



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 119463594 B

(45) 授权公告日 2025. 04. 25

(21) 申请号 202510048729.4

(22) 申请日 2025.01.13

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 119463594 A

(43) 申请公布日 2025.02.18

(73) 专利权人 浙江康巴赫科技股份有限公司

地址 321200 浙江省金华市武义县白洋街
道荷花路31号

(72) 发明人 李胜强 沈键雄 周和平 马磊

(74) 专利代理机构 深圳市九州智汇知识产权代
理 事 务 所 (普 通 合 伙)
441213

专利代理师 黄旭辉

(51) Int. Cl.

C09D 127/18 (2006.01)

C09D 5/14 (2006.01)

C09D 7/62 (2018.01)

C09D 7/63 (2018.01)

C09D 183/04 (2006.01)

(56) 对比文件

AU 2020101927 A4, 2020.10.22

CN 113416474 A, 2021.09.21

审查员 郭敏

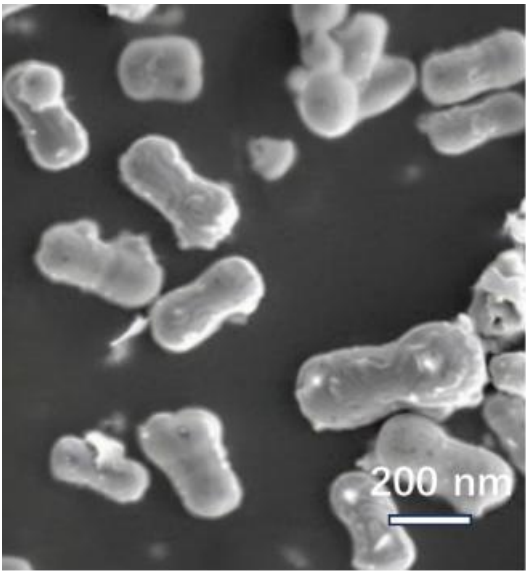
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

一种锅具耐磨材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及锅具材料领域,提供了一种锅具耐磨材料及其制备方法,材料包括以下组分:表面改性哑铃状碳化硅填料,多孔二氧化硅包覆银填料,聚四氟乙烯,甲基苯基硅树脂,抗氧化剂1010,去离子水。哑铃状碳化硅通过球磨、喷雾干燥、烧结和盐酸处理后,经3-氨丙基三乙氧基硅烷改性制备得到;多孔二氧化硅包覆银填料由聚苯乙烯乳胶为模板,通过溶胶凝胶法制备多孔二氧化硅,再以硝酸银和抗坏血酸反应制备。制备方法包括分散、混合、涂覆和固化步骤,所得材料具有优异的耐磨性和抗菌性,可广泛应用于锅具表面涂层,解决了传统锅具材料耐磨性低和抗菌性差的问题。



1. 一种锅具耐磨材料,其特征在于,包括以下重量份数的组成成分:表面改性哑铃状碳化硅填料20.0~30.0份,多孔二氧化硅包覆银填料5.0~10.0份,聚四氟乙烯30.0~40.0份,甲基苯基硅树脂10.0~20.0份,抗氧化剂1010 0.1~0.5份,去离子水6.0~10.0份;

所述的锅具耐磨材料设置在锅具基底表面;

所述的表面改性哑铃状碳化硅填料为哑铃状碳化硅经3-氨丙基三乙氧基硅烷表面改性获得;

所述的哑铃状碳化硅的制备方法为:以重量份数计,将碳粉和硅粉按质量比1:(1.25~1.5)置于球磨机中的球磨罐中,加入粉末总质量为2.0~5.0%氧化镁,再加入总粉末质量2.0~4.0倍的无水乙醇,接着以球磨转速为200~300rpm球磨240~360min,形成均匀的混合浆料,将所得浆料转移到喷雾干燥机中通过喷雾干燥形成粒径为100~500nm的球形颗粒,将球形颗粒置于气氛管式炉中,在氩气氛下,在1200~1500℃下烧结120~180min,烧结完成后自然冷却至室温,将冷却后的颗粒置于100~150份10wt.%盐酸溶液中搅拌60~120min,搅拌完成后过滤并保留固体粉末,将固体粉末用去离子水洗涤3次,洗涤完成后,将固体粉末置于70~80℃的烘箱中干燥240~300min,干燥完成后获得哑铃状碳化硅。

