



纳米氧化锌的制备及表面改性技术进展

崔小明, 陈天舒

(中国石化北京燕山石油化工有限公司研究院, 北京 102500)

摘要:介绍纳米氧化锌的制备方法以及表面改性技术进展。沉淀法是纳米氧化锌工业化生产方法, 产品粒子小, 粒径分布窄, 分散性好。纳米氧化锌表面改性方法主要有表面包覆改性法、表面化学改性法、机械化学改性法和外膜层改性法等。

关键词:纳米氧化锌; 橡胶活化剂; 沉淀法; 固相法; 气相法; 表面改性

纳米氧化锌是一种新型的功能精细无机化工材料, 其粒径为 1~100 nm, 是橡胶工业中最有效的无机硫化活性剂。纳米氧化锌具有颗粒小、比表面积大、分散性好、疏松多孔、流动性好等特点, 与橡胶的亲性好, 混炼时易分散, 可改善胶料的工艺性能和物理性能, 大幅度提高橡胶制品的光洁度、强度、耐老化性能, 特别是耐磨性能, 可用于制造高速耐磨的飞机轮胎、高性能轿车子午线轮胎等。另外, 氧化锌是橡胶硫化体系的必用助剂, 普通氧化锌用量较大, 一般为 5 份左右, 由于密度大, 对胶料密度的影响非常大, 其大量使用对延长橡胶制品的使用寿命以及降低能源消耗都很不利。而纳米氧化锌的用量仅为普通氧化锌用量的 30%~50%, 使用纳米氧化锌不仅降低了生产成本, 而且其硫化胶在强伸性能、生热、耐老化性能等方面远优于使用普通氧化锌的硫化胶。

1 纳米氧化锌的制备方法

纳米氧化锌的制备方法很多, 主要可分为物理法和化学法两大类。

1.1 物理法

物理法是指采用光、电技术使材料在真空或惰性气体中蒸发, 然后使原子或分子形成纳米微粒, 或者采用以球磨、喷雾为主的力学方式获得纳米微粒的制备方法。物理法包括机械粉碎法和深

度塑性变形法两大类。机械粉碎法是采用特殊的机械粉碎、电点火花爆炸等技术, 将普通级别的氧化锌粉碎至超细。该方法制得的纳米氧化锌的最小粒径可以达到 100 nm。虽然利用该法制备的纳米氧化锌具有成本低、能耗小等优点, 但产品的粒径分布范围较宽, 易引入杂质, 故应用较少。深度塑性变形法是原材料在准静压下发生严重塑性形变, 使材料的尺寸细化到纳米量级。该法制得的氧化锌粉体纯度高, 粒径可控, 但对设备的要求较高。

1.2 化学法

化学法制备纳米氧化锌时各组分的含量可精确控制, 并可实现分子、原子水平上的均匀混合, 通过控制工艺条件可获得粒径分布均匀、形状可控的纳米微粒材料, 因此化学法是目前制备纳米氧化锌的主要方法, 主要有液相法、固相法和气相法 3 种。

1.2.1 液相法

液相法包括沉淀法、溶胶-凝胶法、溶剂热合成法、微波和超声波合成法、喷雾热分解法、微乳液法以及水热合成法等。

1.2.1.1 沉淀法

沉淀法是通过在原料溶液中添加适当的沉淀剂, 使原料溶液中的阳离子形成相应的沉淀物。该方法是制备纳米粉体的主要方法。沉淀法反应过程简单, 成本低, 是目前液相法中合成纳米氧化

锌最常用的方法。根据沉淀机理的不同,又可分为直接沉淀法、均匀沉淀法和配位均匀沉淀法 3 种方法。

(1)直接沉淀法。直接沉淀法就是在可溶性锌盐溶液中直接加入沉淀剂,生成不溶于水的沉淀物,然后再通过分离、干燥、煅烧制得纳米氧化锌粉体。常用的沉淀剂有氨水、氢氧化钠、碳酸氢铵、碳酸钠、碳酸铵以及尿素等。该法具有操作简便,对设备要求低,容易批量生产等优点,是工业生产纳米氧化锌的首选方法。由于生产过程中沉淀剂与反应物直接接触而沉淀,有可能导致成局部浓度过大而造成产物粒径分布不均匀、分散性较差、粉体易团聚。另外,由于溶液中引入大量阴离子,需要经过反复洗涤,有工艺流程较长、废液量大、不易洗净、产物分散性较差等缺点。有研究以 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 为锌源,以碳酸钠、碳酸铵、氨水、氢氧化钠作为沉淀剂,采用直接沉淀法制备了纳米氧化锌粉体。采用 X 射线衍射仪(XRD)和透射电子显微镜(TEM)测试仪器对纳米氧化锌粉体进行了分析。结果表明,以碳酸钠作为沉淀剂制备的纳米氧化锌粉体的晶体尺寸约为 15~40 nm,沉淀剂浓度对纳米氧化锌粉体的粒径基本没有影响。在 300 °C 煅烧 2 h 后得到的纳米氧化锌粉体具有六方纤锌矿结构。以碳酸铵作沉淀剂,返滴定法制得的纳米氧化锌粉体晶形完整,粒径分布较窄且粒径较小,分散性好。

