲۳۵ نانوکامپوزیت سرامیکی

این بخش در برگیرنده پیش بینی‌های و بازار نانوکامپوزیت‌های سرامیکی است.

خلاصه:

در سال ۲۰۰۵ میزان کل بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های حاوی سرامیک حدود ۶۲۰۰ تن با ارزش ۲۵/۴ میلیون دلار بود. برآورد می‌شود این ارقام تا سال ۲۰۱۱ تا ۱۳۴۰۰ تن با ارزش ۹۹ میلیون دلار افزایش یابند. این ارقام بیانگر نرخ رشد ترکیبی سالانه ۱۴/۴ درصد از نظر وزن، و ۲۸/۸ درصد از نظر ارزش، بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ است.

درسال ۲۰۰۵ بیشتر نانوکامپوزیت‌های سرامیکی (۹۸/۶ درصد) در زمینه پوشش‌های صنعتی (سطوح براق و پوشش‌های دریایی) استفاده شده‌اند. ۱/۴ درصد باقی‌مانده نیز در محصولاتی مانند راکت‌های تنیس به‌کار رفته‌اند. انتظار می‌رود سهم بازار محصولات مصرفی تا سال ۲۰۱۱ به ۱/۵ درصد برسد. همچنین پیش بینی می‌شود کاربردهای نوظهورعلوم زیستی، تقریباً ۱۶ درصد سهم بازار را کسب کنند.

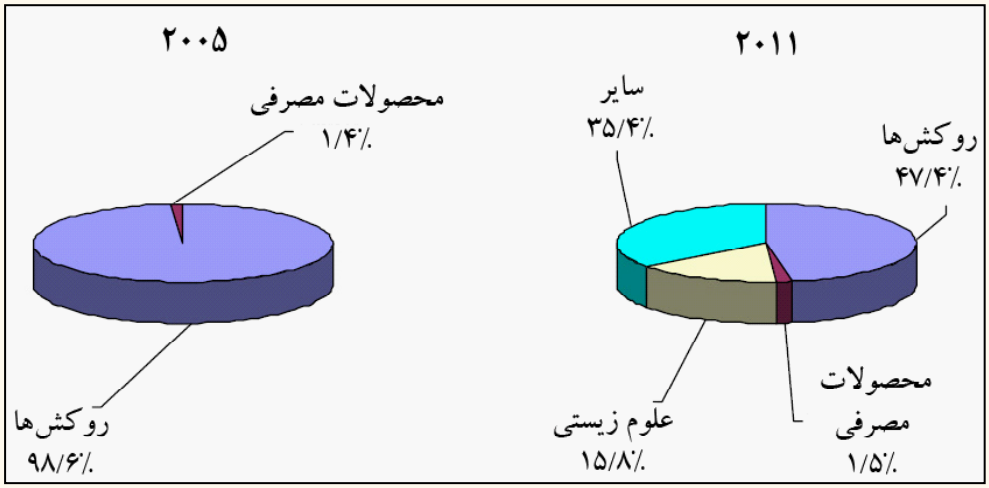
جدول ۲۴- پیش‌بینی بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی، تا سال ۲۰۱۱

نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
پلی‌اتان/آلومینا				
وزن (تن) *	۶۱۷۸	۶۸۱۸	۱۰۹۶۰	۱۰
ارزش (میلیون دلار)	۲۴/۲	۲۶/۶	۴۲/۹	۱۰
آلومینا/تیتانیا				
وزن (تن)	۹	۱۳	۶۸	۲/۳۹
ارزش (میلیون دلار)	۰/۷۹۲	۱/۰۳۵	۴	۳۱
نانوکامپوزیت‌های سیلیکا/اپوکسی/کربن				
وزن (تن)	۳	۳	۱۶	۳۹/۸
ارزش (میلیون دلار)	۰/۳۶	۰/۳۴	۱/۵	۳۱
نانوکامپوزیت‌های فسفات کلسیم/سیلیکا				
وزن (تن)	۰	۰	**N.A	۳۹/۸
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۱۵/۶	۳۴/۶
نانوکامپوزیت‌های کربید تنگستن				
وزن (تن)	۰	۰	۲۳۳	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۳۵	۰
جمع کل				
وزن (تن)	۶۱۹۹	۶۸۳۴	۱۳۳۷۷	۱۴/۴
ارزش (میلیون دلار)	۲۵/۳۵۲	۲۷/۹۷۵	۹۹	۲۸/۸

*برمبنای دانسیته تقریبی ۷/۵ پوند برگالن / **موجود نیست / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

به‌نظر می‌رسد دیگر کاربردهای نوظهور مانند ابزارهای برشی و قطعات پوششی، بیش از ۳۵ درصد سهم بازار را تا سال ۲۰۱۱ کسب کنند. این کاربردهای جدید بازار کاربردهای پوششی را تا ۴۷ درصد کاهش خواهند داد.

www.ShimiPedia.ir



شکل ۱۶- میزان مصرف جهانی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی توسط مصرف‌کنندگان نهایی در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف)

جزییات شکل۱۶(درصد)				
	۲۰۰۵		۲۰۱۱	
بخش	میلیون دلار	درصد	میلیون دلار	درصد
پوشش‌ها	۲۵	۹۸/۶	۴۶/۹	۴۷/۴
محصولات مصرفی	۰/۳۵	۱/۴	۱/۵	۱/۵
علوم زیستی	۰	۰	۱۵/۶	۱۵/۸
سایر	۰	۰	۳۵	۳۵/۴
جمع کل	۲۵/۳۵	۱۰۰	۹۹	۱۰۱

به خاطر رند کردن اعداد جمع کل ممکن است دقیق نباشد. / منبع: مؤسسات تحقیقاتی BCC

۱۲۳۵ پلی اروتان/آلومینا

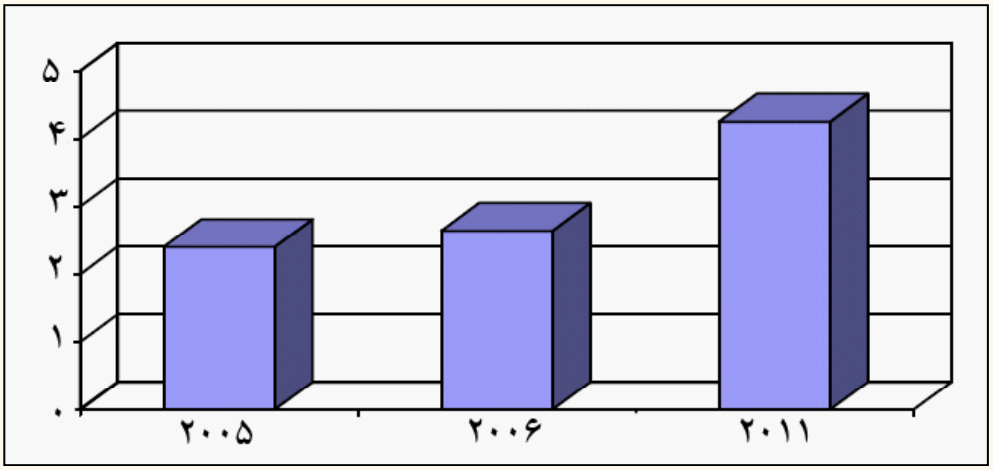
مواد براق‌کننده سطوح، بزرگترین بازار نانوکامپوزیت‌های پلی اورتان / آلومینا هستند. در حالی که سازندگان این پوشش‌ها، آمار فروش خود را افشا نمی‌کنند، مؤسسه BCC حجم بازار آنها را در سال ۲۰۰۵ حدود ۱/۸ میلیون گالن، به ارزش ۲۴ میلیون دلار برآورد کرده است.

بازار پوشش‌های سطوح براق، در حال بلوغ است؛ بنابراین انتظار می‌رود قیمت متوسط آنها طی چند سال آینده تغییر زیادی نکند. در نتیجه پیش‌بینی می‌شود نرخ رشد مصرف پوشش‌های نانوکامپوزیت پلی‌اورتان / آلومینا تقریباً مانند نرخ رشد بازار سطوح چوبی براق باشد که در سال ۲۰۰۵ ارزش بازار آنها ۲/۴ میلیارد دلار بوده است و انتظار می‌رود با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۱۰ درصد در سال ۲۰۰۶ به ۲/۶ میلیارد دلار و در سال ۲۰۱۱ به ۴/۳ میلیارد دلار افزایش یابد.

جدول ۲۵- پیش بینی فروش جهانی سطوح چوبی براق تا سال ۲۰۱۱				
طبقه	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
میزان فروش سطوح چوبی براق	۲/۴۰	۲/۶۴	۴/۲۵	۱۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir



شکل ۱۷- روندهای بازارجهانی برای سطوح چوبی براق، ۲۰۱۱- ۲۰۰۵، (میلیارد دلار) .

به‌طور متناسب برآورد می‌شود بازار پوشش‌های سطوح نانوکامپوزیت پلی‌اورتان/آلومینا در سال ۲۰۰۶ به ۲ میلیون گالن و ارزش ۲۶/۶ میلیون دلار و در سال ۲۰۱۱ به ۳/۲ میلیون گالن و ارزش ۴۲/۹ میلیون دلار افزایش یابد.

جدول ۲۶- میزان فروش بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های پلی‌اورتان/آلومینا تا سال ۲۰۱۱

نانوکامپوزیت‌های پلی‌اورتان آلومینا	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۱۱-۲۰۰۶
میلیون گالن	۱/۸۱۵	۲	۳/۲۱۵	۱۰
وزن (تن) *	۶۱۸۷/۵	۶۸۱۸/۲	۱۰۹۶۰۲/۲	۱۰
ارزش (میلیون دلار)	۲۴/۲	۲۶/۶	۴۲/۹	۱۰

*بر پایه دانسیته ۷/۵ پوند برگالن / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۲۲ آلومینا/تیتانیا

درحال حاضر بیشتر نانوکامپوزیت‌های آلومینا/تیتانیا در پوشش‌های دریایی استفاده می‌شوند. مؤسسه تحقیقاتی BCC میزان مصرف این پوشش‌ها را در سال ۲۰۰۵ حدود ۹ میلیون تن و ارزش ۷۹۲ هزار دلار (قیمت متوسط هر پوند ۳۰ تا ۵۰ دلار) برآورد کرده است.

بیشتر این مواد به وسیله نیروهای نظامی آمریکا و به‌خصوص در زمینه کاربردهای دریایی مصرف می‌شوند. همان‌طور که قبلاً بیان شد، بازارهای تجاری آینده پوشش‌های گرمایی نانوکامپوزیت‌ها، به قیمت آنها بستگی دارد. در حال حاضر با توجه به قیمت‌های فعلی آنها، این بازار فقط به کاربردهای خاص محدود می‌شود.

دیگر کاربردهای بالقوه پوشش‌های پاششی گرمایی نانوکامپوزیت‌ها، عایق‌های حرارتی موتورهای توربین زمینی و هواپیما و همچنین جایگزین کردن فناوری روکش کروم با اکسید کروم پاششی گرمایی هستند.

مؤسسه تحقیقاتی BCC پیش بینی می کند میزان مصرف پوشش‌های پاششی گرمایی نانوکامپوزیت با نرخ رشد ترکیبی سالانه حدود ۴۰ درصد تا سال ۲۰۱۱، به سرعت توسعه یابند. به‌عنوان یکی از پیامدهای منطقی این پیش‌بینی، قیمت مواد نانوکامپوزیت حداقل ۳۰ درصد و تا ۲۰ تا ۳۰ دلار به ازای هر پوند تا سال ۲۰۱۱ کاهش خواهد یافت.

باتوجه به موارد مطرح شده انتظار می‌رود بازار پوشش‌های نانوکامپوزیت آلومینا/تیتانیا در سال ۲۰۰۶، ۱۲/۶ تن و ارزش ۱ میلیون دلار، و تا سال ۲۰۱۱ به ۶۷/۸ تن با ارزش ۴ میلیون دلار افزایش یابد. این ارقام بیانگر نرخ رشد ترکیبی سالانه ۴۰ درصد از نظر حجم و ۳۱ درصد از نظر ارزش طی ۵ این سال است.

جدول ۲۷- میزان فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های آلومینا / تیتانیا تا سال ۲۰۱۱

نانوکامپوزیت‌های آلومینا/ تیتانیا	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۱۱-۲۰۰۶
وزن (تن)	۹	۱۲/۶	۶۷/۸	۴۰
ارزش (میلیون دلار)	۰/۷۹۲	۱/۰۳۵	۴	۳۱

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

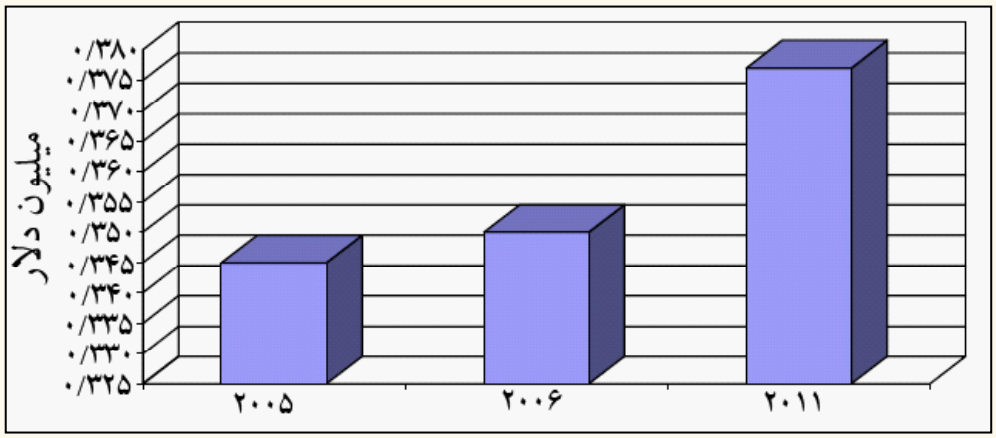
۵۳۲۳ اپوکسی/کربن/سیلیکا

نانوکامپوزیت‌های سیلیکا/کربن/اپوکسی بیشتر در راکت‌های تنیس، به‌خصوص توسط شرکت Wilson nCode استفاده می‌شوند. مؤسسه BCC میزان فروش این راکت‌ها را حدود ۱/۸ میلیون دلار در سال ۲۰۰۵، تخمین می‌زند. این مواد تقریباً ۲۰ درصد از ارزش راکت‌های تنیس را به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین ارزش فروش آنها در سال ۲۰۰۵ حدود ۳۶۰ هزار دلار برآورد می‌شود.

قیمت مدل‌های مختلف تولیدی این شرکت حدوداً ۱۰۰ تا ۳۰۰ دلار برآورد می‌شود. در صورتی که هزینه متوسط هر راکت ۲۰۰ دلار باشد، این شرکت حدود ۹۰۰۰ راکت فروخته است. وزن متوسط راکت‌ها حدود ۱۰ اونس است که بیشتر آنها از این کامپوزیت‌ها تشکیل شده‌اند. بنابراین میزان مصرف سیلیکا / کربن / اپوکسی در راکت‌های این شرکت حدود ۹۰ هزار اونس یا ۲/۵۶ تن است.

افزایش میزان فروش راکت‌های تنیس مبتنی بر نانوکامپوزیت سرامیک، تابع روندهای کلی این بازار و نیز توانایی راکت‌های مبتنی بر نانوکامپوزیت برای کسب سهم بیشتر از این بازار است.

اطلاعات حاصل از منابع صنعتی نشان می‌دهد بازار جهانی راکت‌های تنیس در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳، بیش از ۸ درصد کاهش یافته و با افزایش حدود ۱/۵ درصدی در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ مجدداً این بازار تا حدی احیا شده است. اگر این روند ادامه داشته باشد، میزان فروش جهانی راکت‌های تنیس در سال ۲۰۰۶ به ۳۵۰ میلیون دلار و در سال ۲۰۱۱ به ۳۷۷ میلیون دلار افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۸- روندهای بازار جهانی راکت‌های تنیس ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ (میلیارد دلار) .

جزییات شکل ۱۸				
طبقه	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
کل فروش راکت های تنیس	۰/۳۴۵	۰/۳۵۰	۰/۳۷۷	۱/۵

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

در سال ۲۰۰۵، شرکت Wilson nCode حدود ۰/۵ درصد سهم بازار جهانی راکت‌های تنیس را از نظر ارزش، در اختیار داشت. براساس اطلاعات گزارش "GB -319" که توسط مؤسسه تحقیقاتی BCC منتشر شده است، انتظار می‌رود سهم بازار راکت‌های مبتنی بر نانوکامپوزیت سرامیک، همان‌طور که Wilson nCode انتظار دارد، تا سال ۲۰۱۱، به ۳ درصدافزایش یابد.

هزینه نانوکامپوزیت‌های اپوکسی / کربن /سیلیکا که در ساخت راکت‌های این شرکت به‌کار می‌روند، در حال حاضر ۶۳ دلار به ازای هر پوند است. این قیمت تا حدی ناشی از حجم تولیدکم آنها است. پیش‌بینی کاهش قیمت این مواد همزمان با افزایش حجم تولید آنها بسیار دشوار است. به عبارت دیگر نمی‌توان انتظار داشت افزایش حجم تولید این نوع نانوکامپوزیتها، قیمت آنها را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین انتظار می‌رود مصرف آنها تا سال ۲۰۱۱ به کندی افزایش یابد.

مؤسسه BCC برآورد می کند قیمت متوسط نانوکامپوزیت‌ها به ازای هر پوند، بین سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ حدود ۳۳ درصد کاهش خواهد یافت. به‌عبارت دیگر قیمت متوسط آنها از ۶۳ دلار به ازای هر پوند به ۴۲ دلار می‌رسد.

براساس این اطلاعات، میزان مصرف نانوکامپوزیت‌های اپوکسی / کربن / سیلیکا در ساخت راکت‌های تنیس در سال ۲۰۰۶، حدود ۲/۶ تن و ارزش ۳۶۵ هزار دلار بوده و پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۱۱ به ۱۶/۱ تن و ارزش ۱/۸ میلیون دلار افزایش

www.ShimiPedia.ir

یابد. این ارقام بیانگر رشد ترکیبی سالانه ۴۳/۷ درصد تن از نظر وزن و ۳۸/۳ درصد از نظر ارزش است.

جدول ۲۸- بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های سیلیکا / اپوکسی /کربن تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌های / کربن/ سیلیکا/ اپوکسی	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۲/۶	۲/۳۶	۱۶/۱	۴۳/۷
ارزش (میلیون دلار)	۰/۳۶	۰/۳۴۰	۱/۵	۳۴/۶

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۲۴ کلسیم فسفات / سیلیکا

نانوکامپوزیت سیلیکا/ کلسیم فسفات به‌عنوان مواد جایگزین استخوان توسط حداقل یک شرکت به‌نام Osstech of Lexington Kentucky توسعه یافته است.

پیش‌بینی می‌شود بازار جهانی پیوند استخوان تا سال ۲۰۱۱ حداقل به ۲/۵ میلیارد دلار برسد. جایگزین‌های استخوان مبتنی بر فناوری‌نانو که نانوکامپوزیت‌ها را در بر می‌گیرد، برای کسب سهم بیشتر از این بازار، با استخوان‌های طبیعی و نیز پیوندهای استخوان مصنوعی ماکرو مقیاس، رقابت می‌کنند. برآورد می‌شود تمام استخوان‌های مصنوعی ممکن است ۲۵ درصد سهم کل بازار (با ارزش ۶۲۵ میلیون دلار) را به خود اختصاص دهند که نصف این سهم (یعنی ۳۱۲/۵ میلیون دلار) متعلق به جایگزین‌های استخوان مبتنی بر فناوری‌نانو خواهد بود. (برای کسب اطلاعات بیشتر به گزارش «GB- 329، فناوری‌نانو در کاربردهای علوم زیستی»مراجعه کنید)، جایگزین‌های استخوان مبتنی بر فناوری نانو مانند Vitoss (محصول شرکت Ortheovita) که از سال ۲۰۰۰ وارد بازار شده است. در مقایسه با محصولات مبتنی بر نانوکامپوزیت مانندOsteONE (که باید هنوز آزمایش‌های خود را تکمیل کند) ، مزایای بسیار زیادی دارند.