2. 如权利要求1所述的一种锅具耐磨材料,其特征在于,所述的表面改性哑铃状碳化硅填料的制备方法为:以重量份数计,将25~45份哑铃状碳化硅填料置于烧杯中,加入哑铃状碳化硅质量1.0~2.0倍3.0~5.0wt.%的3-氨丙基三乙氧基硅烷无水乙醇溶液,以搅拌速率为200~300 rpm搅拌60~120min,搅拌完成后通过过滤收集颗粒,接着用无水乙醇洗涤1次,洗涤完成后将颗粒置于60~70℃的真空干燥箱中干燥180~240min,干燥完成后获得表面改性哑铃状碳化硅填料。

3. 如权利要求1或2所述的一种锅具耐磨材料,其特征在于,所述的表面改性哑铃状碳化硅填料平均长度为240~360nm,平均直径为120~220nm。

4. 如权利要求1所述的一种锅具耐磨材料,其特征在于,所述的多孔二氧化硅包覆银填料的制备方法为:以重量份数计,将20~30份多孔二氧化硅空芯颗粒和100份去离子水混合后超声分散20~30min,然后向溶液中继续加入5.0~8.0份0.15mol/L硝酸银溶液,以搅拌速率为250~350 rpm搅拌90~150min,接着过滤溶液并收集颗粒,然后将收集颗粒加入100份去离子水中,然后将混合液加热至50~70℃,缓慢滴加2.0~5.0份0.15 mol/L抗坏血酸溶液,保持恒温继续搅拌30~90min,接着将溶液分离并保留颗粒,用去离子水洗涤颗粒3~5次,洗涤完成后将颗粒置于真空干燥箱中,以40~60℃的温度干燥8~15h;干燥完成后获得多孔二氧化硅包覆银填料。

5. 如权利要求1所述的一种锅具耐磨材料,其特征在于,所述的多孔二氧化硅空芯颗粒的制备方法为:以重量分数计,以正硅酸四乙酯为硅源,正硅酸四乙酯和无水乙醇按照体积比为1:(8~12)将置于烧杯中,以搅拌速率为250~350rpm,搅拌20~40min直至形成均匀的前驱体溶液;然后继续向溶液中加入总质量0.5~1.5%的聚苯乙烯乳胶颗粒,继续以搅拌速率为350~450 rpm,搅拌60~90min,然后继续向溶液中缓慢滴加20~30wt.%氨水,调节混合溶液的pH为8.5~11,并保持搅拌90~150min,搅拌完成后将溶液静置10~14h,将形成的颗粒采用离心分离并保留沉淀颗粒,将沉淀颗粒用无水乙醇洗涤3~5次,洗涤完成后,将沉淀颗粒置于50~70℃的烘箱中干燥5~8h;将干燥后的沉淀颗粒置于马弗炉中,在500~600℃保温焙烧180~300min,焙烧完成后冷却到室温获得多孔二氧化硅空芯颗粒。

6. 如权利要求1或4所述的一种锅具耐磨材料,其特征在于,所述的多孔二氧化硅包覆银填料的平均直径为200~500nm,空隙平均直径为10~25nm。

7. 一种制备权利要求1~6中任意一项所述的锅具耐磨材料的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1. 分散填料:按照配比,将表面改性哑铃状碳化硅填料、多孔二氧化硅包覆银填料、聚四氟乙烯和去离子水加入到高速搅拌机中,以500~800 rpm的搅拌速率分散20~30 min,随后在功率为200~300 W超声器中超声分散15~30 min获得分散均匀的填料混合液;

S2. 基体混合:将甲基苯基硅树脂和抗氧化剂置于搅拌容器中,以300~500 rpm的搅拌速率搅拌10~20 min获得分散均匀的基体溶液;

S3. 整体混合:将分散好的填料混合液逐渐加入到基体溶液中,以300~500 rpm的速率搅拌60~90 min,形成均匀的涂层材料浆料;

S4. 涂层施工与固化:将制备好的涂层材料浆料通过喷涂或刷涂或浸涂的方式均匀涂覆于锅具表面,涂覆厚度为15~30 μm ,涂覆后的锅具置于50~70°C的热风干燥箱中干燥30~60 min,再将锅具置于200~250°C的烘箱中固化30~60 min,固化完成后将锅具自然冷却至室温即可。