(2)均匀沉淀法。均匀沉淀法是利用某一化学反应使溶液中的构晶离子由溶液中缓慢地、均匀地释放出来,加入的沉淀剂不会立刻与被沉淀组分发生反应,而是通过化学反应使沉淀物在整个溶液中缓慢地析出。利用均匀沉淀法在饱和和溶液中得到均匀沉淀物的方法通常有 2 种,一种是在溶液中进行包含氢离子变化的缓慢的化学反应,逐渐提高溶液的 pH 值,使溶解度下降而析出沉淀物;另外一种借助形成或放出沉淀离子的反应提高沉淀离子的浓度。目前,常用的均匀沉淀剂有六次四甲基胺和尿素等。均匀沉淀法由于构晶离子呈过饱和状态,在整个溶液中分布比较均匀,所以沉淀物颗粒晶型规整,粒径分布均匀

且致密,避免了杂质的共沉淀,分散性好,反应条件温和,易于控制,容易洗涤,工业化前景好,但因氢氧化锌的两性,必须将 pH 值维持在较小的范围内。另外,该反应的工艺条件较为苛刻,反应时间比较长。有研究采用均匀沉淀法,以硝酸锌为原料,尿素为沉淀剂,合成了纳米氧化锌粉末,所得纳米氧化锌粒子为六方晶系,粒子尺寸为 50 nm 左右。有研究以硝酸锌为原料,以六亚甲基四胺为沉淀剂,加入表面活性剂聚丙烯酰胺-氯化二烯丙基二甲基胺(PAM-CTAC),采用低温均匀沉淀法合成了环内径约 220 nm、壁厚约 70 nm 的氧化锌纳米环,通过研究发现该反应起关键作用的是 PAM-CTAC,改变 PAM-CTAC 的浓度,可以有效地实现氧化锌纳米环的可控合成。有研究以硝酸锌和尿素为反应原料,利用均匀沉淀法在水溶液中直接制备了多种形貌的氧化锌,并利用 TEM 和 XRD 等仪器对所得产物的形貌和结构进行了分析,考察了反应物浓度、加热方式等的影响,可控地制备了多种形貌的氧化锌,包括一维结构棒状、锥形管状以及锥状的氧化锌,同时还探讨了一维氧化锌的生长机理。

(3)配位均匀沉淀法。配位均匀沉淀法是沉淀法中最具发展前途的方法。该法是以锌盐溶液为原料,氨水和碳酸盐为配位剂,以除杂剂除去溶液中的重金属离子,经过滤分离得到精制的碳酸四氨合锌配合物溶液;通过加水稀释或加热使配合物溶液中的锌离子在溶液中均匀地析出,并与碳酸根离子反应生成颗粒微小的碱式碳酸锌沉淀物,沉淀物经处理得到纳米氧化锌。此法工艺简单,成本低廉,易于实现工业化生产,具有十分广阔的应用前景。

1.2.1.2 溶胶-凝胶法

溶胶-凝胶法是将锌的醇盐或无机盐经水解或缩聚形成溶胶,然后加热或脱水使溶质凝胶化,再将凝胶干燥、焙烧得到纳米粉体。此方法生产的产品粒度小,纯度高,反应温度低,过程容易控制,粒径分布均匀,团聚少,介电性能较好,不足之处是原料成本高,沉淀物的洗涤、过滤和干燥比较困难,且排放物对环境有污染,使其在工业化应用上受到了一定的制约。有研究以草酸和二水合醋

酸锌为原料,采用溶胶-凝胶法制备纳米氧化锌,通过添加十二烷基硫酸钠和聚乙二醇能有效地分散颗粒和控制颗粒的团聚,制备粒径在80 nm左右、纯度高、晶型和分散性好的纳米氧化锌粉体。有研究以无水乙醇为溶剂,用溶胶-凝胶法合成出了纳米氧化锌,通过改变反应温度、反应时间、反应物浓度和水量可以有效地调控纳米氧化锌的尺寸。