این گزارش پیش‌بینی می‌کند تا سال ۲۰۱۱، مواد نانوکامپوزیتی جایگزین استخوان باید بتوانند ۵ درصد از سهم کل بازار مواد جایگزین استخوان مبتنی بر فناوری‌نانو (یعنی ۱۵/۶ میلیون دلار) را کسب کنند.

جدول ۲۹- میزان بازار جهانی جایگزین‌های استخوان مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های سیلیکا/ فسفات/کلسیم تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌های سیلیکا/ فسفات کلسیم	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن(میلیون تن)	۰	۰	NA	۰
ارزش(میلیون دلار)	۰	۰	۱۵/۶	۰

*موجود نیست / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۲۵ نانوکامپوزیت‌های کربید تنگستن/کبالت

سیمان کربید تنگستن دارای اهمیت جهانی است. میزان فروش جهانی ادوات مبتنی برکربید تنگستن سالانه حدود ۹ تا ۱۰ میلیارد دلار است که با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۳ تا ۴ درصد افزایش می‌یابد. با این نرخ، تا سال ۲۰۱۱ بازار سیمان کربید تنگستن به بیش از ۱۱ میلیارد دلار افزایش خواهد یافت.

مؤسسه BCC میزان مصرف سیمان کربید تنگستن برای ساخت این ابزارها را حدود ۳/۵ میلیارد دلار برآورد می‌کند. پیش بینی اینکه نانوکامپوزیت‌های کربید تنگستن تا چه حد در کسب سهم بیشتر از این بازار تا سال ۲۰۱۱ موفق خواهند بود، بسیار دشوار است. اما در مجموع برآورد سهم بازار ۱ درصدی (۳۵ میلیون دلار) تا حدی یک تخمین حداقل و محتاطانه است.

برای پیش بینی میزان بازار نانوکامپوزیت‌های کربید تنگستن، مؤسسه BCC، ارزش میانگین ۱۵ هزار دلار را برای هرتن در نظر می‌گیرد. این آمار و ارقام از اطلاعات قیمت کربید تنگستن از سایت metalprices.com گرفته شده‌است.

جدول ۳۰- بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های کربید تنگستن تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت کربیدتنگستن	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن(میلیون تن)	۰	۰	۲۳۳۳	۰
ارزش(میلیون دلار)	۰	۰	۳۵	۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

۳۳۵ کامپوزیت‌های نانولوله کربنی

این بخش شامل تخمین بازار و پیش بینی بازار مالی کامپوزیت‌های نانولوله کربنی است.

خلاصه

مؤسسه BCC، میزان مصرف جهانی کامپوزیت‌های نانولوله کربنی را در سال ۲۰۰۵ حدود ۳۴۵۴ تن با ارزش ۵۶ میلیون دلار برآورد می‌کند. انتظار می‌رود این رقم در سال ۲۰۰۶ به ۳۶۶۶ تن با ارزش ۵۶ میلیون دلار و در سال ۲۰۱۱ به رقم ۴۹۶۶ تن با ارزش ۶۴ میلیون دلار افزایش یابد. همچنین نرخ رشد ترکیبی سالانه بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ از نظر وزن حدود ۶ درصد و از نظر ارزش ۶/۳ درصد پیش بینی می‌شود.

جدول ۳۱- پیش بینی میزان فروش جهانی کامپوزیت‌های نانولوله کربنی تا سال ۲۰۱۱

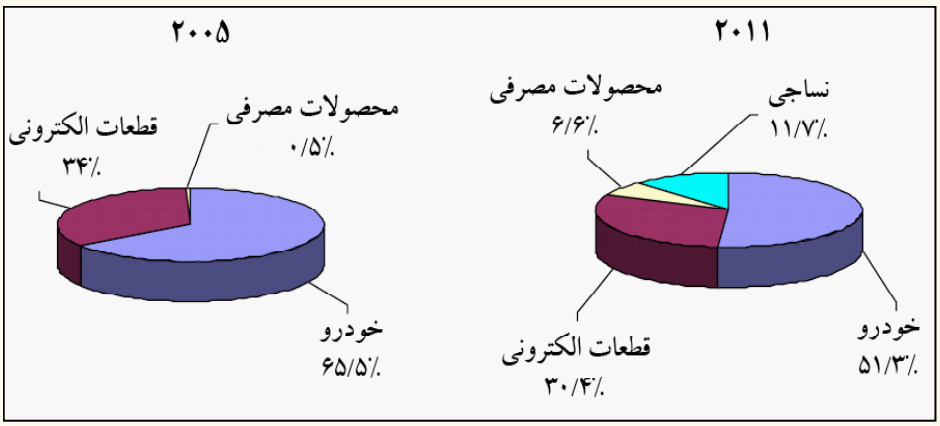
نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
نایلون/MWNT				
وزن (تن)	۱۸۳۴	۱۹۳۳	۲۵۲۹	۵/۵
ارزش (میلیون دلار)	۲۸/۵	۲۸/۱	۲۵/۹	-۱/۶
PC/MWNT				
وزن (تن)	۱۰۷۵	۱۱۵۶	۱۶۵۹	۷/۵
ارزش (میلیون دلار)	۱۶/۷	۱۶/۸	۱۷	۰/۲
PBT/MWNT				
وزن (تن)	۱۰۷	۱۱۶	۱۶۶	۷/۵
ارزش (میلیون دلار)	۲/۳۷	۲/۳۸	۲/۴۵	۰/۶
کامپوزیت‌های نانولوله PPE				
وزن (تن)	۴۳۶	۴۵۳	۵۵۲	۴
ارزش (میلیون دلار)	۸/۲	۸	۶/۹	-۲/۹
کامپوزیت‌های اپوکسی/کربن/نانولوله				
وزن (تن)	۲	۸	۶۰	-۴۹/۴
ارزش (میلیون دلار)	۰/۱۵۰	۰/۶۸	۳/۷	۴۰/۳
نانوکامپوزیت‌های فولرین/پلی‌اورتان				
وزن (تن)	NA*	NA*	NA*	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۳۸
الیاف PVOH/SWNT				
وزن (تن)	۰	۰	NA*	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۷/۵	۰
جمع کل				
وزن (تن)	۳۴۵۴	۳۶۶۶	۴۹۶۶	۶
ارزش (میلیون دلار)	۵۶/۰۲	۵۶/۰۶	۶۳/۹۵	۶/۳

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

کاربردهای خودروسازی تقریباً دو سوم میزان کل مصرف کامپوزیت‌های نانولوله کربنی را در سال ۲۰۰۵، به خود اختصاص داده‌اند، درحالی که کاربردهای پراکنده‌سازی بار ساکن مابقی سهم بازار را در اختیار داشتند. در همین سال محصولات مصرفی (به‌خصوص کالاهای ورزشی) حدود ۰/۵ درصد بازار را دراختیار داشتند.

پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۱، سهم کاربردهای خودروسازی از کل مصرف کامپوزیت‌های نانولوله کربنی تا میزان ۵۱ درصد کاهش یابد، در حالی که سهم کاربردهای پراکنده‌سازی بار ساکن تا ۳۰ درصد و سهم محصولات مصرفی تا ۷ درصد افزایش یابد. همچنین پیش‌بینی می‌شود کاربردهای جدید برای منسوجات هوشمند، ۱۲ درصد از بازار را در اختیار خواهند گرفت.



شکل ۱۹- بازار جهانی کامپوزیت‌های مبتنی بر نانولوله‌های کربنی، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف)

جزییات شکل ۱۹

بخش	۲۰۰۵		۲۰۱۱	
	میلیون دلار	درصد	میلیون دلار	درصد
قطعات خودرو	۳۶/۷	۶۵/۵	۳۲/۸	۵۱/۳
الکترونیک/اتاق تمیز	۱۹/۰۷	۳۴	۱۹/۴۵	۳۰/۴
محصولات مصرفی	۰/۲۵	۰/۵	۴/۲	۶/۶
نساجی	۰	۰	۷/۵	۱۱/۷
جمع کل	۵۶/۰۲	۱۰۰	۶۳/۹۵	۱۰۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

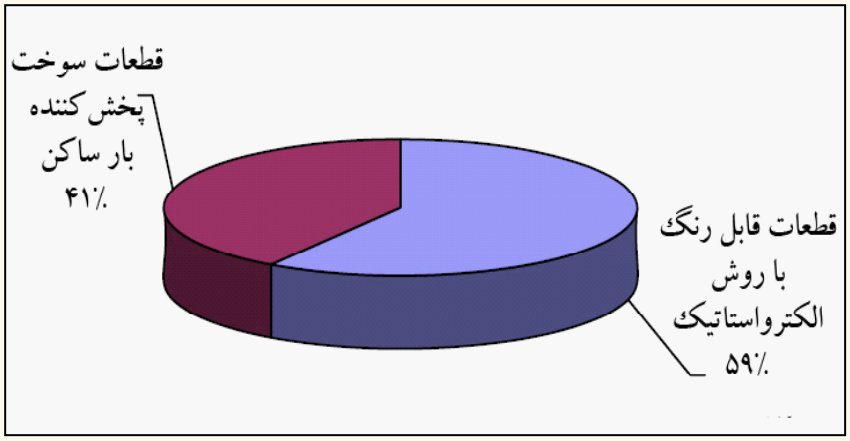
۵۳۱۳۵ نانوکامپوزیت‌های نایلون /MWNT

در سال ۲۰۰۵، صنعت خودروسازی حدود ۱۸۳۴ تن از نانوکامپوزیت‌های نایلون /MWNT را به ارزش تقریبی ۲۸/۵ میلیون دلار، مصرف کرد. مؤسسه BCC برآورد می کند نزدیک به ۶۰ درصد از این نانوکامپوزیت‌ها برای تولید قطعات قابل رنگ با روش الکتروستاتیک و مابقی نیز برای قطعات سیستم سوخت استفاده شده‌اند.

مؤسسه BCC انتظار دارد بازار کامپوزیت‌های نانولوله / نایلون برای قطعات قابل رنگ با روش الکتروستاتیک، حداقل با سرعت رشد بازار رنگ‌های الکترواستاتیک، یعنی سالانه بیش از ۴ درصد رشد کند. پیش‌بینی می‌شود میزان مصرف کامپوزیت‌های نانولوله / نایلون برای خطوط سوخت و سایر عناصر سیستم سوخت پراکنده‌ساز بار ساکن سریع‌تر و با میزان سالانه حدود ۷/۵ درصد رشد کند.

در سال ۲۰۰۵، قیمت متوسط کامپوزیت‌های نانولوله / نایلون مورد استفاده در خودروسازی، حدود ۱۵۵۶۰ دلار به ازای هرتن بود. همزمان با بلوغ فناوری و افزایش تولید باید این قیمت کاهش یابد و انتظار می‌رود این قیمت در سال ۲۰۰۶ به ۱۴۵۱۰ و درسال ۲۰۱۱ به ۱۰۲۳۵ دلار به ازای هرتن برسد.

www.ShimiPedia.ir



شکل ۲۰- میزان بازار خودروسازی برای کامپوزیت‌های نانولوله/ نایلون، ۲۰۰۵ (درصد از کل فروش)

جزییات شکل ۲۰		
بخش	میلیون دلار	درصد
قابل رنگ با روش الکتروستاتیک	۱۶/۹	۵۹
قطعات سیستم سوخت پراکنده‌ساز بار ساکن	۱۱/۶	۴۱
جمع کل	۲۸/۵	۱۰۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

بنابراین میزان مصرف کامپوزیت‌های نانولوله/ نایلون از نظر حجم باید از ۱۸۳۴ تن در سال ۲۰۰۵ به ۱۹۳۴ تن در سال ۲۰۰۶ و ۲۵۲۹ تن تا سال ۲۰۱۱ (نرخ رشد ترکیبی سالانه ۵/۵ درصد بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱) افزایش یابد.
با این حال به‌خاطر کاهش قیمت‌ها انتظار می‌رود ارزش این بازار از ۲۸/۵ میلیون دلار در سال ۲۰۰۵ به ۲۸/۱ میلیون دلار در سال ۲۰۰۶ و ۲۵/۹ میلیون دلار در سال ۲۰۱۱ (کاهش متوسط سالانه ۱/۶ درصد)، کاهش یابد.

جدول ۳۲- پیش بینی بازار جهانی کامپوزیت‌های نانولوله/ نایلون، تا سال ۲۰۱۱)				
کامپوزیت‌های نانولوله/ نایلون	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)				
قطعات قابل رنگ با روش الکتروستاتیک	۱۰۸۵/۸	۱۱۲۹/۲	۱۳۷۳/۹	۴
قطعات سیستم سوخت پراکنده‌ساز بار ساکن	۷۴۸/۲	۸۰۴/۳	۱۱۵۴/۷	۷/۵
جمع کل تن	۱۸۳۴	۱۹۳۳/۵	۲۵۲۸/۶	۵/۵
ارزش (میلیون دلار)	۲۸/۵	۲۸/۱	۲۵/۹	-۱/۶

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۲۳۵ نانوکامپوزیت‌های پلی کربنات/MWNT

در سال ۲۰۰۵، میزان مصرف جهانی ترکیبات پلی کربنات/MWNT، حدود ۱۱۰۰ تن با ارزش ۱۶/۷ میلیون دلار بود. بیشتر این ترکیبات در ساخت محصولات الکترونیک پراکنده‌ساز بار ساکن و تجهیزات اتاق تمیز استفاده شدند.
همان‌طور که در بخش قبلی بحث شد، پیش‌بینی می‌شود میزان مصرف جهانی انواع مختلف محصولات کنترل الکترواستاتیک، با توجه به نرخ رشد ترکیبی سالانه آن تا سال ۲۰۱۱ حداقل ۷/۵ درصد باشد.
اگـر میـزان مصرف رزین‌هـای پلی کربنات نانولوله دارای روند مشـابهی باشـد و در صورتی که قیمت‌ها نیز با نرخ مشـابه کامپوزیت‌هـای نانولوله/ نایلون کاهش یابنـد، میزان مصرف کامپوزیت‌های نانولوله / پلی کربنات باید از ۱۰۷۵ تن در سـال ۲۰۰۵ به ۱۱۵۶ تن در سال ۲۰۰۶ و ۱۶۵۹ تن در سال ۲۰۱۱ (نرخ رشد ترکیبی سالانه ۷/۵ درصد بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱) افزایش یابد.

www.ShimiPedia.ir

جدول ۳۳- پیش‌بینی بازار جهانی کامپوزیت‌های نانولوله/ پلی‌کربنات تا سال ۲۰۱۱				
کامپوزیت‌های نانولوله/ پلی‌کربنات	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۱۰۷۵	۱۱۵۵/۶	۱۶۵۹	۷/۵
ارزش (میلیون دلار)	۱۶/۷	۱۶/۸	۱۷	۰/۲

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۳۳ نانوکامپوزیت‌های MWNT/PBT

مؤسسه BCC برآورد می‌کند میزان مصرف جهانی کامپوزیت‌های پلی‌بوتیلن ترفتالات(PBT) پرشده با نانولوله در سال ۲۰۰۵، حدود ۱۰۸ تن و ارزش ۲/۴ میلیون دلار باشد. کاربردهای اصلی این کامپوزیت‌ها در محصولات پراکنده‌ساز بار ساکن است.
مؤسسه BCC برای پیش بینی میزان مصرف این مواد در آینده از روش و مفروضات مشابه کامپوزیت‌های MWNT استفاده کرده است. برای مثال نرخ رشد ترکیبی سالانه ۷/۵ درصد را تا سال ۲۰۱۱ برای آنها پیش‌بینی می‌کند. این پیش‌بینی‌ها در جدول زیر نشان داده شده‌اند.

جدول ۳۴- پیش‌بینی بازار جهانی کامپوزیت‌های نانولوله/ پلی‌بوتیلن ترفتالات، تا سال ۲۰۱۱				
کامپوزیت‌های نانولوله/PBT	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۱۰۷/۵	۱۱۵/۶	۱۶۵/۹	۷/۵
ارزش (میلیون دلار)	۲/۳۷	۲/۳۸	۲/۴۵	۰/۷

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۴۳۳ نانوکامپوزیت‌های MWNT / PPE

مؤسسه BCC برآورد می‌کند میزان مصرف نانوکامپوزیت‌های PPE/MENT مثل NorylGTX در سال ۲۰۰۵، حدود ۵۴۵ تن با ارزش ۱۰/۲ میلیون دلار باشد.
NorylGTX در سپرهای نقاشی شده برخی از مدل‌های خودرو مانند Beetle " NEW " VW و سری 6 BMW استفاده می‌شوند.
میزان کل فروش این خودروها حدود ۸۰ هزار دستگاه در سال ۲۰۰۵ بود. در صورتی که در هر سپر به‌طور متوسط ۱۲ پوند نانوکامپوزیت NorylGTX استفاده‌شده‌باشد، مصرف این مواد در سال ۲۰۰۵ حدود ۹۶۰ هزار پوند یا ۴۳۶ تن بوده است. همچنین قیمت متوسط هر پوند Noryl GTX حدود ۸/۵۰ دلار بود.
درآینده، میزان فروش خودروی New Beetle، که مصرف NorylGTX را به خود اختصاص داده است، کاهش خواهد یافت و احتمالاً طی چند سال آینده دیگر تولید نخواهد شد. تا به حال مشخص نشده است طی ۵ سال آینده چه کاربردهای جدیدی در حوزه خودروسازی برای این مواد ممکن است توسعه یابد. بنابراین مؤسسه BCC به‌طور محتاطانه برآورد می‌کند میزان استفادهٔ این مواد، در قطعاتی مانند سپرها، با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۴ درصد، رشد خواهد کرد. پیش بینی‌های جدول ۳۵ برآورد می‌کنند که تا سال ۲۰۱۱، قیمت نانوکامپوزیت‌های PPE، با قیمت فعلی ۸/۵ دلار به ازای هرپوند، به‌میزان یک سوم کاهش خواهند یافت.

جدول ۳۵- پیش بینی جهانی کامپوزیت‌های نانولوله / پلی فنیلن / پلی بوتیلن، تا سال ۲۰۱۱				
کامپوزیت‌های نانولوله /PPE	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۴۳۶	۴۵۳/۴	۵۵۱/۷	۴
ارزش (میلیون دلار)	۸/۲	۸	۶/۹	-۲/۹

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

۵۳۳۵ نانوکامپوزیت‌های اپوکسی/ کربن/MWNT

مؤسسه BCC برآورد می کند میزان مصرف کامپوزیت‌های اپوکسی/ کربن/MWNT در سال ۲۰۰۵، حدود ۱/۶ تن با ارزش ۱۵۰ هزار دلار بوده اســت. در این ســال قیمت متوسط هرتن از این نوع کامپوزیت‌ها ۹۱۳۰۰ دلار یا ۴۱/۵۰ دلار برای هر پوند بوده است. بیشترین مصرف این مواد در راکت‌های تنیس بودند.