一种锅具耐磨材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及锅具材料领域,具体涉及一种锅具耐磨材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着现代厨房用具行业的快速发展,消费者对锅具的性能提出了更高的要求,尤其是在频繁使用和复杂烹饪环境下,锅具表面的耐磨性和抗菌性能显得尤为重要。锅具在长期接触高温油烟、酸碱食品以及金属炊具工具过程中,其表面往往会因摩擦或化学腐蚀而产生磨损,导致功能性涂层剥落甚至释放有害物质,影响使用寿命和食品安全。此外,厨房环境潮湿且易滋生细菌,锅具表面如果缺乏抗菌能力,可能成为细菌传播的媒介,进一步威胁健康。因此,锅具材料不仅需要具备优异的耐磨性以延长使用寿命,还应具有可靠的抗菌性能以保障食品安全和卫生环境。同时,材料还需在高温下表现出良好的化学稳定性和环境适应性,从而保证长期使用中的性能稳定性和安全性。满足这些性能需求不仅能够显著提升锅具的耐用性和卫生性,还可以拓宽其在高端厨具市场的应用范围,推动行业向更绿色、安全和高效的方向发展。因此,开发兼具高耐磨性与抗菌性能的锅具材料具有重要的意义,这不仅是满足消费者需求的关键技术方向,也将成为未来厨具行业竞争的核心领域。

[0003] 目前,锅具材料的发展已经取得一定进展,例如部分材料采用耐磨涂层或抗菌涂层来提高性能,但整体性能仍存在明显不足。如公开号为CN112773202A的中国专利公开了一种复合涂层,通过在涂层中加入硬质陶瓷显著提升了耐磨性能,但其抗菌性能较差,无法满足厨房使用环境对卫生性的要求。此外,公开号为CN107981702B的中国专利提出了一种含银离子填料的抗菌涂层材料,虽然具备良好的抗菌性能,但由于其涂层的耐磨性能较弱,导致实际使用中的耐磨性不足,影响涂层的使用寿命。造成这些不足的原因主要在于现有材料设计中缺乏对耐磨性与抗菌性能的协同优化,单一性能的提升往往以牺牲其他性能为代价,同时填料分散技术和涂层工艺的限制也导致材料性能未能充分发挥。因此,现有研究亟需一种创新性复合材料,同时兼顾耐磨性与抗菌性能,通过科学设计涂层结构与填料优化,实现性能协同提升,以满足现代厨房用具的严苛需求并推动行业进一步发展。

发明内容

[0004] (1)解决的技术问题

[0005] 本发明的目的是提供一种锅具耐磨材料及制备工艺,解决目前锅具耐磨材料在耐磨性与抗菌性能不足的问题。

[0006] (2)技术方案

[0007] 为了实现上述目的,本发明提供如下的技术方案:

[0008] 一种锅具耐磨材料,包括以下重量份数的组成成分:表面改性哑铃状碳化硅填料20.0~30.0份,多孔二氧化硅包覆银填料5.0~10.0份,聚四氟乙烯30.0~40.0份,甲基苯基硅树脂10.0~20.0份,抗氧化剂1010 0.1~0.5份,去离子水6.0~10.0份;

[0009] 所述的锅具耐磨材料设置在锅具基底表面;

[0010] 所述的表面改性哑铃状碳化硅填料为哑铃状碳化硅经3-氨丙基三乙氧基硅烷表面改性获得。

[0011] 所述的表面改性哑铃状碳化硅填料的制备方法为:以重量份数计,将25~45份哑铃状碳化硅填料置于烧杯中,加入哑铃状碳化硅质量1.0~2.0倍3.0~5.0wt.%的3-氨丙基三乙氧基硅烷无水乙醇溶液,以搅拌速率为200~300rpm搅拌60~120min,搅拌完成后通过过滤收集颗粒,接着用无水乙醇洗涤1次,洗涤完成后将颗粒置于60~70℃的真空干燥箱中干燥180~240min,干燥完成后获得表面改性哑铃状碳化硅填料。

[0012] 所述的哑铃状碳化硅的制备方法为:以重量份数计,将碳粉和硅粉按质量比1:(1.25~1.5)置于球磨机中的球磨罐中,加入粉末总质量为2.0~5.0%氧化镁,再加入总粉末质量2.0~4.0倍的无水乙醇,接着以球磨转速为200~300rpm球磨240~360min,形成均匀的混合浆料,将所得浆料转移到喷雾干燥机中通过喷雾干燥形成粒径为100~500nm的球形颗粒,将球形颗粒置于气氛管式炉中,在氩气氛下,在1200~1500℃下烧结120~180min,烧结完成后自然冷却至室温,将冷却后的颗粒置于100~150份10wt.%盐酸溶液中搅拌60~120min,搅拌完成后过滤并保留固体粉末,将固体粉末用去离子水洗涤3次,洗涤完成后,将固体粉末置于70~80℃的烘箱中干燥240~300min,干燥完成后获得哑铃状碳化硅。

