

纳米复合材料微观结构研究进展^{*}

陆德荣 何春霞

(南京农业大学,南京 210031)

摘要 简单介绍了纳米复合材料的概念,综述了近年来纳米复合材料微观结构的分析和研究方法,指出目前纳米复合材料微观结构的研究主要为定性研究分析,展望了数字图像处理方法能定量分析复合材料的微观结构,说明了随着新分析方法的出现及分析方法之间的相互结合,纳米复合材料的研究将会有突破性的进展。

关键词 纳米复合材料 微观结构 分析方法

纳米材料是由纳米量级(1~100 nm)的粒子组成的固体材料。由于纳米粒子具有小尺寸效应、表面与界面效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应而表现出一些特殊性能,如高热膨胀系数、高比热容、低熔点、奇特的磁性、极强的吸波性能等;同时由于纳米材料有高密度缺陷、高的过剩能、大的比表面积和界面过剩体积而具有其它特殊性能,如高的弹性模量、较强的韧性、高强度、超强的耐磨性、自润滑性和超塑性等^[1]。

纳米复合材料是近年来发展较为迅速的一种新兴复合材料。所谓纳米复合材料是 20 世纪 80 年代初由 Roy 和 Komarneni 提出来的,与单一纳米材料和纳米相材料不同,它是由两种或两种以上的吉布斯固相至少在一个方向上以纳米级大小(1~100 nm)复合而成的材料^[2]。由于不同组成材料在性能上互相取长补短,从而产生协同效应,使得纳米复合材料的综合性能优于原组成材料而能够满足各种不同的实际应用要求,被认为是 21 世纪最有前途的材料之一。纳米复合材料广泛应用于许多高技术领域,许多国家新材料发展战略都把纳米复合材料的发展放到重要的位置。

材料的微观结构决定其宏观性能是自然界永恒的规律,所以许多材料工作者都对纳米复合材料的微观结构进行了深入的研究。笔者现主要综述近年来纳米复合材料微观结构的研究方法。

1 扫描电子显微镜(SEM)

宋继瑞等^[3]采用 SEM 对(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)改性纳米 CaCO_3 复合材料的微观结构进行了分析。结果表明,改性纳米 CaCO_3 可以在 ABS 中与树脂充分结合,同时改性纳米 CaCO_3 在复合材料中呈纳米级分散;复合材料的断面产生了大量的网状结构。

盛森等^[4]对原位配位聚合法制备的聚乙烯(PE)/凹凸棒石(ATP)纳米复合材料的亚微形态进行了研究,采用 SEM 观察了复合材料的断面形貌;采用透射电子显微镜(TEM)观察了 ATP 纤维在 PE 基体中的分散状况。

张敬武等^[5]利用 SEM 和电子探针(EMP)表征了聚丙烯(PP)/蒙脱土(MMT)复合材料的微观结构。结果表明,PP/MMT 复合材料为纳米复合材料,MMT 能均匀分散在 PP 基体中,MMT 的加入诱导了 β -晶型 PP 的形成。

周健等^[6]用 SEM 观察了高抗冲聚苯乙烯(HIPS)/纳米 CaCO_3 复合材料断面形貌。结果表明,HIPS/纳米 CaCO_3 复合材料试样冲击断面凹凸错落,显示断面互相粘连,纳米粒子分散于基体中。

徐妍等^[7]利用 SEM 观察聚氯乙烯(PVC)/重晶石纳米复合材料的微观形貌。结果表明,纳米粒子在 PVC 基体中分散良好。

周承俊等^[8]用 SEM 对热处理前后聚亚苯基苯并二恶唑(PBO)/多壁碳纳米管(MWNTs)复合材料的微观结构进行了分析。结果表明,MWNTs 能均匀地分散在 PBO 基体中,并能形成一定的网络结构,热处理后的复合材料较热处理前的结构更致密。

吴素霞等^[9]采用预聚体法制备了聚氨酯(PUR)/碳纳米管(CNTs)复合材料,通过 SEM 考察了该复合材料的微观结构。结果表明,CNTs 在 PUR 体系中能够较好地分散。