هرچند میزان مصرف کامپوزیت‌های نانولوله توسط تولیدکنندگان چوب گلف موجود نیست، اما مؤسسه BCC اعتقاد دارد این رقم بسیار ناچیز است زیرا تنها کلوبی از این فناوری استفاده می کند Accuflex Evolution است. این فناوری در سال ۲۰۰۵ هنوز برای بازار نسبتاً جدید بوده است. سایر کاربردهای کامپوزیت‌های نانولوله در کالاهای ورزشی در سال ۲۰۰۵، به‌طور قابل توجه وارد بازار نشده‌اند.

خط تولید شرکت Babolat`s VS که تولیدکننده راکتهای تنیس است، عمده‌ترین استفاده‌کننده از کامپوزیت‌های نانولوله/ کربن/ اپوکســی در ســال ۲۰۰۵ بوده است. مؤسسه BCC میزان فروش این نوع راکت‌ها در سال ۲۰۰۵ را حدود ۱ میلیون دلار برآورد می کند. لازم به ذکر اســت ۲۰ درصد از مواد قاب‌های راکت تنیس را این مواد تشــکیل می‌دهند. مؤسسه BCC فرض می کند ۷۵ درصد هزینه مواد راکت‌های تنیس شرکت Babolat (۱۵۰ هزار دلار) به خاطر قیمت نسبتاً بالای نانوکامپوزیت‌ها باشد.

همچنان که قبلاً در رابطه با نانوکامپوزیت‌های سرامیکی استفاده شده در راکت‌های تنیس مطرح شد، تقاضای جهانی تجهیزات تنیس طی چند سال گذشته کاهش یافته است، بنابراین قابلیت راکت‌های تنیس مبتنی بر کامپوزیت‌های نانولوله‌ای برای فروش بیشتر، تابعی از توانایی آنها در گرفتن سهم بیشتری از بازار خواهد بود.

مؤسسه BCC برآورد می کند راکت‌های تولیدی مبتنی بر کامپوزیت‌های نانولوله‌ای حدود ۰/۳ درصد بازار جهانی راکت‌های تنیس را در ســال ۲۰۰۵ به خود اختصاص داده‌اند و پیش بینی می کند این میزان تا ســال ۲۰۱۱ به ۳ درصد (۱۱/۳ میلیون دلار) افزایش یابد. با اتکا بر مباحث منطقی بالا، این میزان فروش بیانگر پتانســیل کامپوزیت‌های نانولوله‌ای برای فروش ســالانه ۱/۷ میلیون دلار تا سال ۲۰۱۱ است.

پیش بینی بازار آینده کامپوزیت‌های نانولوله/ کربن/ اپوکســی در ســایر انواع کالاهای ورزشــی، دشوار است زیرا نمی‌توان با اســتفاده از روند فروش گذشتهٔ این محصولات، پتانســیل آیندهٔ آنها را برآورد کرد. براساس اطلاعات گزارش « GB-319، فناوری‌نانو برای محصولات مصرفی »، میزان تقاضا برای زیرمجموعه‌های این مواد به صورت زیر است:

- چوب‌های گلف: بیشتر ۱ از میلیون دلار تا سال ۲۰۱۱.
- قطعات دوچرخه: حداقل ۴۵۰ هزار دلار تا سال ۲۰۱۱.
- چوب‌های هاکی: بیش از ۱/۲ میلیون دلار تا سال ۲۰۱۱.

این ارقام مبنای پیش بینی‌های نشــان داده شده در جدول ۳۶ را تشکیل می‌دهند. مؤسسه BCC برآورد می کند تا سال ۲۰۱۱، قیمت کامپوزیت‌های نانولولهٔ کربنی/ اپوکسی، حدود یک‌سوم کاهش یابد. به‌عبارت دیگر قیمت آنها به ۶۱ هزار دلار به ازای هرتن یا ۳۳/۲۰ دلار به ازای هر پوند می‌رسد.

جدول ۳۶- پیش بینی بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های نانولولهٔ کربنی / اپوکسی، تا سال ۲۰۱۱

کامپوزیت‌های نانولوله/ کربن/اپوکسی	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۱/۶۴	۸	۵۹/۶	۴۹/۴
ارزش (میلیون دلار)				
راکتهای تنیس	۰/۱۵	۰/۷۰۴	۱/۷۰	۱۹/۳
چوب‌های گلف	ناچیز	ناچیز	۰/۷۵	۰
قطعات دوچرخه	۰	۰	۰/۳۵	۰
چوبهای هاکی	ناچیز	ناچیز	۰/۹۰	۰
جمع کل	۰/۱۵۰	۰/۷۰۴	۳/۷۰	۳۹/۴

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

۵۳۶ نانوکامپوزیت‌های پلی‌اورتان/ فولرین

شـرکت Nanodesu در سـال ۲۰۰۵، حدود ۱۰ هزار عدد توپ بولینگ مبتنی بر پوشش پلی اورتان/فولرین خود را به فروش رساند. ارزش فروش این توپ‌ها حدود ۱/۸ میلیون دلار یا تقریباً ۱ درصد بازار جهانی توپهای بولینگ بود. مؤسسه BCC برآورد می‌کند ارزش نانوکامپوزیت‌های مصرفی شرکت Nanodesu برای تولید این مقدار توپ، سالانه حدود ۱۰۰ هزار دلار است.

طبق اطلاعات حاصل از منابع صنعتی، میزان فروش جهانی توپ‌های بولینگ طی سه سال گذشته، تقریباً ثابت بوده و ارزش فروش آنها سالانه ۱۷۰ میلیون دلار بوده است. مؤسسه BCC انتظار دارد متوسط فروش سالانه تا سال ۲۰۱۱، حدود ۱۷۰ میلیون دلار باشد، اگرچه ممکن است در سالهای مختلف این میزان فروش کم و زیاد شود.

مؤسسه BCC پیش بینی می‌کند تا سال ۲۰۱۱ سهم بازار توپ‌های مبتنی بر نانوکامپوزیت‌ها ، به ۵ درصد از کل بازار افزایش یابد. میزان مصرف پوشش‌های نانوکامپوزیت فولرین/ پلی‌اورتان، باید از ۱۰۰ هزار دلار در سال ۲۰۰۵ به ۵۰۰ هزار دلار تا سال ۲۰۱۱، با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۳۸ درصد افزایش یابد.

جدول ۳۷- میزان بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های پلی اورتان / فولرین تا سال ۲۰۱۱

	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	NA*	NA*	NA*	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۳۸

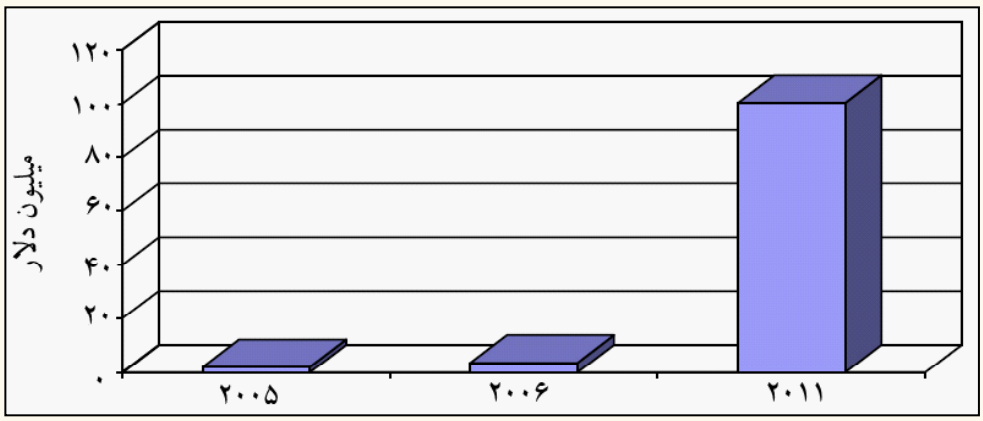
*NA = اطلاعات موجود نیست / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۷ الیاف SWNT/PVOH

هم‌اکنون الیاف ریسـیده شـده از پلی‌وینیل الکل (PVHO) که از نانولوله‌های تک‌دیواره اسـتفاده می‌کنند، توسعه یافته‌اند و پیش‌بینی می‌شـود حداقل اندکی از تقاضای روبه رشـد برای الیاف رسانا در کاربردهای نساجی هوشمند و تعاملی را برآورده سازند. برخی از کاربردهای PVOH عبارتند از:

- کنترل کننده‌ها و حسگرهای موجود در وسایل منزل
- سویچ‌های خودرو و کاربردهای ایمنی
- کنترل کننده‌های بازی
- اسباب بازی‌ها و عروسک‌ها
- مراقبت‌های بهداشتی (برای مثال پیژامه‌های خوابی که می‌توانند علائم حیاتی کودک را کنترل کنند)

مؤسسه BCC پیش بینی می‌کند بازار الیاف رسانا از ۲ میلیون دلار در سال ۲۰۰۵ به بیش از ۱۰۰ میلیون دلار در سال ۲۰۱۱، افزایش یابد.



شکل ۲۱- روندهای فروش الیاف رسانا ۲۰۱۱ -۲۰۰۵ (میلیون دلار)

جزییات شکل ۲۱ (میلیون دلار)

	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱
میزان فروش الیاف رسانا	۲/ ۱	۳/۶	۱۰۰/۲

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

در صورتی که الیاف نانولولهٔ کربنی تجاری شوند، می‌توانند در بازار با الیاف غیررسانا مانند الیاف پوشش‌دار و الیاف ساخته شده از نانولوله‌های خالص رقابت کنند. مؤسسه BCC معتقد است که تا سال ۲۰۱۱، کامپوزیت‌های PVOH/SWNT می‌توانند ۵ تا ۱۰ درصد سهم بازار الیاف رسانا را کسب کنند. به عبارت دیگر ارزش بازار آنها تا سال ۲۰۱۱ به ۷/۵ میلیون دلار خواهد رسید.

جدول ۳۸- پیش‌بینی جهانی الیاف کامپوزیتی PVOH/SWNT تا سال ۲۰۱۱

الیاف PVOH/ SWNT	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۰	۰	NA*	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۷/۵	۰

*اطلاعات موجود نیست. / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۴۳۵ نانوکامپوزیت‌های حاوی اکسیدآهن / آهن

این بخش شامل تخمین و پیش‌بینی‌های بازار نانوکامپوزیت‌های حاوی اکسیدآهن و آهن است.

خلاصه

پیش‌بینی می‌شود میزان فروش جهانی نانوکامپوزیت‌های اکسید آهن و آهن از ۲۱۸۷ تن و ارزش ۷۰ میلیون دلار در سال ۲۰۰۵ به ۲۴۵۹ تن و ارزش ۷۸/۷ میلیون دلار در سال ۲۰۰۶ و ۴۴۱۴ تن و ارزش ۱۷۱ میلیون دلار تا سال ۲۰۱۱ افزایش یابد. نرخ رشد ترکیبی سالانه این مواد بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ ازنظر وزن۱۲/۴ درصد و از نظر ارزش ۱۶/۸ درصد، پیش بینی شده است.

جدول ۳۹- پیش بینی جهانی نانوکامپوزیت‌های اکسید آهن/آهن

نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
نانوکامپوزیت‌های فوتوولتائیک				
وزن (تن)	۰	۰	۲	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۳۰	۰
نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی				
وزن (تن)	۲۱۸۷	۲۴۵۹	۴۴۱۱	۱۲/۴
ارزش (میلیون دلار)	۷۰	۷۸/۷	۱۴۱/۲	۱۲/۴
جمع کل				
وزن (تن)	۲۱۸۷	۲۴۵۹	۴۴۱۳	۱۲/۴
ارزش (میلیون دلار)	۷۰	۷۸/۷	۱۷۱/۲	۱۶/۸

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

بیشتر این نانوکامپوزیت‌ها در کاربردهای مرتبط با انرژی، شامل ترانسفورماتور الکتریکی و پیل‌های خورشیدی استفاده می‌شوند.

۱۵۴۳۵ نانوکامپوزیت‌های CdSe/P۳HT برای پیل‌های فوتوولتائیک

فناوری جدید پیل فوتوولتائیک (PVC) مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های CdSe/P3HT است. این فناوری به‌طور مشترک توسط شرکت‌های Nanosys و Matsushita Electric Works توسعه داده شده است و انتظار می‌رود طی سال ۲۰۰۷ -۲۰۰۶ تجاری شود.

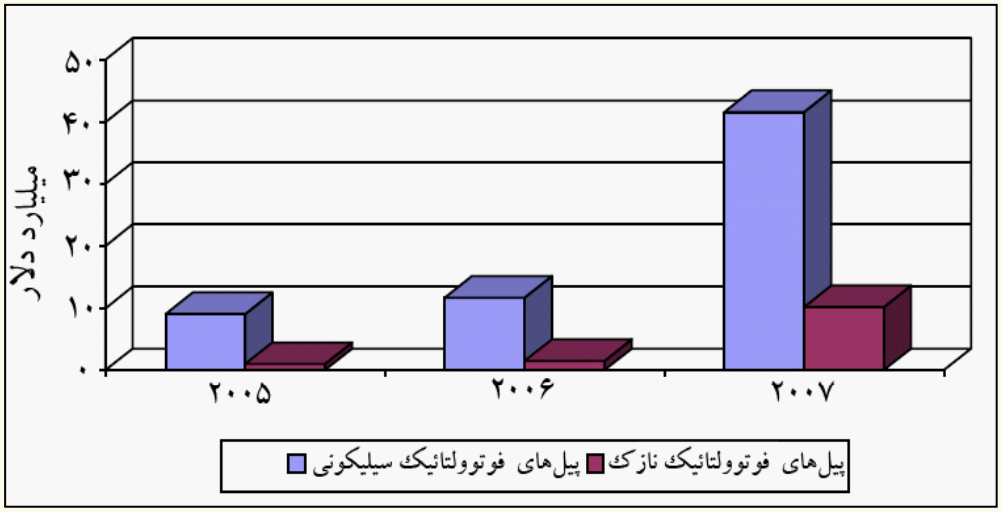
برمبنای اطلاعات حاصل از منابع صنعتی، انتظار می‌رود بازار انواع پیل‌های فوتوولتائیک از میزان تقریبی ۱۰/۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۵ به بیش از ۵۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۱ افزایش یابد. انتظار می‌رود فناوری سیلیکون، تا پایان دههٔ فعلی، عمدهٔ بازار فوتوولتائیک را به‌خود اختصاص دهد.

اما انتظار می‌رود فناوری پیل فوتوولتائیک فیلم نازک که یکی از شکل‌های آن، پیل فوتوولتائیک CdSe/P3HT است، سهم بازار خود را از سطح ۱۰ درصدی فعلی تا سال ۲۰۱۱ به ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش دهد.

همان‌طور که ارقام نشان می‌دهند، پیش بینی می‌شود میزان فروش پیل‌های فوتوولتائیک فیلم‌های نازک تا سال ۲۰۱۱ به بیش از ۱۰ میلیارد دلار افزایش یابد. مؤسسه BCC در گزارش «290-GB فناوری‌نانو ارزیابی بازار واقعی» پیش‌بینی می‌کند پیل‌های فوتوولتائیک مبتنی بر نانوکامپوزیت قادرند تا ۵ درصد بازار پیل‌های فوتوولتائیک فیلم نازک را تا پایان دهه کنونی، به خود

www.ShimiPedia.ir

اختصاص دهند. به‌عبارت دیگر ارزش بازار آنها تا سال ۲۰۱۱ به ۵۰۰ میلیون دلار خواهد رسید.



شکل ۲۲- روندهای فروش پیل فوتوولتائیک ۲۰۱۱ - ۲۰۰۵ (میلیارد دلار)

جزییات شکل ۲۲ (میلیارد دلار)			
پیل‌های فوتوولتائیک	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱
پیل‌های سیلیکونی	۹/۱	۱۱/۷	۴۱/۶
پیل‌های فیلم نازک	۱	۱/۵	۱۰/۲
جمع کل	۱۰/۱	۱۳/۲	۵۱/۸

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

طبق منابع صنعتی، بین ۶ تا ۱۲ درصد کل هزینه‌های پیل‌های فوتوولتائیک مربوط به لایه‌های نیمه‌هادی است. برمبنای کل فروش پیش بینی شدهٔ ۵۰۰ میلیون دلاری، میزان فروش نانوکامپوزیت‌های CdSe/P3HT مورد استفاده در ساخت پیل‌های فوتوولتائیک باید بین ۳۰ تا ۶۰ میلیون دلار باشد.

مؤسسه BCC در تحلیل‌های خود رقم ۳۰ میلیون دلار را استفاده می‌کند تا از این طریق کاهش احتمالی هزینه‌ها را به خاطر بلوغ فناوری مد نظر قرار داده باشد. همان‌طور برخی منابع صنعتی پیش‌بینی می‌کنند در صورتی که هزینه فیلم‌های نازک به ازای هر متر مربع بین ۴۰ تا ۸۰ دلار باشد و در هر متر مربع فیلم ۵ گرم مواد نانوکامپوزیت استفاده شود، بازار مواد فیلم نازک CdSe/P3HT حدوداً ۲/۵ تن به ارزش ۳۷/۳ میلیون دلار خواهد بود.

جدول ۴۰- پیش بینی جهانی بازار نانوکامپوزیت‌های CdSe/P3HT تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌ها Cdse/P3H T	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	نرخ رشدترکیبی سالانه درصد ۲۰۱۱-۲۰۰۶
وزن (تن)	۰	۰	۲/۵	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۳۰	۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

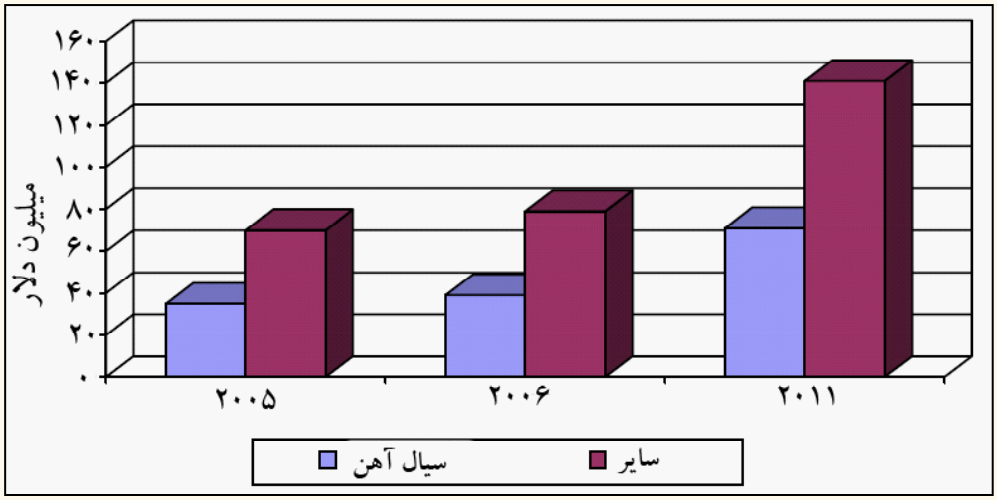
۵۳۴۲ کامپوزیت‌های نانومغناطیسی

مؤسسه BCC در گزارش « 293-GB نانومغناطیس‌ها: مواد، ادوات و بازارها»، کل بازار مواد نانومغناطیسی را برای کاربردهای صنعتی درسال ۲۰۰۵، حدود ۱۰۵ میلیون دلار برآورد می‌کند. حدود یک سوم این رقم، یا ۳۵ میلیون دلار، بیانگر میزان فروش سیالات مبتنی بر نانوذرات مغناطیسی است. مابقی یا حدود ۷۰ میلیون دلار نیز مربوط به کامپوزیت‌های نانومغناطیسی یا به اصطلاح آلیاژها هستند. بیشتر این مواد توسط صنعت ترانسفورماتورها استفاده می‌شوند.