1.2.1.3 水热合成法

水热合成法制备纳米氧化锌一般是先采用直接沉淀的方法制备出含锌的前驱体,然后将前驱体溶解在水热介质中,在一定温度和时间下进行水热反应。由于含锌的前驱体在水热条件下会溶解,生成含锌的过饱和溶液,氧化锌成核生长,从而制得氧化锌粉体。水热合成中改变水热条件,如水热介质、温度和时间可以得到不同形状的纳米氧化锌,特别是通过在水热介质中加入表面活性剂,可以对纳米氧化锌的晶粒形貌进行调控,从而调控氧化锌的性能。人们采用水热法制备出了多种形貌各异、结晶性能良好的纳米氧化锌材料。水热法的优点是不需要高温焙烧处理,可直接得到结晶完好、粒径小且分布均匀、团聚程度小的纳米粉体,缺点是所用设备要求耐高压,投资大,操作要求高,能量消耗也很大,不利于工业化生产。有研究采用聚乙二醇辅助水热法合成了氧化锌纳米棒,XRD分析显示产物为结晶良好的六方晶系氧化锌,多孔硅光致发光谱(PL谱)表明适当退火处理后产物有较好的光致发光性能。有研究以溴化十六烷基三甲基铵(CTAB)为模板剂,在120℃采用水热法制备出花状的氧化锌纳米结构,在氧化锌核的表面,氧化锌纳米棒呈定向排列。

1.2.1.4 溶剂热合成法

溶剂热合成法是由水热合成法发展而来,它与水热合成法的区别在于所使用的溶剂为有机溶剂而不是水。在溶剂热合成反应中,一种或几种前驱体溶解在有机溶剂中,在液相或超临界条件下,反应物分散在溶液中并且变得比较活泼,进而反应生成所需要的纳米产品。以非水溶剂代替水不仅扩大了水热法的应用范围,而且可以实现通常条件下无法完成的反应。溶剂热合成法的反应温度低,粒径的大小和形态容易控制,形状均匀,

过程相对简单,产物的分散性好,不足之处是产率低,操作要求相对较高。有研究利用溶剂热合成法合成了一种棒状草酸锌,并以此为基础,通过煅烧制备出了由纳米晶型构筑,具有较大比表面积及特殊结构的一维多孔穗状氧化锌。有研究以乙二胺-水为混合溶剂,利用溶剂热合成法,低温快速制备出分散均匀的纳米氧化锌粒子。所得纳米氧化锌粒径为20~30 nm,具有较好的结晶性和良好的光学性质。

1.2.1.5 微乳液法

微乳液法制备纳米氧化锌是将锌离子溶液加入到微乳液混合液中,搅拌,乳状液回流,除水,溶胶经分离、洗涤、干燥得到纳米氧化锌。根据体系的油水比例和微观结构,微乳液法又可以分为正相微乳液法和反相微乳液法等。微乳液法制备纳米氧化锌粒径的大小受表面活性剂种类、反应物浓度、化学反应速率、成核速率、胶束碰撞速率等多种因素的影响。该方法具有装置简单,操作容易,粒子均匀可控等优点,但处理比较麻烦,成本较高,有大量有机物产生,对环境有一定的影响,同时也有团聚问题,目前还没有实现工业化生产。有研究采用微乳液法,由硝酸锌与氢氧化钠反应,并高温煅烧得到六方柱型纳米氧化锌,粒径分布均匀,大小约为十几纳米。反应物的浓度、反应物配比、沉淀剂等对氧化锌的结晶形态和粒径有一定的影响。

1.2.1.6 微波和超声波合成法

微波和超声波法制备纳米氧化锌也是近几年才发展起来的一种方法。该方法首先将锌盐溶液分散在有机溶液中,有机溶液一般用的是各种油,然后对油和水的混合溶液进行超声波处理。由于超声波的作用,油和水2种截然不同的液相混为较均一的乳浊液,随着超声波的继续作用,锌盐溶液水解,同时由于连续的大功率超声处理,液相的温度升高,水解后的产物分解生成氧化锌粉体,再将所生成的氧化锌粉体与液相分离,即得纳米氧化锌粉体。有研究用直接沉淀法先制备出碱式碳酸锌前驱体,然后通过微波焙烧,制得粒径为10~20 nm,分布均匀的纳米氧化锌。有研究以硝酸锌和无水碳酸钠为原料,把超声波引入到直