[0013] 进一步,所述的表面改性哑铃状碳化硅填料平均长度为240~360nm,平均直径为120~220nm。

[0014] 本发明采用表面改性哑铃状碳化硅填料的设计主要用于增强锅具耐磨材料的机械性能和界面结合性能,同时提升材料的分散性和加工适应性。通过对哑铃状碳化硅表面进行3-氨丙基三乙氧基硅烷改性,赋予其表面活性基团,显著增强了填料与基体材料之间的界面相互作用,从而提高了材料整体的力学性能和耐磨性。哑铃状碳化硅在形貌设计上具有独特的构造特性,其两端的球状区域和中间的连接部分能够在材料内部形成稳定的物理嵌合结构,这种形貌的独特性不仅提升了填料在基体中的分布均匀性,还显著提高了填料对外力的传递效率。此外,通过3-氨丙基三乙氧基硅烷的表面改性形成的有机硅基团能够与基体中的有机成分形成化学键合,提高了填料在基体中的分散稳定性和界面结合力,从而避免了填料团聚现象对材料性能的不利影响。制备过程中对哑铃状碳化硅的粒径和形貌进行了精准控制,使其具有适宜的尺寸分布和表面特性,进一步优化了其与基体的协同性。总之,表面改性哑铃状碳化硅填料在形貌设计和表面改性上的双重协同作用,使其在材料中既能提供优异的机械支撑,又能通过界面作用提升整体性能,满足锅具耐磨材料在高性能和高稳定性方面的需求。

[0015] 进一步,所述的多孔二氧化硅包覆银填料的制备方法为:以重量份数计,将20~30份多孔二氧化硅空芯颗粒和100份去离子水混合后超声分散20~30min,然后向溶液中继续加入5.0~8.0份0.15mol/L硝酸银溶液,以搅拌速率为250~350rpm搅拌90~150min,接着过滤溶液并收集颗粒,然后将收集颗粒加入100份去离子水中,然后将混合液加热至50~70℃,缓慢滴加2.0~5.0份0.15mol/L抗坏血酸溶液,保持恒温继续搅拌30~90min,接着将溶液分离并保留颗粒,用去离子水洗涤颗粒3~5次,洗涤完成后将颗粒置于真空干燥箱中,以40~60℃的温度干燥8~15h;干燥完成后获得多孔二氧化硅包覆银填料。

[0016] 进一步,所述的多孔二氧化硅空芯颗粒的制备方法为:以重量分数计,以正硅酸四乙酯为硅源,正硅酸四乙酯和无水乙醇按照体积比为1:(8~12)将置于烧杯中,以搅拌速率

为250~350rpm,搅拌20~40min直至形成均匀的前驱体溶液;然后继续向溶液中加入总质量0.5~1.5%的聚苯乙烯乳胶颗粒,继续以搅拌速率为350~450rpm,搅拌60~90min,然后继续向溶液中缓慢滴加20~30wt.%氨水,调节混合溶液的pH为8.5~11,并保持搅拌90~150min,搅拌完成后将溶液静置10~14h,将形成的颗粒采用离心分离并保留沉淀颗粒,将沉淀颗粒用无水乙醇洗涤3~5次,洗涤完成后,将沉淀颗粒置于50~70℃的烘箱中干燥5~8h;将干燥后的沉淀颗粒置于马弗炉中,在500~600℃保温焙烧180~300min,焙烧完成后冷却到室温获得多孔二氧化硅空芯颗粒。

[0017] 进一步,所述的多孔二氧化硅包覆银填料的平均直径为200~500nm,空隙平均直径为10~25nm。

[0018] 本发明采用多孔二氧化硅包覆银填料的设计主要用于增强锅具耐磨材料的抗菌性能和耐磨性能。通过以多孔二氧化硅为载体并在其表面包覆银颗粒,赋予填料优异的抗菌性质,同时实现银离子的缓慢释放。多孔二氧化硅通过溶胶凝胶法制备,其空芯结构和均匀的孔隙分布提供了大比表面积,使银颗粒能够均匀分布于其表面和孔隙中,这种结构设计不仅有效提高了银的负载量,还通过孔隙的限制作用实现了银离子的可控释放,从而延长了抗菌性能的作用时间。为进一步增强填料的抗菌效果,采用硝酸银作为银源,通过抗坏血酸还原反应在多孔二氧化硅表面形成纳米级银颗粒,其粒径的可控分布改善了抗菌活性,同时避免了银颗粒团聚对性能的不利影响。此外,多孔二氧化硅的空芯结构具有良好的轻质特性,能够在材料中均匀分散,与基体材料实现良好的物理嵌合和化学相容性,从而保证了填料在复合材料中的稳定性和分散性。整个填料体系通过多孔二氧化硅的高比表面积、孔隙结构以及银颗粒的抗菌特性实现了协同作用,既增强了锅具材料的抗菌性能,又确保了耐磨性,为锅具材料在耐磨性基础上提供了全面的抗菌保障。