مؤسسه BCC پیش‌بینی می‌کند کل بازار صنعتی مواد نانومغناطیس، با نرخ رشد ترکیبی سالانه حدود ۱۲/۴ درصد از ۱۱۸

www.ShimiPedia.ir

میلیون دلار در سـال ۲۰۰۶ به ۲۱۲ میلیون دلار در سـال ۲۰۱۱ افزایش خواهد یافت. ارقام زیر نشان می‌دهند که سیالات حدود ۳۳ درصد کل بازار را به خود اختصاص خواهند داد.



شکل ۲۳- روندهای مصرف صنعتی مواد نانومغناطیس، ۲۰۱۱- ۲۰۰۵ (میلیون دلار)

جزییات شکل ۲۳؛ (میلیون دلار)			
	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱
میزان مصرف سیالات آهن	۳۵	۳۹	۷۱
مصرف سایر مواد نانومغناطیس	۷	۷۹	۱۴۱

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

همان‌طور که در شکل ۲۳ نشان داده شده است، پیش بینی می‌شود میزان مصرف صنعتی مواد نانوسیال مغناطیسی در سال ۲۰۰۶ به ۷۹ میلیون دلار و در سال ۲۰۱۱ به ۱۵۱ میلیون دلار افزایش یابد. انتظار می‌رود بیشتر این مواد کامپوزیت‌های نانومغناطیسی باشند. برآورد می‌شود قیمت متوسط Finement، یک نمونه از کامپوزیت‌های نانومغناطیسی، ۳۲ هزار دلار در هر تن باشد که مقدار آن نیز در جدول ۴۱ نشـان داده شـده است. (پیش بینی می‌شـود قیمت Finement با توجه به بلوغ فناوری، تا سال ۲۰۱۱ نسبتاً ثابت بماند).

جدول ۴۱- پیش بینی جهانی میزان فروش نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌های فلزی	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۲۱۸/۰۷	۲۴۵۹	۴۴/۳	۱۲/۴
ارزش (میلیون دلار)	۷۰	۷۸/۷	۱۴۱/۲	۱۲/۴

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۵ نانوکامپوزیت‌های زیستی

این بخش حاوی پیش‌بینی‌ها و تخمین‌های بازار برای نانوکامپوزیت‌های زیستی است.

خلاصه:

نانوکامپوزیت‌های زیسـتی برای کاربردهای تجاری در حال توسعه هسـتند. در حال حاضر پیش‌بینی زمان تجاری‌سازی آنها دشوار است، اما برخی از منابع صنعتی اعتقاد دارند تا سال ۲۰۰۸ این امر با تولید قطعات خودروی «سبز»(زیست تخریب پذیر) که پیشگام جاده‌ها خواهد بود، محقق خواهد شد. لباس‌های ضد آتش کاربرد دیگری است که دارای پتانسیل بسیار بالایی است.

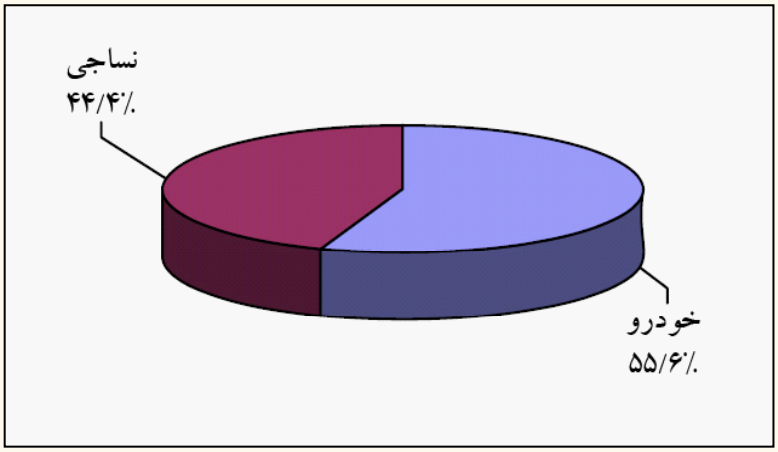
با فرض تجاری‌سـازی نانوکامپوزیت‌های زیسـتی تا سال ۲۰۰۸، مؤسسه BCC بازار جهانی این مواد را تا سال ۲۰۱۱ حدود ۹ میلیون دلار برآورد می کند. این میزان حجم بازار در جدول ۴۲ طبقه‌بندی شده است.

www.ShimiPedia.ir

جدول ۴۲- میزان مصرف و فروش جهانی نانوزیست کامپوزیت‌ها تا ۲۰۱۱ (تن / میلیون دلار)				
نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
نانوکامپوزیت‌های سلولز – PVOH				
وزن (تن)	۰	۰	۵۰۰	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۵	۰
نانوکامپوزیت‌های خاک رس/پنبه				
وزن (تن)	۰	۰	NA*	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۴	۰
جمع کل				
وزن (تن)	۰	۰	NA*	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۹	۰

*NA = اطلاعات موجود نیست. / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

قطعات خودرو حدود ۵۵ درصد حجم بازار پیش بینی شده برای نانوکامپوزیت‌های زیستی را تا سال ۲۰۱۱ به خود اختصاص خواهند داد و مابقی نیز توسط صنعت نساجی استفاده خواهند شد.



شکل ۲۴- بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های زیستی براساس نوع کاربرد، ۲۰۱۱ (درصد از کل مصرف)

جزییات شکل ۲۴ (درصد)	
بخش	میلیون دلار
قطعات خودرو	۵
نساجی	۴
جمع کل	۹

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۵۱ نانوکامپوزیت‌های سلولز/PVOH

البته تا زمان تجاری‌سازی قطعات خودروی مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های زیستی در سال ۲۰۰۸ حوادث زیادی رخ خواهد داد. برخی از این حوادث عبارتند از: توسعه فرایندهای تولید نانوکامپوزیت‌های زیستی در مقیاس تجاری و متقاعدشدن

www.ShimiPedia.ir

خودروسازان برای استفاده از این فناوری جدید.
مؤسسه BCC معتقد است درصورتی که چالش‌های تولید حل شوند، شرکت‌های خودروسازی مانند شرکت ولوو، می‌توانند استفاده از قطعات مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های زیستی را تا پایان دهه کنونی آغاز کنند.
برآورد میزان فروش واقعی نانوکامپوزیت‌های زیستی در حال حاضر دشوار است، اما در صورتی که از نمودارهای پذیرش اولیه قطعات خودروی مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های خاک رس به‌عنوان یک الگو استفاده کنیم، انتظار می‌رود تا سال ۲۰۱۱ بازار خودروسازی برای نانوکامپوزیت‌های زیستی به ۵۰۰ تن و ارزش ۵ میلیون دلار برسد.

جدول ۴۳- بازار جهانی نانوکامپوزیت‌های سلولز/ PVOH تا سال ۲۰۱۱

نانوکامپوزیت‌های سلولز/PVOH	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	نرخ رشدترکیبی سالانه درصد ۲۰۱۱-۲۰۰۶
وزن (تن)	۰	۰	۵۰۰	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۵	۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۵۲ الیاف نانوکامپوزیت مونت‌موریلونیت/پنبه

منسوجات پنبه‌ای مبتنی بر الیاف نانوکامپوزیت خاک رس/ پنبه، برای استفاده در لباس‌های ضد آتش توسعه می‌یابند و احتمالاً قبل از پایان دهه کنونی تجاری خواهند شد.
طبق گزارش مؤسسه BCC با عنوان، «1427-GB ، لباس‌ها و وسایل ایمن: حفاظ‌های خورو و بدن در مقابل آتش و مواد شیمیایی» میزان بازار ایالات متحده امریکا برای لباس‌های ضدآتش پیشرفته در سال ۲۰۰۵ حدود ۴۲۹ میلیون دلار بود و پیش بینی می‌شود نرخ رشد ترکیبی سالانه این بازار حدود ۷/۲ درصد باشد. با این نرخ، ارزش این بازار باید در سال ۲۰۰۶ به ۴۶۰ میلیون دلار و درسال ۲۰۱۱ به ۶۵۱ میلیون دلار افزایش یابد.
حجم بازار جهانی برای لباس‌های ضد آتش پیشرفته، ۲ تا ۳ برابر حجم بازار ایالات متحده‌امریکا است و احتمالاً تا سال ۲۰۱۱ به ۲ میلیارد دلار خواهد رسید. میزان مصرف جهانی منسوجات ضد آتش و پوششی که برای تولید این پوشاک‌های ایمن استفاده می‌شوند، ممکن است تا سال ۲۰۱۱ به ۴۰۰ میلیون دلار برسد.
حتی اگر پارچه‌های ضد آتش مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های خاک رس/ پنبه قبل از پایان دهه فعلی تجاری شوند، با رقبای بسیاری مواجه می‌شوند که از پارچه‌های ضدآتش و شیوه‌های تولیدی متفاوتی استفاده می‌کنند. این رقبا احتمالاً در پذیرش این فناوری جدید محتاط خواهند بود زیرا زندگی آنها به این لباس‌ها بستگی دارد. بنابراین مؤسسه BCC به‌طور محتاطانه پیش بینی می‌کند که تا سال ۲۰۱۱، پارچه‌های مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های خاک رس/ پنبه حداکثر ۱ درصد بازار جهانی پارچه‌های مورد استفاده در لباس‌های ضدآتش را کسب خواهند کرد. به عبارت دیگر ارزش بازارآنها در سال ۲۰۱۱ حدود ۴ میلیون دلار خواهد بود.

جدول۴۴- پیش بینی بازار عمومی منسوجات ساخته شده از نانوکامپوزیت‌های پنبه/ خاک رس تا سال ۲۰۱۱

نانوکامپوزیت‌های پنبه/خاک رس	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۱۱-۲۰۰۶
وزن (تن)	۰	۰	NA*	۰
ارزش (میلیون دلار)	۰	۰	۴/.	۰

*NA= غیر قابل دسترس / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۵۶ نانوکامپوزیت‌های دیگر

این بخش شامل تخمین‌ها و طرح‌های بازاری برای انواع دیگری از نانوکامپوزیت‌هاست.

خلاصه

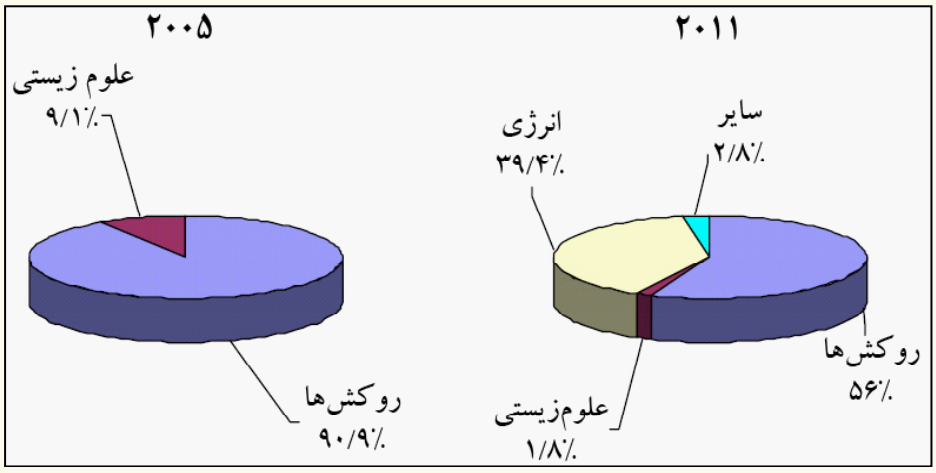
پیش‌بینی می‌شود مصرف نانوکامپوزیت‌های دیگر از ۱۳۳ تن به ارزش ۱۱ میلیون دلار در سال ۲۰۰۵ به مقدار ۱۸۷ تن به ارزش ۱۵/۲ میلیون دلار در سال ۲۰۰۶ و ۱۱۲۷ تن به ارزش ۱۳۴/۵ میلیون دلار در سال ۲۰۱۱، رشد داشته باشد. این ارقام نشان‌دهنده یک نرخ رشدترکیبی سالانه ۳۴ درصدی در وزن و ۵۵ درصدی در ارزش بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ است.

www.ShimiPedia.ir

جدول ۴۵- پیش بینی عمومی برای فروش سایر نانوکامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۱				
نوع	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/روغن‌گریز				
وزن (تن)	۱۳۳/۰	۱۸۷/۰	۱۰۰۴/۰	۴۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۱۰/۰	۱۴/۰	۷۵/۳	۴۰/۰
نانوکامپوزیت‌های دارای POSS				
وزن (تن)	Neg.*	Neg.*	Neg.*	۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۱/۰	۱/۲	۲/۴	۱۴/۹
غشاءهای نانوکامپوزیتی برای پیل سوختی				
وزن (تن)	۰/۰	۰/۰	۱۲۲	۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۰/۰	۰/۰	۵۳/۰	۰/۰
نانوکامپوزیت‌های شکاف باند فوتونیکی				
وزن (تن)	NA*	NA*	NA*	۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۰/۰	۰/۰	۳/۸	۰/۰
مجموع				
وزن (تن)	۱۳۳/۰	۱۸۷/۰	۱۱۲۶/۰	۴۳/۲
ارزش (میلیون دلار)	۱۱/۰	۱۵/۲	۱۳۴/۵	۵۴/۷

*Neg. = قابل صرف نظر / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

در سال ۲۰۰۵ بیش از ۹۰ درصد این نانوکامپوزیت‌ها در کاربردهای پوششی مورد مصرف قرار گرفته است اما انتظار می‌رود در سال ۲۰۱۱ این وضعیت کاملا دگرگون شود و پوشش‌ها حدود ۶۵ درصد، انرژی ۳۹ درصد، علوم زیستی ۲ درصد و سایر کاربردها ۳ درصد بازار را در برگیرند.(تصویر زیر را ببینید)



شکل ۲۵- سهم بازار عمومی برای سایر نانوکامپوزیت‌ها در ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ (درصدمصرف)

www.ShimiPedia.ir

جزییات شکل ۲۵				
	۲۰۰۵		۲۰۱۱	
قسمت	درصد	میلیون دلار	درصد	میلیون دلار
روکش‌ها	۹۰/۹	۱۰/۰	۵۶/۰	۷۵/۳
علوم زیستی	۹/۱	۱/۰	۱/۸	۲/۴
انرژی	۰/۰	۰/۰	۳۹/۴	۵۳/۰
سایر	۰/۰	۰/۰	۲/۸	۳/۸
جمع	۱۰۰/۰	۱۱/۰	۱۰۰/۰	۱۳۴/۵

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

۵۳۶۱ نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/ روغن‌گریز

شـرکت Nanogate GmbH اصلی‌ترین تولیدکننده نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/ روغن‌گریز است. این شرکت یک شرکت بسیار حفاظت شده است به گونه‌ای که به‌دست آوردن اطلاعات فروش آن بسیار سخت است. در سال ۲۰۰۱، این شرکت حدود ۴ میلیون دلار فروش داشت. این آخرین سالی است که چنین اطلاعاتی در دسترس قرار گرفته است. مؤسسه تحقیقاتی BCC فروش Nanogate را در سال ۲۰۰۵ حدود ۱۰ میلیون دلار یا حدود ۱۳۳ تن با قیمت متوسط ۷۵۰۰۰ دلار در هر تن پیش‌بینی کرده است.

مؤسسه تحقیقاتی BCC در گزارش خود با عنوان «GB-334 بازار انواع نانومواد»، میانگین رشد ترکیبی سالانه ۴۰ درصدی برای مصرف پوشش‌های غیرچسبنده پیش‌بینی کرده است (بازاری که محصولات نانوکامپوزیتی Nanogate در آن سهیم هستند) بـا این آهنگ انتظارمی‌رود مصـرف نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/ روغن‌گریز به مقدار ۱۸۷ تن به ارزش ۱۴ میلیون دلار در سـال ۲۰۰۶ و مقدار ۱۰۰۴ تن به ارزش ۷۵ میلیون دلار در سـال ۲۰۱۱ برسـد. تصور می‌شود که قیمت هر تن نانوکامپوزیت‌ها نسبتاً ثابت در حدود ۷۵۰۰۰ دلار باقی بماند.

جدول ۴۶- پیش‌بینی عمومی نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/ روغن‌گریز، تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌های آب‌گریز/ روغن‌گریز	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۱۳۳/۰	۱۸۷/۰	۱۰۰۴/۰	۴۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۱۰/۰	۱۴/۰	۷۵/۳	۴۰/۰

۵۳۶۲ نانوکامپوزیت‌های دارای POSS

کاربرد اصلی نانوکامپوزیت‌های دارای Poss در چسـب‌های دندانسازی است و محصول شرکت Pentron Clinical Tech به‌نام NanoBond یک نمونه اولیه از آنهاست. این شرکت تاکنون مقدار فروش NanoBond را فاش نکرده است ولی مؤسسه تحقیقاتی BCC حداقل فروشی معادل یک‌میلیون دلار در سال ۲۰۰۵ برای آن تخمین زده است. بنابراین، فروش این محصول یک قسـمت کوچکی از بازار عمومی چسـب‌های دندان اسـت، وکه در سـال ۲۰۰۵ دارای ارزش یک میلیارد دلار بوده و با میانگین رشـد ترکیبی سـالانه ۸ درصد در حال افزایش است. فناوری‌های جدید چسـب‌های دندان‌پزشکی به‌عنوان رقبای NanoBond به بازار آمده‌اند. شـرکت Pentron به عنوان یک شرکت نسـبتاً کوچک توانایی محدودی برای راه‌اندازی یک جنگ بازاری و متقاعد کردن دندانپزشکان برای استفاده از محصولش دارد.

درنتیجه، مؤسسه تحقیقاتی BCC پیش‌بینی می‌کند فروش NanoBond تا سال ۲۰۱۱ نسبتاً کم و دارای آهنگ رشد دو برابری نسبت به آهنگ رشد کل بازار، یعنی تقریباً ۱۵ درصد، باشد. با احتساب این آهنگ رشد، فروش NanoBond در سال ۲۰۰۶ به ۱/۲ میلیون دلار و در سال ۲۰۱۱ به ۲/۴ میلیون دلار خواهد رسید.