M. Gilbert 等^[10]利用溶胶凝胶原位聚合合法合成了具有互穿网络结构的 PVC/ SiO_2 杂化薄膜材料,通过场发射 SEM 测试发现, SiO_2 在薄膜中分散均匀。

赖仕全等^[11]用 SEM 和 TEM 研究了聚酰胺 66(PA66)/ATP 纳米复合材料的微观结构。结果表明,ATP 在 PA66 中达到纳米级分散,其粒径小于 100 nm。

郑怡磊等^[12]采用低剪切应力分散混合方法制备了不同含量的聚碳酸酯(PC)/羟基磷灰石(HAP)纳米复合材料。SEM 分析表明,HAP 粒子以纳米尺度均匀地分布在 PC 基体中,表明低剪切应力分散混合方法可得到分散均匀的纳米复合材料,基本解决了纳米材料的团聚问题。

李丽坤等^[13]采用氧化聚乙烯对 ATP 表面进行包覆处理,用熔融共混法制备了 PP/ATP 纳米复合材料。SEM 结果显示,经本方法处理的 ATP 在 PP 基体中分散较为均匀;ATP 棒晶簇直径最佳分散尺寸能达到 20~40 nm,比未处理 ATP 在基体中的棒晶簇直径小 10 nm 以上。

李爱民等^[14]对纳米复合 HAP/ ZrO_2 生物复合材料微观结构进行了研究。SEM 观察发现,纳米 ZrO_2 粒子的加入可以

^{*} 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20060307002)

收稿日期:2008-08-25

起到抑制 HAP 晶粒长大、改善材料微观结构的作用。

李庚英等^[15]用 SEM 对 CNTs/水泥复合材料及碳纤维 (CF) 改性水泥复合材料的微观结构进行了分析。结果表明,复合材料中 CNTs 表面被水泥水化产物包裹,同时 CNTs 水泥砂浆的结构密实;CF 表面光滑,在 CF 与水泥之间存在明显裂缝。

田保红等^[16]采用 SEM 分析了纳米 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ 复合材料再结晶过程的微观组织结构变化规律。结果表明, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ 复合材料具有较高的再结晶软化抗力,其晶粒直径在 $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 质点直径为 $10 \sim 20 \text{ nm}$,且主要分布在亚晶界上。

李爱民等^[17]研究了不同烧结工艺对 CNTs/HAP 复合材料微观结构的影响。SEM 观察发现,1100℃、真空下所得复合材料的致密性高,晶粒细,但 CNTs 管径增大;而 Ar 或 N_2 气氛保护下所得复合材料中 CNTs 容易以原始形态保存,但孔隙率高,晶粒粗。X 射线衍射 (XRD) 研究发现,所制备复合材料纯度高,无其它杂质。

综上所述可以看出,SEM 用于分析纳米复合材料的晶粒大小、分散状态、断面形貌等,主要是对微观结构进行定性描述。

2 透射电子显微镜 (TEM)

Marquette 大学的 Wang Dongyan 等^[18]通过 TEM 对熔融共混法制备出的 PVC/有机粘土纳米复合材料的微观结构进行了表征,发现有机粘土在 PVC 基体中能部分插层和剥离。

Klaus 等^[19]利用 TEM 分析了聚苯乙烯 (PS) 辐射接枝纳米 SiO_2 粒子 (PS-g-SiO_2) 填充 PP 的微观结构,并与该复合材料的拉伸强度和冲击强度相关联,为探讨纳米粒子的增强增韧机制提供了直观证据。

杨娟等^[20]通过 TEM 对熔融插层制备的 (苯乙烯/丁二烯/苯乙烯) 共聚物 (SBS) /MMT 纳米复合材料的微观结构进行了研究。结果表明,所制备的复合材料属于以插层型为主兼有剥离型的混合型纳米复合材料;基体中 MMT 的分散尺寸为几十到几百个纳米,达到了纳米级分散。