接沉淀法中,合成出粒径小、分布均匀且团聚现象明显减弱的纳米氧化锌。

1.2.1.7 喷雾热分解法

喷雾热分解法是将金属盐溶液以雾状喷入高温气体中,通过溶剂的蒸发及随后的金属盐热分解,直接获得纳米氧化物粉体;或者是将溶液喷入高温气体中干燥,然后经热处理形成粉体的方法。该法制备的纳米粉体纯度高,分散性好,粒径分布均匀,化学活性好,并且工艺操作简单,易于控制,设备造价低廉,是最具产业化潜力的纳米粉体制备方法之一。有研究采用喷雾热分解技术制备了纳米氧化锌粉体,并对反应温度、压力、溶液浓度和流量等操作参数对粒子形貌和组成的影响进行了研究。在反应温度 $650\sim 750\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、浓度 $0.2\sim 0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、流量 $2\sim 5\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 、压力 $0.45\sim 0.55\text{ MPa}$ 条件下,可以制得粒径 $(20\sim 30\text{ nm})$ 均匀、高纯度六方晶系氧化锌粉体。研究发现,产物粒子分解程度随反应温度的升高、溶液浓度和流量的降低而增大,随压力的升高先增大而后略有减小,粒子形貌与分解程度密切相关,只有当分解程度高于 90% 以上,才能获得形貌规则、粒度均匀的产物粒子。

1.2.2 固相法

固相法也称为固相化学反应法,是近几年来发展起来的一种价廉而又简便的新方法,它是将金属盐或金属氧化物按一定比例充分混合,首先制得固相前驱体,然后前驱体经高温热分解或微波辐射热分解得到纳米氧化锌。目前主要有以下几种方法。(1)碳酸锌法。利用硫酸锌制得前驱体碳酸锌,在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干 1 h ,得到纳米氧化锌初产品,经去离子水、无水乙醇洗涤,过滤,干燥得到纳米氧化锌产品。(2)氢氧化锌法。利用硝酸锌制得前驱体氢氧化锌,在 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保持 2 h ,高温热分解得到纳米氧化锌。(3)草酸锌法。利用醋酸锌和草酸反应制得前驱体 $\text{ZnC}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$,经微波辐射分解 30 min 得到纳米氧化锌。此法克服了传统湿法存在的团聚现象的缺点,同时也充分显示了固相合成反应无需溶剂、无团聚、产率高、反应条件易于掌握、环境污染小等特点。引发微波辐射法制备纳米氧化锌,不会受分解温

度的影响,而焙烧分解时应注意分解温度的控制,否则粒子会因温度过高而团聚。有研究以 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和碳酸钠为原料,采用室温固相反应,制备出颗粒尺寸分布均匀、纯度高的纳米氧化锌粉体。有研究采用液相法制得草酸锌前驱体,然后在氯化钠的作用下,将草酸锌前驱体煅烧,制得了粒径为 $1\sim 60\text{ nm}$ 、长度为 $1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 的纳米氧化锌棒。

1.2.3 气相法

气相法是直接利用气体或者将物料气化,使之在气体状态下发生物理变化或化学反应,最后再冷却凝聚形成纳米微粒。它主要包括化学气相氧化法、气相反应合成法以及激光诱导 CVD 法等。

化学气相氧化法是以氧气为氧源,锌粉为原料,以氮气作为载气,在高温下进行氧化反应制得氧化锌。所得产品的粒径为 $10\sim 20\text{ nm}$,分散性好,但产品纯度较低,有原料残存,对设备的要求较高。

气相反应合成法是在温度大于 $907\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下将锌从熔融的金属锌或锌的合金中蒸发出来,再使锌蒸汽随着喷入的氧化气体一起流动,并在此过程中被氧化成氧化锌粉末。该法对设备的要求较高。

激光诱导 CVD 法是在空气气氛中用激光束直接照射锌片表面,经加热、汽化、蒸发、氧化等过程来制备纳米氧化锌粉末。该法具有能量转化效率高、可精确控制等优点,但成本高,产率低,电能消耗大,难以实现工业化生产。

2 表面改性技术

纳米氧化锌作为橡胶添加剂使用时,大多与有机物复合使用,但由于其粒径小,比表面积和表面能极大,处于热力学非稳定状态,极易聚集成团。另外,氧化锌表面亲水疏油,属于强极性,在有机介质中难以均匀分散,与基料之间没有结合力。为了提高纳米氧化锌在有机介质中的分散性和亲和力,改善其与基料之间的润湿性和结合力,需要对其进行表面改性。目前的改性方法主要有表面包覆改性法、表面化学改性法、机械力化学改