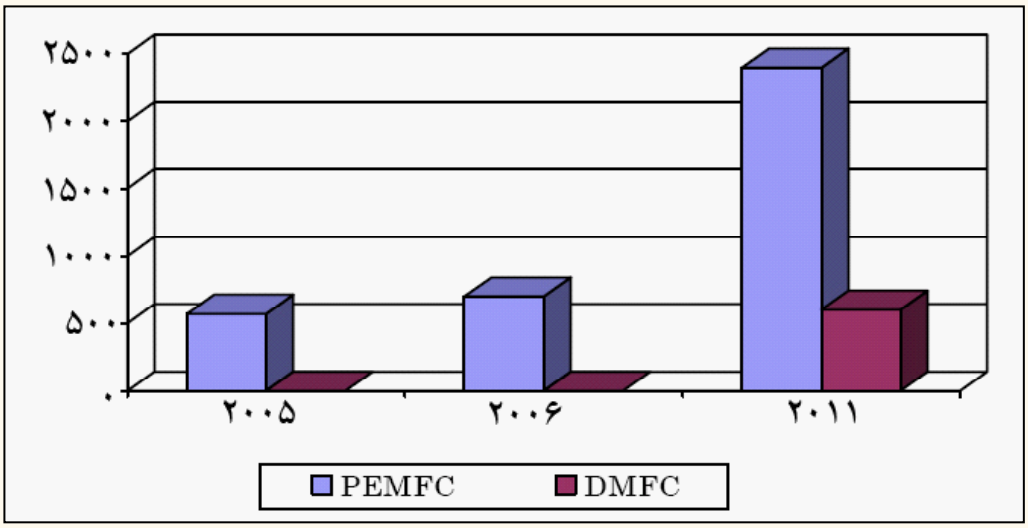
جدول ۴۷- پیش‌بینی عمومی فروش نانوکامپوزیت‌های دارای poss تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌های دارای POSS	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	Neg.*	Neg.*	Neg.*	۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۱/۰	۱/۲	۲/۴	۱۴/۹

*Neg.= قابل صرف نظر/ منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

۵۳۶۳ غشاهای نانوکامپوزیتی برای پیل سوختی

هیچکدام ازغشاهای نانوکامپوزیتی پیل سوختی که قبلاً توضیح داده شد تا آغاز سال ۲۰۰۶ کاربرد تجاری نداشته‌اند. PEMFCها مثل Nafion که از غشاهای غیر نانوکامپوزیتی استفاده کرده‌اند دارای فروش سالیانه چندصد میلیون دلاری هستند و اولین DMFCهای تجاری قرار است در بازه زمانی ۲۰۰۷-۲۰۰۶ عرضه شوند. شکل ۲۶ نشان‌دهنده فروش این دو نوع غشاء پیل سوختی است.



شکل ۲۶- فروش پیل سوختی بر حسب نوع فناوری، ۲۰۱۱-۲۰۰۵ (میلیون دلار)

جزییات شکل ۲۶			
	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱
فروش PEMFC (میلیون دلار)	۵۷۱/۰	۷۰۰/۰	۲۴۰۰/۰
فروش DMFC (میلیون دلار)	۰/۰	۰/۰	۶۰۰/۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

ایجاد ارتباط بین بازار پیل‌های سوختی و پتانسیل فروش غشاءهای نانوکامپوزیتی یک مسئله پیچیده است، زیرا پیل‌های سوختی دارای اندازه و ترکیب متفاوت هستند. با این حال، به‌عنوان یک تحلیل سرانگشتی، یک PEMFC با توان 3 kw تا 5kw ازنوعی که قرار است در سیستم قدرت اتومبیل‌های پیشرفته تا سال ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گیرد، دارای قیمتی معادل ۲۰۰۰ دلار خواهد بود.

با توجه به گزارش بعضی منابع، PEMFC مذکور با قیمتی که به اعتقاد آنها در سال ۲۰۱۱ تا ۳۵ دلار در هر متر مربع تنزل خواهد کرد، نیاز به غشائی به بزرگی ۱۰ متر مربع خواهد داشت. براساس این ارقام، بازار کلیه انواع مواد غشاء PEMFC تا سال ۲۰۱۱ ارزشی بیش از ۴۲۰ میلیون دلار خواهد داشت. اگر ارتباط بین فروش DMFCها وغشاهای DMFC خطی باشد آنگاه بازار غشاءهای DMFC معادل ۱۰۵ میلیون دلار از کل بازار ۵۲۵ میلیون دلاری غشاء در سال ۲۰۱۱ خواهد بود.

جدول ۴۸- مصرف غشاء پیل سوختی، ۲۰۱۱ (میلیون دلار)	
قسمت	مصرف
فروش PEMFC	۴۲۰/۰
فروش DMFC	۱۰۵/۰
مجموع	۵۲۵/۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

پیش‌بینی پتانسـیل بازارغشاهای نانوکامپوزیتی مشکل است زیرا هنوز در مرحله تحقیقاتی هستند و با سایر فناوری‌های غشاء مانند غشاءهای هیدروکربنی PolyFuel در حال رقابت هستند.

بر اسـاس پیش‌بینی مؤسسـه تحقیقاتی BCC اگر قیمت متوسط یک متر مربع این غشاءها ۳۵ دلار باشد در سال ۲۰۱۱ حدود ۱۰ درصد بازار غشـاها که معادل ۵۳ میلیون دلار، اسـت در اختیار آنها خواهد بود. این تخمین نشان می‌دهد که به ۱/۵ میلیون مترمربع غشاء نانوکامپوزیتی نیاز است.

وزن هر متر مربع از غشا نانوکامپوزیتی معلوم نیست. ولی با فرض اینکه وزن آن با وزن غشاهای معمولی Nafion برابر باشد(بین ۵۰ تا ۱۰۰ گرم بر متر مربع)، ۱/۵ میلیون مترمربع از غشا نانوکامپوزیتی وزنی بین ۷۵ تا ۱۵۰ تن دارد.

جدول ۴۹- پیش‌بینی بازار عمومی برای غشاهای نانوکامپوزیتی پیل سوختی، تا سال ۲۰۱۱

غشاءهای نانوکامپوزیتی برای پیل سوختی	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	۰/۰	۰/۰	۱۲۲/۵	۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۰/۰	۰/۰	۵۳/۰	۰/۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

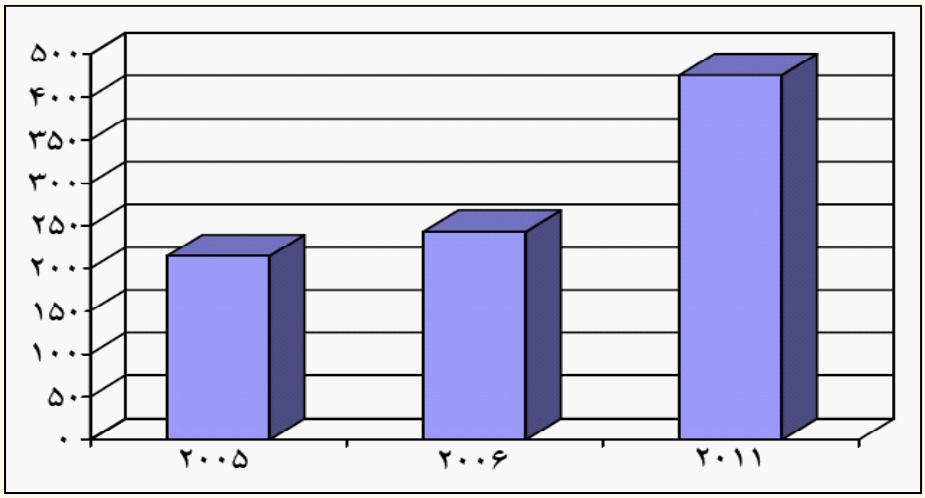
۵۳۶۴ نانوکامپوزیت‌های با شکاف باند فوتونیکی

بلورهای فوتونیک که در نانوکامپوزیت‌های شـکاف باند فوتونیک شـرکت می‌کنند تا قبل از سـال ۲۰۰۶ به مرحلهٔ تجاری نرسیدند. در گزارش مؤسسه تحقیقاتی BCC، با عنوان «GB – 314 فناوری‌نانو برای فوتونیک»، یکی از پرآتیه‌ترین کاربردهای تجاری بلورهای فوتونیکی در فیلترهای افزایشی/کاهشی است.

این فیلترها به طور گسـترده‌ای در مخابرات نوری و سـایر کاربردها اسـتفاده می‌شـوند. یک فیلتر کاهشی از یک مجموعه سـیگنال‌هایی که از یک موجبر منتشـر می‌شـود، محدوده‌ای از طول موج را انتخاب کرده(مجرا) و آن را بدرون یک موجبر دیگر (موجبر کاهش) جاری می‌کند.

بازار آینده برای فیلترهای افزایشی/کاهشـی سـاخته شـده از بلورهای فوتونیکی، به سرعت تبدیل‌شدن آنها به یک محصول تجاری، قابل رقابت بودن آنها با فناوری‌های دیگر و نیز حجم کل بازار فیلترهای افزایشی/کاهشی بستگی دارد.

تخمین‌ها و تصویرهای مربوط به حجم کل بازار به طور گسـترده‌ای تغییر می‌کند و علت آن شـاید انعکاس شـرایط بسـیار آشـفته‌ای باشد که در طول سه سال گذشته در صنعت شـبکه‌های نوری حاکم بوده است. تحقیقات BCC تخمین‌های زیر را به‌عنوان یک آهنگ رشد محتاطانه ولی واقعی برای بازار فیلترهای افزایشی/کاهشی در سالهای آتی پیش‌بینی می‌کند.



شکل ۲۷- روند فروش فیلترهای افزایشی /کاهشی نوری، از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ (میلیون دلار)

www.ShimiPedia.ir

جزییات شکل۲۷			
	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱
فروش فیلترهای افزایشی / کاهشی (میلیون دلار)	۲۱۵	۲۴۳/۴	۴۵۲/۵

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

همیشـه پیش‌بینی پتانسـیل فروش برای یک فناوری که هنوز به صورت تجاری در نیامده مشـکل است. با این حال، مؤسسه تحقیقاتی BCC معتقد است که اگر شرکت‌هایی که در حال توسعه فروش فیلترهای افزایشی /کاهشی ساخته شده از بلورهای فوتونیکی هسـتند، بتوانند تا سـال ۲۰۰۶ یک پروژه تجاری به بازار عرضه کنند،آنگاه قادر خواهند بود حدود ۵ کل بازار را در سـال ۲۰۱۱ به‌دسـت گیرند و فروشی معادل ۲۲/۶ میلیون دلار داشته باشـند. نانو کامپوزیت‌های شکاف باند فوتونیک تنها فناوری رقابت‌کننده در این بازار نیسـت و بنابر پیش‌بینی مؤسسـه تحقیقاتی BCC حداکثر می‌توانند نصف این بازار به ارزش ۱۱/۳ میلیون دلار را قبضه کنند.

جدول ۵۰- پیش‌بینی عمومی فروش نانوکامپوزیت‌های شکاف باند فوتونیک ، تا سال ۲۰۱۱				
نانوکامپوزیت‌های شکاف بلند فوتونیک	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۱	AAGR% ۲۰۰۶-۲۰۱۱
وزن (تن)	NA*	NA*	NA*	۰/۰
ارزش (میلیون دلار)	۰/۰	۰/۰	۳/۸	۰/۰

*NA = غیر قابل دسترس / منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

www.ShimiPedia.ir

بخش ۶

صنعت نانوکامپوزیت

www.ShimiPedia.ir

۶ صنعت نانوکامپوزیت

۶۱ ساختار صنعت و سهم بازار

این بخش شامل بحث کوتاهی در مورد ساختار صنعت نانوکامپوزیت‌ها است.

۶۱۱ شرکت‌ها

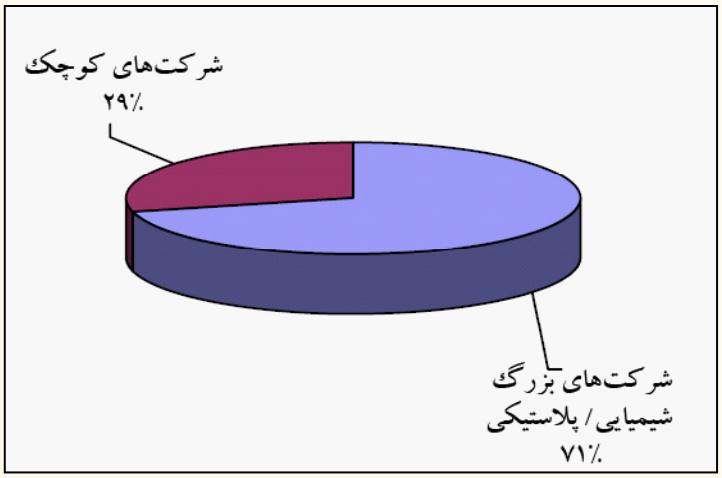
شـمارش تعداد شـرکت‌هایی که در سـطح جهان در حال توسعه، سـاخت و فروش نانوکامپوزیت‌ها هسـتند مشکل است. نانوکامپوزیت‌ها را نمی‌توان به سـادگی در دسـته‌بندی‌های صنعتی تعریف شـده مانند کد NAICS و یا سایر روش‌ها محدود کرد. به هر حال، زمینه نانوکامپوزیت‌ها بسـیار جدید و با سـرعت زیادی در حال گسـترش اسـت؛ به همین دلیل منابع آماری استاندارد مانند U. S. Economic Census و یا سایر انتشارات نتوانسته‌اند به اندازه کافی به آن بپردازند.

تحقیقات BCC براساس تحلیل نمونه بزرگی از شرکت‌های فناوری‌نانو است، توانست بین ۵۰ تا ۱۰۰ شرکت را که در سطح جهان مشـغول توسعه، سـاخت و تولید محصولات نانوکامپوزیتی هستند تخمین بزند. این شـرکت‌ها شامل کارخانجات رزین (ماننـد BASF و GE Plastics) ، تولیدکننده‌های مواد پرکننـده (Nanocor، Southern Clay Products) ، ترکیب‌کننده‌ها (Foster Corp. ، RTP) و تولیدکننده‌های محصولات نهایی (General Motors,Wilson Sporting Goods و سایرین) هستند.

صنعت نانومواد شـامل تعداد قابل توجهی از شـرکت‌های بزرگ (با فروش بیش از یک میلیون دلار در سال) و چندمنظوره مانند Royal DSM، Bayer و Showa Denko اسـت که نانوکامپوزیت‌ها سـهم بسـیار کوچکی از تجارت آنها را تشـکیل می‌دهند. حدود یک سـوم شرکت‌هایی که از نانومواد اسـتفاده می‌کنند، دارای تخصص عمومی در فناوری‌نانوهستند، و یک سوم دیگر آنها را واقعاً می‌توان متخصص نانوکامپوزیت دانست.

۶۱۲ سهم‌های بازار

کل بازار نانوکامپوزیت‌ها دارای ارزشـی معادل ۲۵۲ میلیون دلار در سـال ۲۰۰۵ بوده است. اگرچه به‌دست آوردن اطلاعات فروش نانوکامپوزیت‌ها از شرکت‌های منفرد مشکل است، اکثر این اطلاعات را می‌توان از شرکت‌های بزرگ چند منظوره شیمیایی/پلاستیکی مانند Ube و Unitika از ژاپن، Bayer و Dow Chemical به‌دسـت آورد. پیش‌بینی می‌شـود این شرکت‌ها در کل بتوانند بیش از ۷۰ درصد بازار را تامین کنند. درصد باقی‌مانده را می‌توان از شرکت‌های کوچکتر مانند RTP، InMat و Nanocor به‌دست آورد.



شکل ۲۸- سهم‌های بازار نانوکامپوزیت‌ها، در سال ۲۰۰۵ (درصد از کل فروش)

جزییات شکل۲۸		
نوع شرکت	میلیون دلار	درصد
شرکت‌های بزرگ شیمیایی / پلاستیکی	۱۸۰/۰	۷۱
تولید کننده‌های کوچکتر	۷۲/۰	۲۹
مجموع	۲۵۲/۰	۱۰۰

منبع: مؤسسه تحقیقاتی BCC

www.ShimiPedia.ir

بخش ۷

فهرست فروشندگان

www.ShimiPedia.ir

۷ فهرست فروشندگان

۷۱ شرکت ABS INTERNATIONAL CORP .

این شـرکت تولیدکننده و توزیع کننده انواع مختلفی از توپ‌های بازی بولینگ و تجهیزات آن شـامل توپ بولینگ پوشش داده‌شده با نانوکامپوزیت Nanodesu Fulleren است.

۷۲ AGILENT TECHNOLOGIES

Agilent درسال ۱۹۹۹ توسط شرکتHewlett–Packard (hp) بنا شد. این شرکت تولیدکننده ۶/۱ میلیارد دلاری محلول‌های نیمه‌رسانا در مخابرات سیمی و بدون سیم، تحلیل کننده‌های اطلاعاتی، تصویربرداری، موقعیت یابی نوری و منابع نوری حالت جامد است.
سـازمان مرکزی تحقیق و توسـعهٔ این شـرکت در حال پیگیری محصولات فوتونیکی در زمینه‌های مختلف از قبیل مواد با شکاف باند فوتونیک و فیلترهای افزایشی /کاهشی است.
Aligent در تأسـیس مرکز فوتونیک در دانشگاه بوستون نقش زیادی داشـته است. این مرکز مشغول تجاری کردن فناوری فوتونیک است.

۷۳ ALCOA CLOSURE SYSTEMS INTERNATIONAL

Alcoa Closure Systems International (Alcoa CSI) یکی از واحدهای تجاری درگروه بسـته‌بندی Alcoa اسـت. این شـرکت بزرگ‌ترین تولیدکننده نوشـیدنی‌های بدون گاز، آبمیوه‌ها، آب معدنی، لبنیات، نوشابه، دارو، مراقبت‌های شخصی، سیالات خودرو و سایر بازارها است.
این شرکت نسبت به ثبت اختراع خود در مورد پوشش‌های انسدادی برای درهای پلاستیکی بطری‌های آبمیوه و نوشیدنی‌های گازدار در دفتر ثبت پتنت آمریکا اقدام کرده اسـت. این پوشـش شامل یک لایه نانوکامپوزیت نایلون ۶/ خاک رس و یک یا دولایه EVA حاوی آنتی‌اکسیدان است. با توجه به اظهارات این شرکت، این پوشش‌ها در رطوبت بالا (۹۵ تا ۹۶ درصد) بسیار بهتر از سایر موانع عمل می‌کند.

۷۴ ALPS ELECTRIC CD., LTD.

ALPS ELECTRIC یـک تولیدکننده ۵/۹ میلیارد دلاری در زمینه ادوات الکترونیکی مانند اتصالات، حسـگرها، کلیدها، هدهای مغناطیسی و پتانسیومترهاست. محصول نانوکامپوزیتی آن آلیاژهای Nanoperm است.

۷۵ ALTAIR NANOTECHNOLOGIES, INC.

شـرکت Altair Nanotechnologies، نانوذرات و رنگدانه‌های دی‌اکسـید تیتانیوم تولید می‌کند. محصولات نانوذره‌ای آن به‌طـور اصلی در افشـانه‌های گرمایـی و کاربردهای کاتالیزوری و نیز کارهای توسـعه‌ای برروی باتری‌ها مورد اسـتفاده قرار می‌گیرند. این شرکت در سال ۲۰۰۵ درآمدی معادل ۲/۸ میلیون دلار داشت.

۷۶ BABOLAT NORTH AMERICA, INC.

Babolat یکی از قدیمی‌ترین تولیدکننده‌های راکت تنیس در جهان است. این شرکت راکت‌های تنیس مبتنی بر کامپوزیت‌های نانولولهٔ کربنی را که با همکاری با Nanoledge توسـعه یافته‌اند می‌فروشد. این شرکت در حال حاضر سالیانه ۱۵ میلیون دلار فروش دارد.

۷۷ BASELL POLYOLEFINS CO. N,V

Basell Polyolefins سـرمایه‌گذار مشـترک Shellو BASF است. دفتر این شرکت در هلند قرار دارد و یکی از اصلی‌ترین تولیدکنندگان پلی‌پروپیلن و بزرگ‌ترین تأمین کننده پلی‌اتیلن و محصولات پلی‌اولفین پیشرفته در سطح جهان است. این شرکت توانسـت با مشـارکت General Motors و Southern Clay Products رکاب‌های نانوکامپوزیتی مبتنی بر ترموپلاسـت‌های اولفینی را برای دو مدل جدید خودروی جنرال موتور تولید کند.