王君龙等^[21]采用 TEM 表征了氰酸酯树脂 (CE) /环氧树脂 (EP) /纳米 SiC 复合材料的微观形貌。结果表明,纳米 SiC 在 (CE/EP) 基体中的分布是以纳米尺寸方式存在,平均粒径仍保持在 $40 \sim 60 \text{ nm}$;纳米 SiC 与 CE/EP 基体结合紧密,界面呈现模糊状态,二者连接形态良好,保证了纳米材料对 CE/EP 体系改性作用的有效发挥。

李宗剑等^[22]采用原位插层复合法制备了不饱和聚酯 (UP) /MMT 阻燃纳米复合材料。通过 TEM 和 XRD 测试表明,MMT 片层在一定距离内呈有序排列,因此可以认为有机蒙脱土 (OMMT) 在 UP 基体中为插层态。

王俊霞等^[23]通过控制不同的工艺条件,利用双螺杆挤出法分别制备出两种不同微观结构的 PP 基纳米复合材料。利用 TEM 观察确认为插层型和半插层型 PP/MMT 纳米复合材料,半插层型结构材料中 OMMT 分散更均匀,尺度更小。

K. Boukema 等^[24]通过原位插层聚合法制备了吡咯 (PPy) /MMT 纳米复合材料。TEM 表征发现,用质量分数为 10.8% 的 PPy 插层可使 MMT 的层间距由 1.25 nm 扩大到 13.70 nm ,显著地改变了 MMT 的结构,并提高了其纳米复合材料的导电性能。

陈县萍等^[25]采用原位聚合法制备了 PUR/ZnO 纳米复合材料。TEM 照片显示,ZnO 以纳米尺寸较均匀地分散在 PUR 体系中,且纳米 ZnO 粒子与 PUR 基体有较强的界面作用。

王彦宗等^[26]采用原位聚合工艺制备了聚苯胺 (PANI) / SnO_2 复合材料。利用 TEM 对产物微观结构表征显示,复合材料呈“蛋糕-巧克力”结构,高分子基体在一定程度上能减少纳米粒子的团聚,改善了其分散性。

鲍艳等^[27]用甲基丙烯酸 (MA) 在钠基 MMT 层间直接进行原位插层聚合,制备了聚甲基丙烯酸 (PMA) /MMT 纳米复合材料。TEM 观察结果表明,MMT 片层已发生剥离,无规分散在 PMA 基体中,所形成的纳米复合材料属于剥离型纳米复合材料。

徐国财等^[28]通过 TEM 分析了聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) /Ga 纳米复合粒子的微观结构。结果表明,纳米 Ga 的形态和结构因有无表面改性剂而不同;乳液聚合得到的纳米 Ga 复合粒子是核壳结构型,粒子大小为 $50 \sim 80 \text{ nm}$,内核金属 Ga 粒径为 $30 \sim 50 \text{ nm}$,与 PMMA 存在一定的化学作用。

翁盛光等^[29]用原位本体聚合法制得 PS/纳米 CaCO_3 复合材料。TEM 分析表明,复合材料中纳米 CaCO_3 粒子能均匀分散于基体中,粒径在 100 nm 以内,并由此提出分散相呈集散形貌的结构模型。

崔春翔等^[30]用高分辨率 TEM、荧光分析 (EDX) 等手段对 TiC-AlN/Al 纳米复合材料界面及微观结构进行了研究。发现 TiC、AlN 与基体的界面为清洁界面,且界面结合良好;热压态 TiC(p)-AlN(p)/Al 纳米复合材料的界面位错分布于界面的基体一侧。

S. Pecterbroeck 等^[31]用熔融共混法制备了 (乙烯/乙酸乙烯酯) (E/VAC) /粘土纳米复合材料。TEM 观察表明,材料中含有大量的剥离的粘土片层,也含有少量的 $2 \sim 4$ 个片层的聚集体;XRD 研究表明,粘土的晶面特征衍射峰消失。

李四年等^[32]用 TEM 和能谱分析 (EDS) 对 CNTs 增强 Mg 基复合材料界面结构和成分进行分析,探讨了 CNTs 与纯 Mg 的复合机理及作用机制。