性法、沉淀反应改性法、外膜层(胶囊)改性法和高能表面改性法等。

2.1 表面包覆改性

表面包覆改性是目前无机填料或颜料主要的表面改性方法,其利用表面活性剂覆盖于粒子表面,赋予粒子表面新的性质。常用的表面改性剂有硅烷偶联剂、钛酸酯类偶联剂、硬脂酸、有机硅等。除利用表面官能团外,这种方法还包括利用游离基反应、螯合反应、溶胶吸附以及偶联剂处理等进行表面改性。有研究采用偶联剂 KH8454, NDZ201 和 NDZ311 为改性剂对纳米氧化锌分别进行表面改性,改性效果很好且便于储存,并不再团聚。有研究以钛酸钠为改性剂对纳米氧化锌进行改性处理,在钛酸钠用量为 15%、pH 值为 6、改性时间为 1.5 h 的条件下,改性后的纳米氧化锌的亲油化度达到 79.2%,能较好地分散于甲醇和二甲苯中。

有研究以 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 和氢氧化钠为原料,用直接沉淀法制备了纳米氧化锌,并用硅酸钠水解生成的二氧化硅对其进行了表面包覆改性。采用红外光谱仪(IR),XRD,扫描电子显微镜(SEM)以及 X 射线光电子能谱仪(XPS)等仪器对改性前后的氧化锌进行了分析。结果表明,改性后氧化锌颗粒的表面形成了硅-氧-锌键,亦即二氧化硅在纳米氧化锌颗粒表面形成了包覆层。改性后氧化锌粉体的光催化活性明显下降,进一步证明了纳米氧化锌颗粒表面存在二氧化硅包覆层,使纳米氧化锌稳定化。

有研究以自制纳米氧化锌为原料,采用钛酸酯偶联剂为改性剂对纳米氧化锌进行了表面改性处理。试验发现,改性剂用量是影响改性效果的最重要影响因素,且其用量远远超出普通粉体用量,最佳改性条件为改性剂用量为 40%,改性时间 30 min。

有研究采用不同用量钛酸酯偶联剂对纳米氧化锌进行表面改性。通过正交试验来确定最佳的改性条件,用活化指数表征改性效果。试验结果表明,最佳的改性条件为钛酸酯用量 3%,温度 30℃,搅拌时间 90 min,活化指数可达到 99.83%。将在最佳条件下改性的纳米氧化锌用于天然橡胶,

胶料的焦烧时间、正硫化时间均延长,拉伸强度、拉断伸长率、屈挠性能均提高,但是撕裂强度和耐磨性能下降。

有研究以尿素和硝酸锌为原料,采用均匀沉淀法制备纳米氧化锌,加入不同的表面活性剂或者不同剂量同种表面活性剂对纳米氧化锌的粒径和形貌有不同的影响。试验结果表明,在液相法制备纳米氧化锌时,复合型表面活性剂以及阴离子型表面活性剂的分散性能优于非离子表面活性剂;添加浓度为 $3.2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的表面活性剂十二烷基苯磺酸钠时,沉淀物的分散活性好,能够较好地控制氧化锌粒子;油酸钠和聚乙二醇 1000 复合型表面活性剂浓度分别为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,分散效果最好,能制得粒径为 10~50 nm 的纳米氧化锌。

2.2 机械化学改性

机械化学改性是一种运用粉碎、摩擦等机械应力作用对粒子表面进行激活,以改变其表面晶体结构和物理化学结构。这种方法使分子晶格发生位移,内能增大,在外力作用下具有活性的粉末表面与其他物质发生反应、附着,以达到改性的目的。有研究用无水乙醇作分散介质,将纳米氧化锌球磨 2 h,得到了无团聚的纳米氧化锌。此方法成本低,产量大,粒径可控,颇具工业化潜力。

有研究采用机械化学表面改性工艺,以硬脂酸为改性剂,在气流粉碎机中对纳米氧化锌进行解团聚和表面改性,并借助 SEM,XRD,傅立叶变换红外光谱(F-IR)和 XPS 对改性前后的氧化锌粉体进行结构分析。结果表明,硬脂酸分子化学键合在氧化锌表面,改性前后氧化锌的晶体结构相同,其颗粒的团聚性降低,二次粒径明显减小。通过测定改性样品的活化指数和亲油化度,改性剂的最佳用量为氧化锌的 10%,氧化锌表面亲油疏水,在有机溶剂中有较好的分散性能。