۷۸ BAYER AG

Bayer AG بعد از BASF دومین تولیدکننده بزرگ مواد شیمیایی در جهان با فروش سالیانه ۳۲ میلیارد دلار است. این شرکت

www.ShimiPedia.ir

تولیدکننده و فروشـنده انواع مختلفی از مواد نازک انسـدادی از جنس نایلون/ خاک رس تحت عنوان Durethan® اسـت. Bayer این محصولات را با همکاری Nanocor تولید می‌کند.

CARBOLEX, INC ۹۷

Carnolex در سال ۱۹۹۸ به عنوان بنیادی از مرکز تجاری‌سازی علوم و فناوری پیشرفته در دانشگاه کنتاکی تأسیس شد. این شرکت می‌تواند روزانه ۳۵ گرم نانولولهٔ کربنی تک جداره تولید کند.

CARBON NANOTECHNOLOGIES, INC ۱۰۷

Carbon Nanotechnologies شـرکتی خصوصی و تازه کار اسـت. این شرکت در سال ۲۰۰۰ پایه‌ریزی شد و دارای مجوز انحصاری و جهانی از دانشگاه رایس برای بازه وسیعی از فناوری‌های وابسته به نانولوله‌های کربنی است که شامل فناوری‌های تولید محصولات نهایی مانند استفاده از نانولوله‌های کربنی در پلیمرها می‌باشد. این شرکت درکل حدود ۷۰ پتنت دارد.

درسال ۲۰۰۱، CNI مبلغ ۱۵ میلیون دلار سرمایه از سوی گوردن کاین و ویلیام مک مین دریافت کرد. CNI در نانولوله‌های کربنی تک دیواره تخصص ویژه دارد و در حال حاضر مشـغول راه اندازی یک واحد صنعتی در غرب هوسـتون می‌باشد. این شرکت هم‌اکنون نانولوله‌های تولیدی‌اش را به قیمت پایه و یا حتی در بعضی موارد آنها را به صورت رایگان در اختیار مشتریان قرار می‌دهد تا بتواند در جلب مشتری موفق شود. CNI بیش از ۷۰۰ مشتری را با نمونه‌های نانولوله‌ای‌اش تغذیه می‌کند.

سیاست اصلی CNI همسوشدن با مشتری‌های بالقوه مانند IBM است. هدف اصلی آنها در این سیاست، توسعه شراکت‌هایی است که به مشتری اجازه می‌دهد تا از مهارت و تجربه‌های فکری آنها استفاده کند و در عوض، هر دو طرف در منافع حاصله سهیم باشند.

این شرکت یک همکاری با شرکت DSM به منظور توسعه نانولوله‌ها در جهت استفاده در فیلم‌ها و الیاف پلاستیکی DSM که از پلی‌اتیلن با وزن مولکولی بالا ساخته می‌شوند، آغاز کرده است.

CLARIANT INTERNATIONAL AG ۱۱۷

شـرکت Clariant یک تولید کنندهٔ مطرح مواد شیمیایی خاص است. فروش سال ۲۰۰۵ آن حدود ۷/۵ میلیارد دلار بود. این شرکت در زمینهٔ توسعهٔ مستربچ‌های PP /مونت‌موریلونیت برای فیلم‌های بسته‌بندی، با شرکت Nanocor همکاری می‌کند.

DEGUSSA AG ۱۲۷

Degussa یک تولیدکننده چند ملیتی متخصص در مواد شـیمیایی با سرمایه ۱۵/۳ میلیارد دلار است. محصولات آن شامل Vestamid® است که یک نوع نانوکامپوزیت‌ها MWNT / نایلون برای خطوط سوخت و سایر کاربردهای لوله‌کشی است. این کاربردها شامل عایق‌بندی سیم‌ها برای صنعت کابل، ساخت لوله‌های جراحی برای استفاده در بخش فناوری پزشکی، ابزار دقیق برای حفظ چرخ دنده‌ها و شیرفلکه‌ها در ملزومات مهندسی وماشین آلات می‌باشند.

DOW CHEMICAL CO ۱۳۷

DOW یکی از شرکت‌های پیشرو در بحث تحقیقات فناوری‌نانو وتجاری‌سازی آن در محصولات شیمیایی به‌حساب می‌آید. براساس مطالعات سال ۲۰۰۲ که از سوی بنیاد ملی علوم حمایت شد، DOW در بین تمام شرکت‌های شیمیایی، از لحاظ تعداد اختراعات فناوری‌نانو توانست با ۳۲۲ اختراع حائز رتبه سوم شود.

این شـرکت یک تولیدکننده اصلی در رزین‌های ترموپلاسـت و ترموست است و مدتی است که بر روی نانوکامپوزیت‌ها کار می‌کند. اکثر این کارها برروی پلی‌پروپیلن متمرکز شده است اگرچه این شرکت می‌تواندTPOها را نیز گسترش دهد. به عنوان مثال این شرکت با همکاری Magna بر روی نانوکامپوزیتی که در خودرو کاربرد دارد، کار می‌کند.

DOW در اکثر قسـمت‌ها، خاک رس طبیعی را کنارگذاشـته و به توسعه خاک رس سـنتزی برای نانوکامپوزیت‌ها پرداخته اسـت. اگر این رهیافت موفقیت‌آمیز باشـد آنگاه این شـرکت تبدیل به تنها تولیدکننده رزین و خاک رس نانومقیاس خواهد شد.

این شـرکت به نانوکامپوزیت‌های ترموست نیز علاقه‌مندااسـت و یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان اپوکسی‌ها وپلی‌اورتانها به‌حساب می‌آید و منابعی برای توسعه نانوکامپوزیت‌های ترموست دارد.

EASTON SPORTS, INC ۱۴۷

Easton Sports یک تولیدکننده، بازاریاب و توزیع کننده خصوصی تجهیزات ورزشـی است و در سال ۲۰۰۵ دارای فروش

www.ShimiPedia.ir

۳۴۲ میلیون دلاری بوده است. این شرکت مشغول توسعه و کاربرد مواد پیشرفته در ساخت تجهیزات ورزشی با قابلیت بالا مانند چوب بیسبال و هاکی، فرمان دوچرخه‌ها و سایر اجزای مبتنی بر کامپوزیت‌های نانولولهٔ کربنی است .
این شرکت با همکاری Kaiser Aluminum و Ashurst Technology در توسعه آلیاژهای آلومینیوم/اسکاندیوم برای استفاده در شاسی‌های دوچرخه و سایر کاربردهای ورزشی به موفقیت بزرگی رسیده است.
Easton عـلاوه بر دوچرخه‌های خودش، لوله‌های اسـکاندیومی را به شـرکت‌هایی ماننـد Tomac، Fugi، VooDoo، 3D Racing، Joe Murray، Rocky Mountain و Santana و نیز شش شرکت دیگر اروپایی می‌فروشد.

۱۵۷ .E. I. DU PONT DE NEMOURS AND CO

Dupont یک تولیدکننده مواد شیمیایی با سرمایه ۲۷ میلیارد دلاری است و در زمینه مطالعه نانوکامپوزیت‌های جدید بازدارنده شعله و نیز پلیمرهای پرشده با نانولوله، فعالیت دارد.
این شرکت از سال ۲۰۰۰ مبلغ ۶۰ میلیون دلار برای ادامه همکاری‌اش با MIT به منظور تمرکز بر روی ساخت مواد نوین نسل جدید مانند نانوکامپوزیت‌ها، هزینه کرده است.

۱۶۷ eSPIN TECHNOLOGIES,INC

eSpin تولیدکننده نانوالیاف پلیمری با ضخامتی بین 20-200 nm است. این الیاف می‌توانند از انواع مختلفی از پلیمرهای آلی (نایلون، پلی استر، پلی‌آرامید، آکریلیک و . . . . .) و زیستی (پروتئین، کلاژن و . . . . .) ساخته شوند. کاربردهای بالقوه آنها شامل صافی، ساختارهای با عملکرد بالا، منسوجات نفوذناپذیر و تجهیزات زیست پزشکی است. نانوالیاف کربنی این شرکت در عایق‌بندی گرمایی، تجهیزات ذخیره انرژی و ترکیبات ساختاری کم وزن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۷۷ EXATEC GMBH & CO. KG

EXATEC در سـال ۱۹۹۸ با سـرمایه گذاری مشترک دو شـرکت Bayer Material Science و GE Plastics به منظور توسعه سیستم‌های لعاب کاری پلی‌کربنات برای بازار خودرو بنیانگذاری شد.

۱۸۷ FOSTER CORP

Foster یک شرکت محلول‌های شیمیایی با خدمات کامل است و در تجهیزات پزشکی، بخش‌های دارویی و زیست‌فناوری با ارائه فناوری‌های پلیمری فعالیت می‌کند.
این شرکت برا ی اولین بار استفاده از کامپوزیت‌های خاک رس/ نایلون ۱۲ را به‌صورت فیلم در سال ۲۰۰۱ معرفی کرد.
امـروزه نانوکامپوزیت‌های خاک رس/ نایلون ۱۲ با عنوان Nanomed به طور ویژه در کاربردهای تجهیزات پزشـکی مانند کاربردهای درون رگی و لوله‌های جراحی بالونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در فناروی جدید از نانوذرات خاک‌رس جهت ایجاد اتصالات عرضی به منظور افزایش استحکام کششی و تاخیر در اشتعال استفاده می‌شود. درنتیجه، این فناوری با حفظ بیش از ۵۰ درصد خاصیت کششی اولیه بعضی از پلیمرها می‌تواند انعطاف‌پذیری آنها را حدود ۵۰ درصد بالا ببرد.
فناوری Nanomed می‌تواند برای PE، PP، PVC، PC، PET، PBT، PES (پلی اترسولفون) و PEEK به‌کار رود. پلی‌اورتانها و اپوکسی‌ها نامزدهای مناسبی برای ترموست‌ها هستند.

۱۹۷ .FRONTIER CARBON CORP

Frontier Carbon Corp هم حاصل سـرمایه‌گذاری مشـترک Mitsubishi Corp و Mitsubishi Chemical Corp اسـت که در اواخر سـال ۲۰۰۱ با حمایت مالی Nanotech Partners که یک صندوق سـرمایه‌گذار خصوصی در فناوری‌نانو است، تأسـیس شد. این شرکت به منظور تولیده انبوه نانومواد کربنی و ساخت محصولات مبتنی بر فولرین و نانولوله‌های کربنی دایر شده است.
فولرین‌هـای C۶۰ این شـرکت در سـاخت توپ‌هـای بولینگ Nanodesu با پوشـش نانوکامپوزیتی سـاخت شـرکت ABS International به‌کار می‌رود.
C60 همچنین در انواع وسایل ورزشی مانند چوب گلف، راکت‌های بدمینتون، راکت تنیس و نیز واکس چوب اسکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۰۷ GE PLASTICS

GE Plastics تولیدکننده عمومی رزین‌های پلاسـتیکی اسـت. این شـرکت در خرید MWNTها یکی از مشـتریان اصلی

www.ShimiPedia.ir

Nanocor است. این مواد در تعدادی از کامپوزیت‌های نایلون/ پلی‌فنیلن محصول GE Noryl® به منظور رنگ پذیر کردن الکترواستاتیکی اجزای بیرونی ماشین‌ها، به‌کار گرفته می‌شوند.

۲۱ General Motors CORP

GM بزرگ‌ترین تولیدکننده وسایل نقلیه موتوری در دنیا است و فروش سال ۲۰۰۵ آن در حدود ۱۹۲/۶ میلیارد دلار بوده است. این شرکت در معرفی کاربردهای جدید نانوکامپوزیت‌ها در خودرو پیشقدم است.

برای مثال، GM برای اولین بار استفاده تجاری از نانوکامپوزیت در قسمت بیرونی خودرو را در مدل‌های جدید Chevrolet GMC Safari, Astro در سال ۲۰۰۲ مطرح کرد. در سال ۲۰۰۴ نیز یک نانوکامپوزیت خاک رس/ پلی‌پروپیلن در قالب‌گیری بدنه Chevrolet Impala به کار گرفته شد. این ترکیب توسط مرکز تحقیق و توسعه GM در وارن، میشیگان، و با همکاری Basell North America و Southern Clay Products، توسعه یافت.

جنرال موتور هم‌اکنون حدود ۷ پوند از کامپوزیت نانو خاک رس/ TPO را برای قطعاتی مثل اتصال مرکزی باربند، تیرک بادبان و محافظ ریل- جعبه دنده درمحصول Hummer H2 SUT استفاده می‌کند.

۲۲ HOLMENKOL SPORT – TECHNOLOGIES GMBH

Holmenkol Sport – Technologies حاصل سرمایه‌گذاری مشترک Loba Chemical و Nanogate Technologies است که به‌منظور تولید و بازاریابی نانوکامپوزیت Nanowax مورد استفاده در چوب و تخته اسکی و بر اساس فناوری توسعه یافته از سوی Nanogate تشکیل شد.

۲۳ ONEFWELL SPECIALTY POLYMERS

Honeywell تعدادی از نانوکامپوزیت‌ها خاک رس/ نایلون را تحت عنوان Aegis تولید می‌کند. مواد انسدادی نانوکامپوزیتی Aegis در تهیه ظرف‌های نگهداری نوشیدنی‌های الکلی و گازدار به‌کار می‌روند.

۲۴ .HYPERION CATALYSIS INTERNATIONAL,INC

Hyperion Catalysis در سال ۱۹۸۲ به منظور تجاری‌سازی الیاف کربنی تاسیس شد. این شرکت از فناوری ابداعی بانی شرکت هاوارد تننت، استفاده می‌کند. او فرآیندی برای رشد کاتالیزوری نانولوله‌ها از مواد اولیه هیدروکربنی گسترش داده است. این شرکت بیش از ۱۰۰ اختراع به ثبت رسانده است و اگرچه اختراعات اولیه‌اش کم‌مصرف شده‌اند، ولی همچنان اعتقاد دارد که این اختراعات به خوبی در صحنه رقابت در امان مانده‌اند.

محصول اصلی Hyperion نانولوله کربنی چند دیواره است که با کاتالیزور Fibril رشد داده می‌شود. این شرکت دسته‌های بزرگی از پلیمرها و ترکیباتی که شامل ۱۵ الی ۲۰ درصد نانولوله کربنی هستند و نیز ترکیباتی که برای قالب‌گیری مناسب هستند را عرضه کرده است. این مواد در ترکیبات پلاستیکی صنعت خودروسازی (پایه، محفظه‌ها، خطوط سوخت) قطعات الکترونیکی (محیط‌های ذخیره الکترونیکی، ابزارهای ساخت) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲۵ INFRAMAT CORP

Inframat یک شرکت خصوصی است که در سال ۱۹۹۶ تأسیس شد. این شرکت با سرمایه حاصل از قراردادهای تحقیق و توسعه با دولت آمریکا و قراردادهای توسعه‌ای مشترک، بر گسترش پوشش‌های نانوسرامیکی جدیدی که می‌توانند با فناوری مرسوم پوشش‌های پاششی گرمایی به کار گرفته شوند، تمرکز کرده است. این شرکت دارای هفت اختراع ثبت شده در آمریکاست و درآمد اخیر آن بیش از ۱ میلیون دلار است که شامل فروش‌های تجاری و قراردادهای دولتی است.

بهترین محصول Inframat پوشش سرامیکی کشسان تیتانیا/ آلومینا با عنوان Nanox 2613 است. بنابر ادعای این شرکت، پوشش مذکور از لحاظ مقاومت به سایش پنج برابر، از نظر استحکام چهاربرابر و از لحاظ طول عمر ده برابر بهتر از روکش‌های میکرونی است و نسبت به آنها انعطاف پذیری بالاتر و قابلیت ماشین‌کاری بهتری دارد. پوشش تیتانیا / آلومینا همچنین می‌تواند از رشد صدف‌ها و جلبک‌ها بر روی سطوح جلوگیری کند.

Nanox در واقع با سرمایه‌گذاری نیروی دریایی آمریکا توسعه یافته است و در کاربردهای دریایی مانند پوشش ورودی‌های هوا در زیردریایی و نیز در شیرفلکه‌های خروجی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پوشش همچنین دارای پتانسیل کاربردی وسیع تجاری در بخش معدن، کاغذ، خمیر کاغذ و همچنین در قسمت‌های مختلف مخابرات دریایی است.

Inframat همچنین در حال توسعه نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی (Ni-Fe/Sio2 , Co/Sio2, Fe-Co/sio2, Fe/Ni-Ferrite, Ni-Zn-Ferrite/Sio2, Fe-Ni/ پلیمرو کوپلیمر) برای استفاده در تجهیزات الکترونیکی فرکانس بالا (>1MHZ) مانند رادارها،

www.ShimiPedia.ir

ماهواره‌ها و سیســتم‌های مخابراتی و همچنین در سیستم‌های استریوی خانگی است. این کار به صورت مشترک توسط NSF، DARPA، NASA و نیروی هوایی و دریایی آمریکا سرمایه‌گذاری شده است.
Inframat در حال حاضر مشغول یافتن یک شریک تجاری برای این فناوری است.

INMAT LLC ۲۶ ۷

Inmat به عنوان برنامه توسـعه‌ای مشـترک شـرکت Hoechst Research and Technology آغاز بـه کارکرد و هم‌اکنون یکی از تولیدکنندگان اصلی لاسـتیک است. درسال ۱۹۹۷ این پروژه به یک موفقیت فناوری بزرگ دست یافت و آن، تولید نانوکامپوزیت انعطاف‌پذیر لاسـتیک بوتیـل/ ورمیکولیت بود. نفوذ گازها در این محصول ۸۰ برابر کمتر از لاسـتیک بوتیل است.

فناوری این شرکت بر این اصل استوار است که اگر پرکننده‌های غیر قابل نفوذ به گونه‌ای در کنار هم قرارگیرند که بتوانند مسافتی را که یک مولکول گازی سیر می‌کند افزایش دهند، نفوذ مولکولها در یک لایه نازک پلی‌مری می‌تواند به طرز قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. هرچه نسـبت ظاهری ذرات پرکننده بزرگ‌ترباشـد، یعنی نسبت پهنا به ضخامت آنها بزرگ‌تر باشد، توانایی آنها برای جلوگیری از نفوذ مولکولهای گازی که سعی دارند از لایه نازک خارج شوند، بیشتر می‌شود.
اختراع اصلی Inmat که در فناوری پوشش نانوکامپوزیتی و سایر کاربردها به کار می‌رود در سال ۲۰۰۰ ثبت شد.
اولین کاربرد تجاری پوشـش‌های انسدادی ساخته‌شده توسـط Inmat که Air D-Fense نام دارند در توپ تنیس دولایه‌ای Wilson است. هسته داخلی این توپ با پوشش انسدادی Air D-Fense پوشیده شده است و باعث می‌شود که فشار هوای داخل حفظ شده و جست و خیز آن نسبت به توپ‌های معمولی حداقل دو برابر بیشترشود.
سـایر کاربردهای بالقوه سیستم Air D-Fense شامل لاستیک‌ها، قلم‌های نقاشی، دستکش‌های حفاظتی لاستیکی، تجهیزات شناورسازی، بالش‌های هوایی و کفش‌های مسابقه است.
فروش Inmat در سال ۲۰۰۵ در حدود ۵۰۰ هزار دلار بوده است.

KABELWERK EUPEN AG ۲۷ ۷

KABELWERK Eupen یکی از بزرگ‌ترین تولید کنندگان کابل مخابرات، تلویزیون و کابل‌های توزیع قدرت است. این شرکت با همکاری Sud – Chemie AG یک سری از کابل‌های EVA / LDPE که با نانوسفال پرشده‌اند ساخته، که مقاومت بالایی در برابر مشتعل‌شدن دارند.