综上所述可以看出,TEM 可以用于分析纳米复合材料的晶体类型、成分、分散状况等,主要也是对微观结构进行定性描述。

3 X 射线衍射 (XRD)

M. Laus 等^[33]用乳液聚合法制备了 PS/MMT 纳米复合材料,经 XRD、TEM 分析,纳米复合材料为部分剥离型,具有较高的玻璃化转变温度 (T_g) 和动态模量。

刘青喜等^[34]采用 XRD、SEM 和 EMP 对悬浮法原位插层

聚合的 PVC/MMT 纳米复合材料进行了结构表征。结果表明,所制 PVC/MMT 复合材料为剥离型纳米复合材料。

刘晓辉等^[35]用原位接枝插层法成功制备了 PP/MMT 纳米复合材料。XRD 和 TEM 测试证实,OMMT 由 1.42 nm 增加到 4 nm 左右,大部分的 OMMT 是以 20 ~30 层组成的层状聚集结构存在,小部分则被剥离成纳米尺度的单片层或几个片层组成的初级结构,无规则分散。

王柯等^[36]采用熔融插层法在双螺杆挤出机中制备了 PP/MMT 纳米复合材料。XRD 测试结果显示,MMT 的有机改性可使层间距扩大,TEM 观察表明,OMMT 片层在 PP 基体中达到纳米级分散。

张强等^[37]用熔融插层法制备了 PP/MMT 纳米复合材料。XRD 测试表明,制备的纳米复合材料均为插层型。

胡海彦等^[38]分别采用 XRD、TEM 对制备的 PVC/粘土纳米复合材料的结构与形态进行了表征。结果表明,粘土片层已基本被剥离,均匀分散于 PVC 基体中。

郭汉洋等^[39]用熔融复合法制备了 PVC/MMT 纳米复合材料。通过 XRD、TEM 等方法对材料的微观结构进行表征,发现所得材料为剥离型复合材料。

宋玉明等^[40]采用有机改性的 MMT 与聚偏氟乙烯(PVDF)熔融共混,制备了 PVDF/MMT 纳米复合材料。利用 XRD 和 TEM 研究了复合材料的微观结构。结果表明,有机改性 MMT 在 PVDF 中以插层、剥离和碎片的形式存在。

刘秋萍等^[41]采用 XRD、TEM 等分析手段研究了聚酰亚胺(PI)/硅石-钛酸钡纳米复合粒子的结构、形貌及其大小。结果表明,硅石包覆钛酸钡粒子的表面有一层浅色的 PS,该 PS 包覆层的厚度约 10 nm,并且粒子在外观上基本呈球形或近似球形。

方建波等^[42]采用原位本体插层聚合法制得了 PS/MMT 纳米复合材料。XRD 和 TEM 测试表明,当 MMT 的质量分数为 3% ~10% 时,改性 MMT 以剥离状态分散在 PS 基体中。

吕海金等^[43]利用熔融插层复合法制备了插层型 PA6/水滑石纳米复合材料。XRD 分析表明,纳米复合材料中的水滑石具有典型层状结构。TEM 观察表明,该纳米复合材料为插层型纳米复合材料。

王浩等^[44]用 XRD 对 FePt/Ag 纳米复合膜的微观结构进行表征。结果显示,这种新型材料很可能适用于超高密度磁存储介质。

陈永平等^[45]采用 XRD 和 SEM 研究了氧化铝/氧化锆纳米复合渗透陶瓷的微观结构。结果表明,氧化铝/氧化锆纳米复合渗透陶瓷是一种力学性能优良的新型渗透陶瓷材料,展示出良好的临床应用前景。