2.3 外膜层改性

外膜层改性是在粒子表面均匀地包覆一层其他物质的膜,使粒子表面性质发生变化。有研究将 $\text{Zn}(\text{Ac})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶解在乙醇中,把溶解了 $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的乙醇溶液逐滴加入进去,同时在

0℃下剧烈搅拌1h,然后离心分离20min,得到氧化锌的凝胶体。加入尿素和硼酸的乙醇溶液,将BN的含量调节至90%。用旋转蒸发器将乙醇溶剂挥发掉,然后在烘箱中烘干,将烘干的混合物分别在200,400和700℃下,于空气氛围退火7h。试验证明,BN壳层有效地抑止了纳米粒子的过分生长。

2.4 高能表面改性

高能表面改性是利用高能电晕放电、紫外线、等离子射线等对粒子表面进行改性。有研究利用反应气体分子对特定波长激光束的吸收,引起气体分子激光分解、热解、光敏化和激光诱导化学合成反应,在一定条件下合成了纳米粒子。产品具有粒子大小均一,不团聚,粒径可准确控制等优点。

2.5 沉淀反应改性

沉淀反应改性是利用有机物或无机物在粒子表面沉淀形成一层包覆物,以改变其表面性质。有研究在制备氧化锌的前驱体——碱式碳酸锌的过程中原位包覆三氧化二铝,与传统的表面包覆工艺相比减少了多次粒子团聚的工艺过程,改善了包覆效果,包覆的氧化锌复合粉体粒径为50nm左右,包覆层为3~5nm。包覆层厚的纳米氧化锌的光催化活性明显降低,但保证了其优异的紫外线吸附性能。

3 结语

纳米氧化锌作为一种用途广泛的无机精细化工产品,已经引起了人们的关注。随着高科技的迅速发展和对合成新材料的迫切需求,其研究开发必将日益受到人们的高度重视。纳米氧化锌的各种生产方法各有特点,沉淀法得到的粒子粒径分布较窄,分散性好,可采取适当的方法改善其工艺条件,实现对氧化锌颗粒的大小、形貌等有效控制,使之能够定向生长,从而生产出各种尺寸、形貌的纳米氧化锌,以满足不同性能需求,同时产品具有很好的重复性和可靠性。固相化学反应法虽然具有无需溶剂、转化率高、工艺简单、能耗低、反应条件易掌握的优点,但是反应过程往往进行不完全或者在过程中可能出现液化现象,因此不适合工业化大生产。气相法在我国目前处于小试阶段,要达到工业化生产尚需解决一系列工程问题、设备材质及技术问题。因此在今后的一段时间内,沉淀法仍将是纳米氧化锌最主要的生产方法。今后应继续对纳米氧化锌的合成反应机理进行更深入的研究,尤其是对粒子的形状、分布、粒度、性能及团聚体的控制与分散等进行研究,同时进一步探讨纳米氧化锌与橡胶材料的相互作用,加快表面改性技术的研发,拓宽纳米氧化锌的应用领域。

参考文献:略

青岛泰凯英3款工程机械子午线轮胎通过鉴定

青岛泰凯英轮胎有限公司研发的3款工程机械子午线轮胎日前通过中国石油和化学工业联合会化工行业生产力促进中心组织的专家鉴定。这3款轮胎是12.00R24港口系列公制全钢工程机械子午线轮胎、750/65R25低断面系列公制全钢工程机械子午线轮胎和12.00R24 ETSM L5S光面系列全钢工程机械子午线轮胎。

这3款轮胎产品各具优势:12.00R24系列轮胎具有稳定性高、油耗低的优点,可替代传统斜交轮胎,寿命可延长至原来的1.7~2倍,并且翻新轮胎寿命可达到新胎同等寿命;750/65R25系列

轮胎则具有操纵稳定性好、牵引力大等优点;12.00R24 ETSM L5S系列轮胎除了寿命较传统的斜交轮胎有显著延长外,各项指标可同国外知名品牌相比。

据了解,成立于2005年的泰凯英公司的轮胎产品已在105个国家的矿山和港口得到使用,还为世界各地的客户提供了包括载重汽车子午线轮胎、轿车子午线轮胎等方面的综合解决方案。该公司还开发出轮胎气压实时检测系统,并推出轮胎承包方案等增值服务体系。

清 风