[0019] 本发明还提供一种锅具耐磨材料的制备方法,包括以下步骤:

[0020] S1.分散填料:按照配比,将表面改性哑铃状碳化硅填料、多孔二氧化硅包覆银填料、聚四氟乙烯和去离子水加入到高速搅拌机中,以500~800rpm的搅拌速率分散20~30min,随后在功率为200~300W超声器中超声分散15~30min获得分散均匀的填料混合液。

[0021] S2.基体混合:将甲基苯基硅树脂和抗氧化剂置于搅拌容器中,以300~500rpm的搅拌速率搅拌10~20min获得分散均匀的基体溶液。

[0022] S3.整体混合:将分散好的填料混合液逐渐加入到基体溶液中,以300~500rpm的速率搅拌60~90min,形成均匀的涂层材料浆料。

[0023] S4.涂层施工与固化:将制备好的涂层材料浆料通过喷涂或刷涂或浸涂的方式均匀涂覆于锅具表面,涂覆厚度为15~30 μm ,涂覆后的锅具置于50~70℃的热风干燥箱中干燥30~60min,再将锅具置于200~250℃的烘箱中固化30~60min,固化完成后将锅具自然冷却至室温即可。

[0024] 为了进一步优化材料的综合性能,配方中选择了聚四氟乙烯作为基体增强材料,其优异的耐高温性和低摩擦系数为涂层提供了更好的耐磨和抗粘附特性。甲基苯基硅树脂作为基体材料,不仅赋予涂层良好的化学稳定性和耐候性,还在分散填料时起到粘结和稳定作用。抗氧化剂1010的加入则有效抑制了材料在高温加工和使用过程中可能发生的氧化降解,进一步延长了涂层的使用寿命。通过合理的组分配比和分散混合工艺,各组分在材料体系中实现了协同作用,既增强了涂层的机械性能和耐磨性,又兼顾了抗菌性能和化学稳

定性,满足了锅具在高温、潮湿和复杂环境下的多重性能需求,为锅具材料的高性能化和多功能化提供了可靠的技术解决方案。

[0025] (3) 有益的技术效果

[0026] 1. 本发明通过表面改性哑铃状碳化硅填料的独特设计,显著提升了锅具耐磨材料的机械性能、界面结合强度和分散稳定性,相较于现有技术,其创新性体现在形貌设计和表面改性上的双重优化,不仅有效解决了传统耐磨材料中填料团聚和界面结合力不足的问题,还在耐磨性、使用寿命和加工适应性方面实现了全面提升。哑铃状碳化硅的特殊构造通过物理嵌合和3-氨丙基三乙氧基硅烷的化学键合作用,显著增强了填料与基体的协同性,确保力学性能与均匀分布的高度统一,避免了传统材料中因应力集中导致的性能衰减。各组分精准配比与制备工艺的优化进一步实现了材料整体性能的平衡与提升,具有显著的行业推广价值,为锅具耐磨材料的长期稳定性和高性能化提供了创新解决方案。

[0027] 2. 本发明通过多孔二氧化硅包覆银填料的创新设计,显著提升了锅具耐磨材料的抗菌性能和耐磨性,相较于现有技术,其以多孔二氧化硅的高比表面积和均匀孔隙结构为载体,实现了银颗粒的均匀分布及缓慢释放,解决了传统抗菌材料中抗菌效果衰减快、填料分散性差的问题。银颗粒的纳米化设计避免了团聚现象,进一步提高了抗菌活性,而多孔二氧化硅的轻质特性与基体良好兼容,确保了填料的稳定性与加工适应性。通过精准的组分配比和优化制备工艺,各组分协同作用,兼顾抗菌性能和耐磨性能的平衡,提供了长效、安全的抗菌解决方案,不仅满足了高性能锅具的实际需求,还为耐磨抗菌材料的开发提供了新的技术方向,具有广阔的应用前景和行业推广价值。