综上所述,可以看出,XRD 用于测试纳米复合材料的晶体结构,与 SEM、TEM 类似,主要是对微观结构进行定性分析。

4 其它方法

龙盛如等^[46]用原子力显微镜(AFM)对聚苯硫醚(PPS)/纳米 CaCO_3 复合材料微观结构进行表征。从复合材

料表面形貌可见,纳米 CaCO_3 分散在 PPS 基体中,少量粒子变形。

张莹堂等^[47]利用 AFM 对 PI/ SiO_2 复合材料与杜邦公司的 Kapton 耐电晕复合材料及其电晕试验后的复合材料进行了表面形貌、结构和性能比较。结果表明,溶胶-凝胶法和超声波机械共混法制备的 PI 薄膜中的无机相是无定形的,而 Kapton 薄膜中的无机相是纒束状的,具有取向的微观结构。超声波机械共混法具有很好的分散作用,而其有机相与无机相之间结合力较溶胶-凝胶法弱。

日本的 P. H. Nam 等^[48]利用小角激光散射和 TEM、偏光显微镜、广角 XRD 等手段研究了 PP/MMT 纳米复合材料的微观结构。结果表明,复合材料具有分层结构,而且 MMT 对 PP 晶型产生了影响。

薛艳杰等^[49]利用中子衍射研究了纳米晶复合永磁材料 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}/\alpha\text{-Fe}$ 的微观结构,获得相含量、晶体结构、磁结构、纳米颗粒的平均颗粒度等信息。

B. J. Inkson 等^[50]用三维聚焦等离子束(3DFI) X 光照相分析法观测到挤压 FeAl 纳米复合材料中单个晶粒的三维形态,每个 2DFIB 交叉部分的微结构通过在几个角度成像去定位晶粒的边界,利用穿过晶粒的许多平行的 2D 切片成像和计算机重建可确定亚微米级单个晶粒的 3D 形态。

B. Cantor 等^[51]用三维原子探针(3DAP)研究了合成的 $\text{Fe}_{71.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1\text{Al}_2$ 软磁纳米微晶复合材料,发现 $\gamma\text{-Fe}$ (Si) 中的 Al 粉减小了材料的磁各向异性,Al 也被混合到 Cu 束中,通过形成纳米尺寸的 Fe (Si) 粉晶核而控制其初始结晶。3DAP 也显示硬磁纳米微晶 $\text{Pr}(\text{FeCo})\text{B}$ 中的分隔行为。Co 的不均匀分布,使晶粒尺寸增大,而增大 $\text{Pr}(\text{FeCo})\text{B}$ 中 Co 与 Fe 的含量可以提高其居里温度。

伦宁等^[52]利用 EMP、TEM、EDS 等手段,对所制备的 Au (Ru)- SiO_2 纳米-微米复合颗粒材料的微观结构进行了细致的研究。

田蕴等^[53]基于对纳米复合陶瓷微观结构的观察和分析,建立了微观结构的模型,利用 Monte Carlo 方法和 Dirichlet 镶嵌法,对纳米复合陶瓷微观结构进行了计算机仿真模拟并对产生的结果进行统计分析,讨论了第二相颗粒几何特性对纳米复合陶瓷微观结构的影响。

沙建萍等^[54]研究了高频脉冲电铸 Ni-Co 纳米复合块体的组织结构和微观形貌,用光学显微镜观察金相组织,采用场发射 SEM 进行微观组织观察,用 XRD 确定复合块体的晶体结构。

刘文川等^[55]用光学显微镜、EMP、TEM 和 SEM 观察了 C/C-SiC 纳米复合材料的微观结构。结果表明,SiC 加入到碳基体中改变了热解炭的微观结构,并导致 C/C 复合材料性能的改善。

王传洋等^[56]基于 Matlab 图形图像处理技术,开发了适用于处理聚合物/粘土纳米复合材料微观结构形态的应用程序,应用程序包含边界探测和颗粒尺寸分析两个子程序,具

有探测孤立颗粒边界和计算颗粒尺寸功能。应用该程序分析了 PP/MMT 纳米复合材料初级结构的 TEM 照片,得到 MMT 片层在 PP 基体中的微观结构形态和尺寸分布。