LG CHEM ۲۸ ۷

LG Chem، بخشی از شرکت LG و یک تولیدکننده چند منظوره مواد شیمیایی با سرمایه ۶/۸ میلیارد دلار است.
این شرکت توانسته است با قالب‌گیری دمشی تک لایه‌های HDPE با قابلیت نفوذناپذیری بالا بسازد که شامل ۳ الی ۵ درصد خاک رس نانومقیاس است و در ظروف تولوئن و سیال‌های سبک هیدروکربنی استفاده می‌شود. مطابق گزارش این شرکت، نشر حلال‌های هیدروکربنی در این محفظه‌ها نسبت به HDPE خالص حدود ۴۰ تا ۲۰۰ برابر کاسته شده است.

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD. ۲۹ ۷

Matsushita Electric Works (MEW) یک شرکت چند منظوره با سرمایه ۱۲/۶ میلیارد دلار است که در پنج زمینه تجاری فعالیت دارد: مواد سـازه‌ای الکتریکی، محصولات سـاختمانی، لوازم خانگی، سیسـتم‌های کنترل خودرو و مواد پلاسـتیکی. مارک‌هـای National Electronics و Panasonic بـه ایـن شـرکت تعلق دارند. این شـرکت از فناوری‌نانـو در تعدادی از محصولاتش اسـتفاده می‌کند و اخیراً به منظور تجاری‌سـازی باتری‌های خورشـیدی CdSe /P3HT کـه دارای کاربردهای ساختمانی هستند، با شرکت Nanosys توافق‌نامه همکاری امضاء کرده است.

MITSUBISHI CHEMICAL CORP ۳۰ ۷

Mitsubishi Chemical یک شـرکت شیمیایی با سـرمایه ۱۸/۲ میلیارد دلار است که از محصولات نانوخاک رس شرکت Nanocor در نایلون‌ها به عنوان لایه‌های انسـدادی قابل اسـتفاده در بطری‌های PET چند لایه و لایه‌های نازک برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌کند. نانوکامپوزیت نایلونی این شرکت که Imperm N نامیده می‌شود به صورت تجاری در اروپا برای بطری‌های PET چند لایه به منظور نگهداری مشـروبات الکلی اسـتفاده می‌شـود. این محصول در حال ارزیابی کاربرد این محصول در بطری نوشـابه‌های گازدار است. سـایر کاربردهای آینده Imperm ظرف‌های چند لایه گرماشکل برای نگهداری پنیر و گوشت و نیز فیلم‌های چند لایه انعطاف‌پذیر برای نگهداری خلال سیب زمینی و رب گوجه فرنگی هستند.

www.ShimiPedia.ir

NANOLEDGE ۳۱۷

Nanoledge در سال ۲۰۰۱ به عنوان شاخه‌ای از دانشگاه مونت پلیه تأسیس شد. این شرکت در تولید انبوه و تجاری‌سازی نانولوله‌های کربنی ساخته‌شده به‌روش تخلیه الکتریکی تبحر دارد. درآمد تخمین زده شده این شرکت در سال ۲۰۰۲، ۱۱۰ هزار دلار بوده است.

شرکت Nanoledge به همراه شرکت Babolat که یک کارخانه تولیدکننده وسایل ورزشی است، بر روی توسعه راکت‌های تنیس مبتنی بر مواد نانولوله‌کربنی کار می‌کند. این شرکت توافق‌نامه‌های همکاری دیگری با چندین شرکت بزرگ در زمینه صنعت پلیمر دارد.

Nanoledge توانسته است الیاف نانولوله‌ای بسازد که تا ۱۰۰درصد حاوی نانولوله کربنی است. این ماده تمام خواص الکتریکی، گرمایی و رفتاری نانولوله‌های کربنی را دارد و فراوری آن نیز ساده‌تراست.

NANOCOR, INC ۳۱۷

Nanocor یک بخش فرعی از شرکت بین المللی AMCOL است. این شرکت بزرگ‌ترین تولیدکننده عمومی خاک رس نانو مقیاس برای استفاده در نانوکامپوزیت‌های پلاستیکی است. این شرکت صاحب بیش از ۳۰اختراع ثبت شده در آمریکا در زمینه فناوری‌های تولید خاک رس نانومقیاس برای استفاده در پلاستیک‌ها و همچنین فناوری‌هایی در زمینه تولید نانوکامپوزیت‌هاست.

Nanocor تولید تجاری خاک رس را از سال ۱۹۹۸ آغاز کرد و هم اکنون انواع گوناگونی از محصولات مانند نانوپودر، مستربچ و نانوکامپوزیت‌ها را تولید می‌کند. کاربرد اصلی آنها در بسته‌بندی محصولات، اجزای اتومبیل و سایر محصولات صنعتی است.

NANOGATE TECHNOLOGIES GMBM ۳۱۷

این شرکت که در سال ۱۹۹۸ پایه‌ریزی شد، دارای تخصص بالایی در تولید نانوکامپوزیت‌های آلی – معدنی و نانوساختارهای خود سامان است. فروش آن در سال ۲۰۰۱ درحدود ۴ میلیون دلار بوده است (نزدیک‌ترین سالی که اطلاعات آن در دسترس است) و در سال ۲۰۰۰ در حدود ۲/۲ میلیون دلار فروش داشت.

راهبرد Nanogate در بخش‌های زیر متمرکز است:

- فناوری سطح
- پوشش‌های غیر چسبنده بر روی شیشه، سرامیک، فلزات و پلیمرها
- سیستم‌های ضد خراش برای پلاستیک
- سیستم‌های ضدخورنده برای فلزات سبک
- فناوری نانوسرامیک
- مواد سرامیکی دما بالا که از کاربید سیلیکون (SIC) ساخته می‌شوند.

یکی دیگر از هدف‌های Nanogate یافتن شرکای راهبردی است؛ از این جمله می‌توان به همکاری تجاری با LOBA که یک شرکت شیمیایی آلمانی است اشاره نمود (Holmenkol Sport – Technologies Gmbm & Co). این همکاری در ابتدا در زمینهٔ بازاریابی پوشش‌های چوب و تخته اسکی به نام Nanowax است، ولی در نهایت به انتقال این فناوری به سایر لوازم ورزشی مانند پوشش‌های ضد رسوب و دافع یخ در قایق‌ها می‌شود.

NANOSYS , INC. ۳۱۷

Nanosys یک شرکت خصوصی در کالیفرنیا است که بر روی توسعه پروژه‌های فناوری‌نانو در سه زمینه اصلی فعالیت دارد:

- فوتوولتائیک
- حسگرهای شیمیایی و زیستی
- سطوح نانوساختار (برای مثال، سطوح بسیار آب‌گریز که در آنها آب از سطح جدا می‌شود؛ سطوح ضد میکروب که از رشد باکتری جلوگیری می‌کنند؛ چسب‌های حالت جامد که قابلیت ایجاد پیوندهای صنعتی محکم از طریق برهم کنش‌های واندروالس دارند).

برای رسیدن به این اهداف، این شرکت در حدود ۱۲۰ اختراع ثبت شده دارد که همگی در مورد نانومواد نیمه‌رسانای معدنی مانند نانوسیم‌ها، نانومیله‌ها و نقاط کوانتومی هستند. اگرچه Nanosys هنوز یک محصول تجاری معرفی نکرده است،

www.ShimiPedia.ir

ولی از زمان تأسـیس تاکنون نزدیک به ۸۰ میلیون دلار دارایی از طریق سـهام و غیر آن جمع کرده اسـت و احتمالاً فناوری فوتوولتائیک آن به زودی تجاری می‌شـود. این شـرکت یک توافق‌نامه با شـرکت Matsushita Electirc Works برای تولید پیل‌های خورشیدی جهت استفاده و فروش در بازار مواد ساختمانی امضاء کرده است. Nanosys در سال ۲۰۰۳ اعلام کرد که حقوق انحصاری جهانی را در تجاری کردن فناوری باتری‌های خورشـیدی نانوکامپوزیتی از آزمایشگاه ملی لارنس برکلی و دانشگاه کلمبیا دریافت کرده است.

NANOSOLAR, INC ۳۵۷

Nanosolarتکرـشد در اکتبر ۲۰۰۱ تأسـیس شد. این شرکت از نانوساختارهای خودآرا و فناوری‌های فوتوولتائیک آلی که برای اولین بار در آزمایشگاه ملی ساندیا توسعه یافت و مجوز ساخت برای آنها صادر شد استفاده می‌کند.
فناوری این شـرکت بر روش‌های خودآرایی شیمیایی استوار است که در ساخت نانوماتریس‌های نیمه رسانا که یکی از دو قسمت یک پیل خورشیدی است، مورد استفاده قرار می‌گیرند. قسمت دیگر از طریق ماده پرکننده مناسب به‌دست می‌آید.
سطوح مشترک تولید شده در پیل‌های Nanosolar در مقایسه با پیل‌های خورشیدی سیلیکونی حدود ۱۰۰۰ برابر بیشتر است (در هر واحد سـطح) و این در حالی اسـت که در مقایسه با آنها حدود ۱۰۰۰ برابر نازک‌تر نیز هستند. پیل‌های Nanosolar را می‌توان در حجم انبوه بوسیلهٔ فرآیند روکش‌دهی مبتنی بر حلال‌های ارزان قیمت ساخت.

NEI CORP. ۳۶۷

شـرکتNanopowder Enterprises (NEI) Corp. مشـغول توسعه و ساخت مواد نانومقیاس برای کاربردهای گوناگون از قبیل پلیمرها و پوشش‌های پاششی گرمایی است. فروش فعلی این شرکت در حدود ۲۵۰ هزار دلار در سال است.

NEOMAX CO. ,LTD. ۳۷۷

در سال ۲۰۰۴ شرکت‌های Sumitomo Special Metals و Hitachi Metals واحدهای عملیاتی آهنرباهای دائمی خود را با هم ترکیب و نام NeoMax را برای آن انتخاب کردند. محصولات این شـرکت شامل کامپوزیت یا آلیاژهای نانومغناطیسی به نام Finemet است.

NANOQUEST PTY, LTD. ۳۸۷

یک شـرکت خصوصی با هدف تجاری‌سازی فناوری‌ها و کاربردهای نانومواد اسـت. یکی از این نانو مواد که هم اکنون در دست توسعه و بررسی است، خاک رس هیدروتالکیت سنتزی است. طبق گفته این شرکت این محصول هنوز در مرحله اولیه است و هیچ اختراعی برای آن به ثبت نرسیده است.

NOBEL POLYMERS ۳۹۷

Nobel Polymers تولیدکننده محلول‌های پلاسـتیکی و ترکیبات رنگینه‌ای با کارکرد بالاسـت. این شرکت در سال ۲۰۰۳ نانوکامپوزیت سـاخته شـده از پلی‌پروپیلن را با نام Forte معرفی کرد. اولین کاربرد تجاری Forte در پشتی‌های صندلی برای خودروی Honda Acura TL در سـال ۲۰۰۴ بود. این محصول می‌تواند جایگزین پلی‌پروپیلن‌های پرشـده با شیشـه که باعث بروز مشـکلات فرآوری، عیب‌های ظاهری و پیچ خوردگی می‌شوند، گردد. Forte دارای چگالی پایین به‌اندازه928/0 g/cc، خواص مکانیکی فوق‌العاده و نیز کیفیت سطح بالا و قابلیت بازیافت شدن است.
Noble ادعا می‌کند که نانوکامپوزیت Forte همچنین می‌تواند در سـاخت میز فرمان مرکزی برای کامیون‌های سـبک مدل ۲۰۰۶ مورد اسـتفاده قرار گیرد. سـایر کاربردهای آتی شـامل مبلمان اداری (جایگزین‌شـدن ۲۰ درصد برای پلی‌پروپیلن‌های شیشه‌ای) و ابزارآلات است، در اینصورت Forte باعث خواهد شد که وزن و احتمالاً قیمت آنها کاهش یابد.

Pentron CLINICAL TECHNOLOGIES LLC ۴۰۷

Pentron تولیدکننده و توسعه‌دهنده محصولات دندانپزشکی مانندNanoBond است. این ماده یک چسب دندان نانوکامپوزیتی حاوی POSS می‌باشد.

POLYONE CORP. ۴۱۷

Polyone یک شـرکت خدمات پلیمری بین المللی اسـت که در زمینه ترکیبات ترموپلاسـت، مخصوصاً سیسـتم‌های مواد افزودنی، رنگ و فرمولاسیون پلیمرها کار می‌کند. فروش سالانهٔ این شرکت در حدود ۲ میلیارد دلار است. در سال ۲۰۰۳ این

www.ShimiPedia.ir

شرکت همکاری راهبردی با Nanocor به منظور توسعه و تجاری‌سازی کاربردهای نانوکامپوزیت‌های جدید خاک رسی آغاز کرد. اولین نتیجه این همکاری راه‌اندازی خط تولید TM Nanoblend برای تولید مخلوط‌های نانوپلیمری ساخته شده‌از PP و PE است که شامل ۴۰ درصد نانوخاک رس است. مخلوط‌های Nanoblend به‌ویژه برای بخش‌های ترموپلاستیک اولفینی(TPO) در اجزای درونی و بیرونی خودروها مناسب هستند. مزیت این کاربردها پایداری ابعادی، وزن سبک‌تر و سفتی کمتر است.
کاربرد مخلوط‌های Nanoblend در فیلم‌های نازک به منظور افزایش خاصیت انسدادی آنها، کاهش سفتی، HDT و انتقال و رهاسازی کنترل شدهٔ افزودنی‌هایی مانند حشره‌کش‌ها و رنگدانه‌ها درحال ارزیابی است. بعضی از واحدهای صنعتی مشغول ارزیابی این مخلوط‌ها برای بهبود خاصیت تأخیر در اشتعال آنها هستند.
Polyone خط تولید Maxxam LST را برای تولید کامپوزیت‌های نانوخاک رس/PP که از مخلوط‌های Nanoblend مشتق می‌شوند، راه‌اندازی کرده است. این شرکت می‌تواند با این محصول بر مشکلات پوسته شدن و توزیع ناقص خاک رس که در بسیاری از ترموپلاست‌های مهندسی دیده می‌شود، غلبه کند.

۴۲ ROYAL DSM N. V.

Royal DSM یک تولیدکننده ۱۱ میلیارد دلاری برای علوم زیستی و مواد با کارایی بالاست. این شرکت به همراهی شرکت Carbon Nanotechnologies مشغول توسعه نانوکامپوزیت‌های PE/SWNT با کارآیی بالا هستند.

۴۳ RTP

RTP یک شرکت خصوصی پلاستیک‌های مهندسی است و توانسته است نانوکامپوزیت‌های نایلون را برای کاربردهای فیلم و ورقه به صورت تجاری درآورد. این شرکت ترکیبات پلیمری پرشده با نانولوله را با استفاده از نایلون، پلی‌کربنات و سایر پلیمرهای مهندسی می‌سازد. این ماده یکی از اصلی‌ترین پلیمرها در زمینه پلیمرهای پراکنده‌ساز بار ساکن مدل بالا می‌باشد.

۴۴ SCIPERIO, INC

Sciperio یک شرکت تحقیقاتی علمی- مهندسی است که به جای افزودن یک پرکننده برای شکل دادن رزین در یک مرحله مجزا، رهیافت تازه‌ای برای تولید نانوکامپوزیت‌های ترموست از مونومرهایی که بخشی از آنها غیرآلی هستند، ارائه داده است.

۴۵ SHOWA DENKO K. K.

Showa Denko یکی از اصلی‌ترین تولیدکننده‌های مواد صنعتی و شیمیایی در ژاپن است و در سال ۲۰۰۴ فروشی معادل ۷ میلیار دلار داشت. این شرکت انواع مختلفی کامپوزیت‌های خاک رس/ نایلون ۶۶ را با علامت تجاری Systemer تولید می‌کند.

۴۶ SIM COMPOSITES, INC.

Sim Composites یک شرکت نوپا در تجاری‌سازی غشاءهای الکتروشیمیایی نانوکامپوزیتی به منظور استفاده در پیل‌های سوختی و کاربردهای الکترودیالیز است. غشاءهای Sicopion این شرکت از نانوذرات سیلیکونی که در بین یک غشای پلیمری PEEK تحول یافته قرار گرفته‌اند ساخته می‌شود. فناوری غشای Sicopion باعث کم هزینه‌شدن سیستم (فرآیند تولید و مواد) ، بهبود مدیریت آب در دماهای پایین و بالا و در نهایت پایداری گرمایی بالا می‌شود و درعین حال توان آن با مقدار مربوط به Nafion برابر است.
SIM همچنین مهارت فرآوری غشاء را توسعه داده و می‌تواند غشاءهای ورقه‌ای و رولی مورد نیاز برای توسعه محصول و تست‌های آزمایشگاهی را تولید کند.

۴۷ SOUTHERN CLAY PRODUCTS, INC

SCP که قسمتی از Rockwood Specialties است، سازنده و فروشنده افزودنی‌های عامل دار است که برپایهٔ خاک رس طبیعی یا سنتزی ساخته شده‌اند. این شرکت از سال ۱۹۴۰ شروع به استخراج و فرآوری خاک رس مونت‌موریلونیت کرده است و افزودنی‌های خاک رس نانومقیاس با نام Closite را به فروش می‌رساند. این افزودنی‌ها از ورقه‌های سیلیکات آلومینیوم - منیزیم لایه لایه با ابعاد نانومقیاس که به روش‌های آلی اصلاح شده‌اند، تشکیل شده است. سطح این ورقه‌ها به منظور توزیع پذیری کامل با استفاده از فرآیندهای شیمی آلی اصلاح شده و با سیستم‌های ترموپلاست برای رسیدن به خواص زیر بهبود می‌یابد:

www.ShimiPedia.ir

- افزایش قدرت
- بهبود خواص مقاومت به نفوذ گاز
- افزایش مقاومت در برابر آتش

۴۸ SOUTHWEST NANOTECHNOLOGIES,INC

Southwest Nanotechnologies یک شـرکت خصوصی و مستقل در زمینه مواد شیمیایی و تولیدکننده نانولوله‌های کربنی است که در بسیاری از محصولات تخصصی قابل استفاده هستند. این شرکت در سال ۲۰۰۱ از سوی دانشگاه اوکلاهما به منظور تجاری‌سازی فناوری نانولوله‌ای که در این دانشگاه توسعه یافته است، با سرمایه‌گذاری Conoco دایر گردید.
درحال حاضرشرکت مذکور مشغول ساخت یک واحد تولیدی برای ساخت نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره است. این شرکت از روش‌های کاتالیزوری متعلق به خودش که یک فرآیند پیوسته است کمک می‌گیرد.

۴۹ SUD- CHEMIE AG

Sud- Chemie AG یک شـرکت شـیمیایی چند منظوره با سرمایه ۱/۲ میلیارد دلار اسـت که یک محصول مبتنی بر خاک رس به نام Nanofil برای به تعویق انداختن آتش تولید می‌کند. اخیراً این شرکت موفق به توسعه کابل‌ها و سیم‌های EVA/PE عاری از هالوژن شـده است. این کابل‌ها شـامل ۳ الی ۵ درصد Nanofil SE ۳۰۰۰ و ۵۲ الی ۵۵ درصد تری هیدرات آلومینا یا هیدرواکسیدمنیزیم (که معمولاً با مقدار ۶۵ درصد استفاده می‌شود) هستند.
نتایج نشان می‌دهد که این کابل‌ها دارای خواص مکانیکی بهتر، سطح صاف‌تر و سرعت قالب‌گیری بالاتر هستند.