聂鹏等^[57]提出了一种纳米复合材料分散相粒度分布评价方法。该方法首先建立了分散相粒度分布模型,然后将纳米复合材料 TEM 图像二值化后与平行线阵列叠加,再提取纳米复合材料 TEM 图像中分散相颗粒图像与平行线交叠的信息,经过处理得到分散相的粒度分布参数,并评价分散相的粒度分布。将该方法实际应用于 EP/纳米 SiO₂ 复合材料粒度分布评价,验证了该方法的可行性。

5 结语

目前,利用 SEM、TEM、XRD 等来分析、研究纳米复合材料的微观结构是应用比较多的方法,但这些方法只能对微观结构与宏观性能之间的关系进行定性分析,定量分析的方法较少,不利于复合材料中纳米粒子增强机理的深入研究。近年来一些先进的方法应用于纳米复合材料微观结构的分析研究中,例如数字图像处理方法,能够对纳米复合材料的微观结构(粒径大小、尺寸分布等)进行定量分析。随着新的分析方法的出现及分析方法之间的相互结合,纳米复合材料的研究将会有突破性的进展。人们将根据实际要求设计出性能更为优异的纳米复合材料,纳米复合材料将在更广的应用领域发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 龚荣洲,等.中国有色金属学报,2003,13(5):1311-1320.
- [2] 王立新,等.复合材料学报,2001,18(3):5-9.
- [3] 宋继瑞,等.高分子材料科学与工程,2004,20(3):126-128.
- [4] 盛森,等.高分子材料科学与工程,2003,19(2):15-18.
- [5] 张敬武,等.塑料工业,2003,31(4):38-40.
- [6] 周健,等.工程塑料应用,2007,35(6):20-23.
- [7] 徐妍,等.高分子材料科学与工程,2007,23(5):144-147,151.
- [8] 周承俊,等.复合材料学报,2007,24(5):28-32.
- [9] 吴素霞,等.聚氨酯工业,2007,22(3):9-12.
- [10] Gilbert M, et al. Macromolecular Symposia, 2006, 233: 1022-1360.
- [11] 赖仕全,等.工程塑料应用,2006,34(4):14-16.
- [12] 郑怡磊,等.高分子材料科学与工程,2008,24(4):62-65.
- [13] 李丽坤,等.高分子学报,2008(5):501-506.
- [14] 李爱民,等.人工晶体学报,2003,32(6):563-568.
- [15] 李庚英,等.硅酸盐学报,2005,33(1):105-108.
- [16] 田保红,等.材料热处理学报,2005,26(5):10-13.
- [17] Li Aimin, et al. Journal of Synthetic Crystals, 2004, 33(4): 624-628.
- [18] Wang Dongyan, et al. Journal of Vinyl and Additive Technology, 2001(4): 203-213.
- [19] Klaus, et al. 复合材料学报,2006,23(1):44-50.
- [20] 杨娟,等.电子显微学报,2005,24(2):120-123.
- [21] 王君龙,等.工程塑料应用,2007,35(6):16-19.
- [22] 李宗剑,等.化工新型材料,2007,35(6):63-65.
- [23] 王俊霞,等.塑料工业,2006,34(4):44-47.
- [24] Boukema K, et al. Polymer, 2006, 47(2): 569-576.
- [25] 陈县萍,等.高分子材料科学与工程,2007,23(5):156-159.
- [26] 王彦宗,等.化工新型材料,2007,35(1):46-47,69.
- [27] 鲍艳,等.硅酸盐学报,2007,35(9):1253-1257.
- [28] 徐国财,等.现代化工,2006,26(2):37-40.
- [29] 翁盛光,等.过程工程学报,2007,7(4):790-795.
- [30] 崔春翔,等.自然科学进展,2005,15(4):390-396.
- [31] Pecterbroeck S, et al. Polymer Degradation and Stability, 2005, 90: 288-294.
- [32] 李四年,等.武汉理工大学学报,2003,25(11):1-4.
- [33] Laus M, et al. Journal of Materials Science, 1998,33(11):2883-2888.
- [34] 刘青喜,等.聚氯乙烯,2002,3(2):11-13.
- [35] 刘晓辉,等.高分子学报,2000(5):563-567.
- [36] 王柯,等.绝缘材料,2002(3):3-7.
- [37] 张强,等.高分子材料科学与工程,2007,23(5):242-245.
- [38] 胡海彦,等.高分子材料科学与工程,2004,20(5):162-165.
- [39] 郭汉洋,等.高分子材料科学与工程,2005,21(6):254-257.
- [40] 宋玉明,等.中国科学,2007,37(4):380-385.
- [41] 刘秋萍,等.陕西师范大学学报:自然科学版,2007,35(3):65-68.
- [42] 方建波,等.江苏工业学院学报,2008,20(1):1-4.
- [43] 吕海金,等.塑料工业,2007,35(9):11-14.
- [44] 王浩,等.纳米加工工艺,2006,3(1):40-43.
- [45] 陈永平,等.华西口腔医学杂志,2003,21(3):238-240.
- [46] 龙盛如,等.航空材料学报,2006,26(6):60-63.
- [47] 张营堂,等.中国塑料,2006,20:29-32.
- [48] Nam P H, et al. Polymer, 2001, 42: 9633-9640.
- [49] 薛艳杰,等.中国原子能科学研究院年报,2001:62.
- [50] Inkson B J, et al. Scripta Materialia, 2001, 44(7):753-758.
- [51] Cantor B, et al. Scripta Materialia, 2001, 44(8/9):2055-2059.
- [52] 伦宁,等.电子显微学报,2004,23(4):364.
- [53] 田蕴,等.工具技术,2006,40(10):22-25.
- [54] 沙建萍,等.纳米科技,2006(3):53-56.
- [55] 刘文川,等.中国科学,1998,28(5):471-476.
- [56] 王传洋,等.塑料工业,2003,31(2):45-47.
- [57] 聂鹏,等.哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2004,20(1):46-49.

DEVELOPMENT OF MICROSCOPIC STRUCTURE RESEARCH ON NANO-COMPOSITE

Lu Derong, He Chunxia

(Nanjing Agriculture University, Nanjing 210031, China)

ABSTRACT The concept of nano-composite was introduced. The analysis and research technique of nano-composite microscopic structure in recent years were summarized. It was pointed out that the present research on nano-composite microscopic structure was mainly qualitative analysis. The digital image method for quantitatively analyzing nano-composite microscopic structure was prospected. Along with the appearance of new analysis methods and the combination of different analysis methods, the research on nano-composite would be able to have the breakthrough progress.

KEYWORDS nano-composite, microscopic structure, analysis method

陶氏化学聚氨酯市场、环境两手抓

陶氏作为全球领先的聚氨酯原料生产商,其产品应用于多个领域,其中包括家用电器、汽车工业及家具行业。在满足市场需求的同时,陶氏聚氨酯也同样注重环境方面的可持续发展。

陶氏的硬质聚氨酯组合物能满足家用及商用冰箱制造厂家在生产效率及产品性能方面的要求;数十年来,陶氏为汽车工业生产的聚氨酯材料,主要用于汽车内饰件,包括坐垫、扶手、头枕、方向盘及仪表盘;陶氏提供的高回弹及自结皮模塑泡沫塑料的聚氨酯原料及组合物,是家具制造业的主要材料。

与此同时,陶氏仍不忘对于环境可持续发展的关怀,陶氏聚氨酯开发的 RENUVA 资源可再生技术,使产品在保持性能的同时减少了对环境的负面影响。陶氏的多元醇生产技术运用了先进工艺,它是陶氏发起的提高产品质量的同时,减少 VOC 释放、降低能耗和排放倡议的生动体现。

(慧聪网)

太空漫步材料科技功不可没

太空不仅是人类梦想中的第二家园,也是人类高新技术的大实验室。在神舟七号载人航天飞行中,中国宇航员首次出舱活动成为人们关注的焦点。在这个当代最具代表性的高科技工程中,新型化工材料功不可没。