۵۰ TRITON SYSTEMS,INC

Triton Systems در سال ۱۹۹۲ به عنوان یک شرکت توسعه و تحقیق کاربردی با تمرکز بر تولید محصولات و فرآیندهای لازم برای بازارهای تجاری و دولتی پایه‌ریزی شد. این شرکت هم‌اکنون در توسعه خاک رس نانومقیاس به‌عنوان افزایش‌دهنده‌های خاصیت انسدادی EVOH در بسته‌بندی‌های با عمر طولانی، با ارتش آمریکا و ناسا همکاری می‌کند. بدین منظور، یک ظرف غذای آزمایشی تولید شده است که در آن، EVOH به همراه ۳ درصد از Cloisite (تولید شده توسط شرکت Southern Clay) در بین دو لایه از PP محصور شـده اسـت. این ظرف بدون نیاز به یخچال می‌تواند مواد غذایی را ۳ الی ۵ سـال حفظ کند و بسیار کارآمد، قابل بازیافت و شفاف است.

۵۱ .UBE INDUSTRIES, LTD

Ube Industries تولیدکننده ۵/۲ میلیارد دلاری پلاستیک‌ها و مواد شیمیایی تخصصی، فلزات و ماشین آلات سازه‌ای است. این شـرکت در تولید نانوکامپوزیت‌های تجاری، مانند «هیبریدهـای نایلون/خاک رس» (NCH) از نایلون۶ و کوپلیمر نایلون ۶/۶۶ برای کاربردهای ساختاری و فیلمی جزء رتبه‌های اول است. کاربردهای تجاری NCH شامل فیلم‌های انسدادی نایلون ۶ برای بسته‌بندی مواد غذایی و نیز پوشش تسمه‌های تنظیم زمان برای شرکت Toyota Motors است.

۵۲ .UNITIKA , LTD

Unitika یک شرکت عمومی با سرمایه ۲ میلیارد دلار برای تولید الیاف، پلاستیک و محصولات شیمیایی است. این شرکت یکی از اصلی‌ترین تولیدکننده‌های نانوکامپوزیت نایلون۶ برای کاربردهای خودرو است. محصول Nylon M2350 با استفاده از فناوری انحصاری این شـرکت ساخته می‌شود. در این فناوری در طول پلیمرشدن، از سیلیکات سنتزی شده شرکت Coop Chemicals استفاده می‌شود. نایلون M2350 درآمریکای شمالی توسط Toyota Tsusho بازاریابی و توزیع می‌شود.
این نایلون از سـوی Mitsubishi Motors برای سـاخت پوشـش موتور در مدل‌های GDI مورد استفاده قرار گرفته است. در این حالت نانوکامپوزیت باعث کاهش ۲۰ درصدی در وزن و پرداخت فوق‌العاده سـطوح می‌شـود. پوشش‌های چراغ‌ها و نیز دسته‌های چاقو جزء کاربردهای دیگر این محصول هستند.

۵۳ .VALSPAR CORP

Valspar تولیدکننده ۲/۴ میلیارد دلاری مواد بسته‌بندی، رنگ‌ها و پوشش‌ها است.

۵۴ WILSON SPORTING GOODS CO.

این شرکت خصوصی، تولید کنندهٔ لباس و تجهیزات ورزشی است که در خط تولید محصولاتش از قبیل توپ تنیس با دوام

www.ShimiPedia.ir

و دولایه‌ای، راکت‌های تنیس nCode TM و چوب گلف Wilson Staff از نانوکامپوزیت‌ها استفاده می‌کند.

۵۵ ۷ YANTAI HAILI INDUSTRY & COMMERCE CO. ,LTD.

Yantai Haili تولیدکننده لوله‌های پلاستیکی ضدزلزله از نانوکامپوزیت‌های خاک رس است. اطلاعات بیشتری در مورد این محصول به دست نیامد.

۵۶ ۷ ZYVEX CORP.

Zyvex یک شرکت خصوصی فناوری نانو است که در سال ۱۹۹۷ تاسیس شد. این شرکت انواع افزودنی‌های نانولوله کربنی را به منظور استفاده در رزین‌های اپوکسی و پلی‌اورتان تولید می‌کند. فناوری اصلاح سطح به‌کارگرفته شده توسط آن شرکت باعث توزیع آسان نانولوله‌های کربنی در حلال‌های مختلف (مانندآب) می‌شود و همچنین برهم‌کنش نانولوله و محیط میزبان را افزایش می‌دهد.

www.ShimiPedia.ir

نشانی، شماره تماس و سایت اینترنتی فروشندگان

ABS INTERNATIONAL CORP.
Kitamagoma
Ohta-ku Tokyo 143-0021
Japan
Tel: 81-3-6708-7122
Internet: www.abs-pro-am.com

AGILENT TECHNOLOGIES
395 Page Mill Rd.
P.O. Box 10395
Palo Alto, CA 94303
Tel: 800/235-0312
Internet: www.agilent.com

ALCOA CLOSURE SYSTEMS INTERNATIONAL
8550 West Bryn Mawr, 10th Fl.
Chicago, IL 60631
Tel: 773/380-7717
Internet: www.alcoa.com

ALPS ELECTRIC CO., LTD.
1-7, Yukigaya-Otsuka-cho, Otaku
Tokyo 145-8501 Japan
Tel: 81(3)3726-1211
Internet: www.alps.com

ALTAIR NANOTECHNOLOGIES, INC.
1725 Sheridan Ave., Suite 140
Cody, WY 82414
Tel: 307/587-8245
Internet: www.altairinc.com

BABOLAT NORTH AMERICA, INC.
P.O. Box 3376
Boulder CO 80307
Tel: 877/316-9435
Internet: www.babolat.com

BASELL POLYOLEFINS CO. N.V.
Hoeksteen 66
2132 MS Hoofddorp
P.O. Box 625
2130 AP Hoofddorp
The Netherlands
Tel: (31) 20 44 68 644
Internet: www.basell.com

BAYER AG 51368
Leverkusen
Germany
Tel: (49) 214/30-1
Internet: www.bayer.com

CARBOLEX, INC.
234 McCarty Court
Lexington, KY 40508
Tel: 859/226-9210
Internet: www.carbolex.com

CARBON NANOTECHNOLOGIES, INC.
16200 Park Row
Houston TX 77084
Tel: 281/492-5707
Internet: www.cnanotech.com

CLARIANT INTERNATIONAL AG
Rothausstrasse 61
CH-4132 Muttenz 1
Switzerland
Tel: 41 6 146 951 11
Internet: www.clariant.com

DEGUSSA AG
Geb. 1040
Rodenbacher Chaussee 4
63457 Hanau-Wolfgang
Germany
Tel: (949) 6181-59-4885
Internet: www.advanced-nano.com

DOW CHEMICAL CO.
2030 Dow Center
Midland, MI 48674
Tel: 989/636-1000
Internet: www.dow.com

EASTON SPORTS, INC.
7855 Haskell Ave.
Suite 200
Van Nuys, CA 91406
Tel: 800/632-7866
Internet: www.eastonsports.com

E. I. DU PONT DE NEMOURS AND CO.
1007 Market St.
Wilmington, DE 19898
Tel: 302/774-1000
Internet: www.dupont.com

eSPIN TECHNOLOGIES, INC.
100 Cherokee Blvd., Suite 325
Chattanooga, TN 37405
Tel: 423/267-6266
Internet: www.nanospin.com

EXATEC GMBH & CO. KG
Friedrich-Ebert-Straße
51429 Bergisch Gladbach
Germany Tel: 49-(0)2204-842700
Internet: www.exatec.de
FOSTER CORP.
45 Ridge Rd.
Putnam, CT 06260
Tel: 860/928-4102
Internet: www.fostercomp.com

FRONTIER CARBON CORP.
Kyobashi Nissyoku Blvd.
1-8-7 Kyobashi, Chuo-ku, Tokyo
Japan
81-3-5159-6880
www.f-carbon.com

GE PLASTICS
One Plastics Ave.
Pittsfield, MA 01201
Tel: 413/448-7110
Internet: www.geplastics.com

www.ShimiPedia.ir

GENERAL MOTORS CORP.
300 Renaissance Center
Detroit, MI 48265
Tel: 313/556-5000
Internet: www.gm.com

HOLMENKOL SPORT-TECHNOLOGIES GMBH
Leonberger Strasse 56-62
D-71254 Ditzingen
Germany
Tel: (49) 7156/357-260
Internet: www.nanowax.com

HONEYWELL SPECIALTY POLYMERS
101 Columbia Rd.
Morristown NJ 07962
Tel: 800/446-3022
Internet: www.aegisnylon.com

HYPERION CATALYSIS INTERNATIONAL, INC.
38 Smith Pl.
Cambridge, MA 02138
Tel: 617/354-9678
Internet: www.fibrils.com

INFRAMAT CORP.
74 Batterson Park Rd.
Farmington, CT 06032
Tel: 860/678-7561
Internet: www.inframat.com

INMAT LLC
216 Route 206, Suite 7
Hillsborough, NJ 08844
Tel: 908/874-7788
Internet: www.inmat.com

KABELWERK EUPEN AG
Malmedyer Str. 9
4700 Eupen
Belgium
Tel: 32 (0)87 597000
Internet: www.eupen.com

LG CHEM
LG Twin Towers
20, Yeouido-dong
Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-721
Korea
Tel: 82-2-3773-5114
Internet: www.lgchem.com

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.
1048 Kadoma
Kadoma, Osaka 571-8686
Japan
Tel: 81-6-6908-1131
Internet: www.mew.co.jp

MITSUBISHI CHEMICAL CORP.
33-8, Shiba 5-chome, Minato-ku
Tokyo, 108-0014 Japan
Tel: 81-3-6414-3730
Internet: www.m-kagaku.co.jp

NANOLEDGE
Cap Alpha
Avenue de l'Europe - Clapiers
34940 Montpellier Cedex 9
France
Tel: (33) 467 59 36 58
Internet: www.nanoledge.com

NANOCOR, INC.
1500 W. Shure Drive
Arlington Heights, IL 60031
Tel: 847/394-8844
Internet: www.nanocor.com

NANOGATE TECHNOLOGIES GMBH
Gewerbepark Eschbergerweg
D-66121 Saarbrücken
Germany
Tel: (49) 681-980 52-0
Internet: www.nanogate.de

NANOSYS, INC.
2625 Hanover St.
Palo Alto, CA 94304
Tel: 650/331-2100
Internet: www.nanosysinc.com

NANOSOLAR, INC.
2440 Embarcadero Way
Palo Alto, CA 94303-3313
Tel: 650/565-8891
Internet: www.nanosolar.com

NEI CORP.
Suite 102/103
201 Circle Drive
Piscataway, NJ 08854
Tel: 732/868-1908
Internet: www.neicorporation.com

NEOMAX CO., LTD.
No. 3 Sumitomo Bldg.
4-7-19 Kitahama
Chuo-ku Osaka 541-0041
Japan
Tel: (06)6220-8822
Internet: www.neomax.co.jp

NANOQUEST PTY, LTD.
Level 27
Central Plaza One
345 Queen St.
Brisbane, Australia
Internet: www.nanoquest.com.au

NOBLE POLYMERS
4855 Thirty-Seventh St. SE
Grand Rapids, MI 49512
Tel: 616/975-4987
Internet: www.noblepolymers.com

Pentron CLINICAL TECHNOLOGIES LLC
53 N Plains Industrial Rd,
Wallingford, CT 06492
Tel: 800/243-3969
Internet: http://www.Pentron.com

www.ShimiPedia.ir

POLYONE CORP.
33587 Walker Rd.
Avon Lake, OH 44012
Tel: 866/765-9663
Internet: www.polyone.com

ROYAL DSM N.V.
Het Overloon 1
6411 TE Heerlen
The Netherlands
Tel: 31-45-578-81-11
Internet: www.dsm.nl

RTP
580 East Front St.
Winona, MN, 55987
Tel: 800/433-4787
Internet: www.rtpcompany.com

SCIPERIO, INC.
6421 S. Air Depot Blvd., Suite B
Oklahoma City, OK 73135
Tel: 405/622-9296
Internet: www.sciperio.com

SHOWA DENKO K.K.
13-9 Shiba-Daimon
1-Chome, Minato-ku
Tokyo, 105-8518
Japan
Tel: 81-3-5470-3235
Internet: www.sdk.co.jp

SIM COMPOSITES, INC.
Saint-Augustin-de-De
Quebec G3A 1V1
Canada
Internet: http://www.simcomposites.com

SOUTHERN CLAY PRODUCTS, INC.
5508 Highway 290 West
Suite 260
Austin, TX 78745
Tel: 800/324-2891
Internet: www.scprod.com

SOUTHWEST NANOTECHNOLOGIES, INC.
eTec Technology Accelerator
710 Asp Ave., Suite 303
Norman, OK 73069
Tel: 405/217-8388
Internet: www.swnano.com

SUD-CHEMIE AG
Lenbachplatz 6
D-80333 Munich
Germany
Tel: 49-89-51-10-0
Internet: www.sud-chemie.com

TRITON SYSTEMS, INC
200 Turnpike Rd.
Chelmsford, MA 01824
Tel: 978/250-4200
Internet: www.tritonsystems.com

UBE INDUSTRIES, LTD.
1978-96, Kogushi
Ube, Yamaguchi 755-8633
Japan
Tel: +81-836-31-2111
Internet: www.ube-ind.co.jp

UNITIKA, LTD.
Osaka Center Bldg., 4-1-3, Kyutaro-machi,
Chuo-ku
Osaka, 541-8566
Japan
Tel: (81) 6-6281-5695
Internet: www.unitika.co.jp

VALSPAR CORP.
1101 Third St. South
Minneapolis, MN 55415
Tel: 612/332-7371
Internet: www.valspar.com

WILSON SPORTING GOODS CO.
8700 Bryn Mawr Ave.
Chicago, IL 60631
Tel: 312/714-6400
Internet: www.wilson.com

YANTAI HAILI INDUSTRY & COMMERCE CO., LTD.
The 3F, B Site, No. 19 Building
Fulai Shangcheng
Hengshan Road, YETDZ
Shandong Province
China
Tel: 0086-535-6100032
Internet: www.ytptt.sd.cn

ZYVEX CORP.
1321 North Plano Rd.
Richardson, TX 75081
Tel: 972/235-7881
Internet: www.zyvex.com

www.ShimiPedia.ir

بخش ۸
معرفی کارگروه صنعت و بازار

www.ShimiPedia.ir

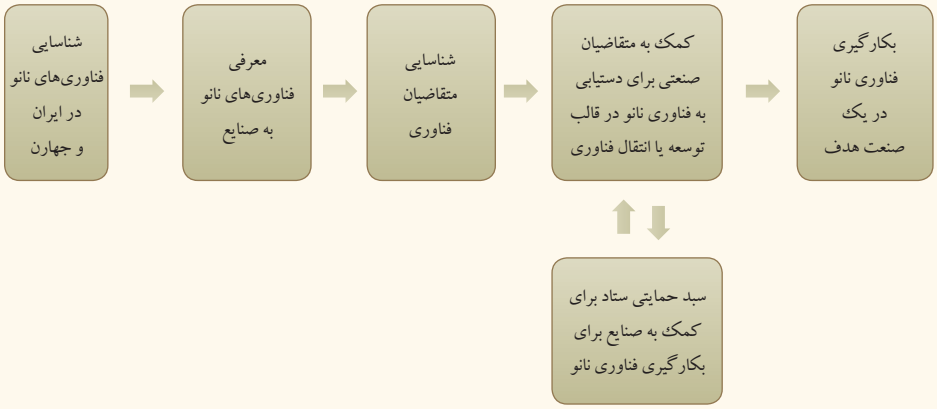
۸ معرفی کارگروه صنعت و بازار

کارگروه صنعت و بازار یکی از زیرمجموعه‌های اصلی ستاد ویژه توسعه فناوری است که با هدف ترغیب صنایع کشور برای به‌کارگیری فناوری نانو و حمایت از آن‌ها در این مسیر ایجاد شده‌است. رویکرد اصلی این کارگروه، آشناسازی صنایع کشور با کاربردهای فناوری نانو و تسـهیل فرآیند انتقال فناوری از مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی و شرکت‌های فناور داخلی و یا منابع فناوری خارجی به متقاضیان صنعتی است.

صنایع هدف در برنامه‌های این کارگروه عبارتند از:

- صنایع مادر از جمله نفت و انرژی، دارو، خودرو، فولاد و... که اغلب دولتی هستند.
- صنایع خصوصی در همه حوزه‌های صنعتی، در صورتی که متقاضی استفاده از فناوری نانو باشند.

کارگروه صنعت و بازار در برنامه‌های خود رویکرد ایجاد تقاضادر صنایع برای استفاده از فناوری نانو و پاسخ به آن از طریق منابع فناوری داخلی و خارجی را دنبال می‌کند که اصطلاحاً رویکرد «کشـش بازار» نیز گفته می‌شـود این رویکرد به صورت شماتیک در شکل زیر نمایش داده شده‌است:



سرفصل‌های اصلی حمایت کارگروه صنعت و بازار از شرکت‌های متقاضی استفاده از فناوری نانو عبارتند از:

- حمایت از رصد فناوری و معرفی فناوری‌ها و بازار مرتبط با حوزه فعالیت شرکت‌های صنعتی
- حمایت از کارگزاران تخصصی برای معرفی فناوری نانو به صنایع
- حمایت از امکان‌سنجی به‌کارگیری فناوری نانو توسط شرکت‌های متقاضی
- جستجو و معرفی همکار تکنولوژیک از طریق منابع موجود در بانک عرضه فناوری
- حمایت از تحقیق و توسعه مورد نیاز برای تطبیق فناوری‌های موجود در کشور با نیازهای خاص صنایع
- تضمین فناوری‌های بومی در صورت به‌کارگیری توسط یک شرکت صنعتی
- ارایه تسـهیلاتی از قبیل وام (بدون‌بهره یا کم‌بهره) و لیزینگ به شـرکت‌های متقاضی استفاده از نانو به منظور انجام تغییرات احتمالی در خط تولید خود
- حمایت از اخذ استاندارد و مجوز و پرداخت بخش عمده هزینه‌های مربوط به دریافت استاندارد، تأییدیه و مجوزهای لازم پس از تولید محصول نهایی
- حمایت از نفوذ شرکت‌ها در بازار در قالب صدور ضمانت‌نامه‌ها برای شرکت در مناقصات، نقد کردن قراردادها، کمک به حضور در قراردادهای بزرگ و همکاری با پیمانکاران بزرگ

شرکت‌های توانمند در همه رشته‌های صنعتی در صورتی که از طریق رصد رقبا و یا نمایشگاه‌های صنعتی تخصصی در جهان، کاربردی از فناوری نانو در حوزه فعالیت خود را شناسایی نموده و علاقه‌مند به استفاده از آن باشند می‌توانند با کمک کارگروه صنعت و بازار سـتاد اقدام به جذب فناوری مورد نظر نمایند. این کمک‌ها در قالب مشاوره‌های تخصصی در زمینه فناوری نانو و تسهیلات مختلف پیش‌بینی‌شده در سبد حمایتستاد از شرکت‌های صنعتی خواهدبود.

کارگروه صنعت و بازار همچنین آماده همکاری با کارگزاران مجرب برای معرفی فناوری به صنایع کشـور اسـت و در این راسـتا از کارگزاران دارای سابقه فعالیت در حوزه‌های صنعتی مشـخص برای تسهیل ورود شرکت‌های صنعتی به فناوری نانو حمایت می‌نماید.

www.ShimiPedia.ir