(1) 出舱服的特殊“防晒霜”:高性能纤维+纳米复合涂层

保障宇航员生命安全的特制出舱服的头等大事,而太空条件与地球环境在辐射、极端高温等方面有着极大的差别,而且宇航员还可能会遭受流星的袭击。如紫外线强度,舱外是舱内的 1 万倍。所以,宇航员出舱服绝不是多涂几层“防晒霜”的问题。出于出舱工作需要,宇航员必须配备更多的通信、防护、生命保健等多种随身设备,这样出舱服不仅要轻便,而且保护措施必须完善。

外层防护材料是研制“神七”宇航员出舱服的九大课题之一,承担这项研究任务的东华大学专家表示,宇航员出舱服外层防护材料采用了高性能纤维,即高聚物基体+纳米金属粉末复合涂层。该材料满足了出舱工作对材料力学、热光学、耐久性的三重需求,为“神七”宇航服外层材料制作提供了有力支撑。不光是安全性能有了很大提高,与“神五”、“神六”宇航员所穿的宇航服相比,“神七”出舱服在外观和轻质化上也有了很大改进。

(2) 耐“烧烤”手套:芳纶+聚酯膜

宇航员跨出舱门后,在太阳照射到的地方,要体验 100℃以上的高温“烧烤”。在这样的环境中,航天员要完成维修、装卸、更换或回收航天器及航天器的外部设备的工作。而出舱服除了为宇航员出舱进入宇宙空间活动提供保障和支持系统外,还必须满足宇航员在舱外工作的需要。

据介绍,宇航员的手套要求能抓握 -130 ~ 130℃ 的物体,抓握停留时间至少 40 s。为此,要满足相对灵活操作要求的手套还必须能经受极端高温的考验。耐高温的重任落在了新型材料芳纶 1313 的身上。据了解,芳纶 1313 的最大特性是热稳定性好,可耐受 200 ~ 300℃ 的高温,不会在空气中燃烧、无滴熔、不发烟,具有自熄性。在突遇 900 ~ 1500℃ 的高温时,芳纶还会迅速炭化并增厚,形成特有的绝热屏障。同时,刚性分子结构也使芳纶 1313 纤维具有永久阻燃特性,使它成为宇航员出舱工作的好帮手。由于太空中空气极其稀薄,热传递主要靠辐射。厚度只有零点几毫米的镀铝聚酯膜,能把热量反射回去,从而起到热防护的作用。镀铝聚酯膜因此成为芳纶 1313 的“好搭档”。

(3) 航天回收伞:特殊涤纶材料

航天回收伞的使命是保证回收物在完成飞行任务后能安全回到地面。除了一般降落伞必须具有的减速、稳定和可靠安全着陆等要求外,回收伞还必须解决大过载、气动热、粒子辐射、包装容积限制等问题。因此,回收伞对材料的强质比、耐高温性能和耐辐射性能都有特殊要求,材料的阻燃性、耐磨性、强力、伸长等指标就显得至关重要。

为此,“神七”回收伞选择了特别轻薄的特殊涤纶原料。据悉,用特殊涤纶制成的回收伞,有 96 根伞绳,每根绳子可承受 300 kg 的拉力。每根伞绳的长度 46 m,每米的质量仅 2 g。“神七”返回舱就是借助这种回收伞落地。(中化报)

道恩通过 CNAS T0381 塑料能力验证

日前,中国合格评定委员会与国家塑料制品质量监督检验中心(北京)公布了 CNAS T0381 塑料拉伸性能测试能力验证结果。隶属于山东道恩集团公司的龙口市道恩工程塑料公司检测中心顺利通过验证。

本次能力验证试验采用分割样品考核实验室存在的系统误差与实验室内的随机误差。在此次能力验证中,道恩工程塑料公司检测中心顺利通过了拉伸屈服应力、5% 应变拉伸应力和拉伸弹性模量 3 项验证测试。截至目前,道恩检测中心通过 CNAS 认可的检测项目包括:塑料及制品的拉伸性能、弯曲性能、冲击强度、洛氏硬度、密度、熔体流动速率、燃烧性能以及橡胶及制品的拉伸性能、邵氏硬度。(中聚网)