[0028] 3. 本发明通过聚四氟乙烯、甲基苯基硅树脂和抗氧化剂1010的协同作用,显著提升了锅具涂层的耐磨性、抗粘附性和化学稳定性。聚四氟乙烯提供了低摩擦和高温耐受性能,甲基苯基硅树脂增强了涂层的分散性和耐候性,抗氧化剂1010有效抑制了高温氧化降解,延长了涂层寿命。各组分通过优化配比和分散工艺实现协同增效,解决了现有技术中耐磨性与化学稳定性难以兼顾的难题,为锅具材料的高性能化提供了创新解决方案,具有广阔的市场前景。

附图说明

[0029] 图1为本发明实施例1制备的哑铃状碳化硅的扫描电镜形貌图。

[0030] 图2为本发明实施例1制备的哑铃状碳化硅的XRD物相分析图谱。

[0031] 图3为本发明实施例1制备的多孔二氧化硅空芯颗粒的扫描电镜形貌图。

[0032] 图4为本发明实施例1制备的多孔二氧化硅空芯颗粒的XRD物相分析图谱。

[0033] 图5为本发明实施例1制备的多孔二氧化硅包覆银填料的扫描电镜形貌图。

[0034] 图6为本发明实施例1制备的多孔二氧化硅包覆银填料的XRD物相分析图谱。

[0035] 图7为本发明对比例1采用的SiC的扫描电镜形貌图。

具体实施方式

[0036] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0037] 实施例1

[0038] 一种锅具耐磨材料,包括以下重量份数的组成成分:表面改性哑铃状碳化硅填料20.0份,多孔二氧化硅包覆银填料5.0份,聚四氟乙烯30.0份,甲基苯基硅树脂10.0份,抗氧化剂1010 0.1份,去离子水6.0份。

[0039] 锅具耐磨材料设置在锅具基底表面。

[0040] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料为哑铃状碳化硅经3-氨丙基三乙氧基硅烷表面改性获得。

[0041] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料的制备方法为:以重量份数计,将25份哑铃状碳化硅填料置于烧杯中,加入哑铃状碳化硅质量1.0倍3.0wt.%的3-氨丙基三乙氧基硅烷无水乙醇溶液,以搅拌速率为200rpm搅拌60min,搅拌完成后通过过滤收集颗粒,接着用无水乙醇洗涤1次,洗涤完成后将颗粒置于60℃的真空干燥箱中干燥180min,干燥完成后获得表面改性哑铃状碳化硅填料。

[0042] 本实施例的哑铃状碳化硅的制备方法为:以重量份数计,将碳粉和硅粉按质量比1:1.25置于球磨机中的球磨罐中,加入粉末总质量为2.0%氧化镁,再加入总粉末质量2.0倍的无水乙醇,接着以球磨转速为200rpm球磨240min,形成均匀的混合浆料,将所得浆料转移到喷雾干燥机中通过喷雾干燥形成粒径为100nm的球形颗粒,将球形颗粒置于气氛管式炉中,在氩气氛下,在1200℃下烧结120min,烧结完成后自然冷却至室温,将冷却后的颗粒置于100份10wt.%盐酸溶液中搅拌60min,搅拌完成后过滤并保留固体粉末,将固体粉末用去离子水洗涤3次,洗涤完成后,将固体粉末置于70℃的烘箱中干燥240min,干燥完成后获得哑铃状碳化硅。

[0043] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料平均长度为240nm,平均直径为120nm。

[0044] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的制备方法为:以重量份数计,将20份多孔二氧化硅空芯颗粒和100份去离子水混合后超声分散20min,然后向溶液中继续加入5.0份0.15mol/L硝酸银溶液,以搅拌速率为250rpm搅拌90min,接着过滤溶液并收集颗粒,然后将收集颗粒加入100份去离子水中,然后将混合液加热至50℃,缓慢滴加2.0份0.15mol/L抗坏血酸溶液,保持恒温继续搅拌30min,接着将溶液分离并保留颗粒,用去离子水洗涤颗粒3次,洗涤完成后将颗粒置于真空干燥箱中,以40℃的温度干燥8h;干燥完成后获得多孔二氧化硅包覆银填料。

[0045] 本实施例的多孔二氧化硅空芯颗粒的制备方法为:以重量分数计,以正硅酸四乙酯为硅源,正硅酸四乙酯和无水乙醇按照体积比为1:8将置于烧杯中,以搅拌速率为250rpm,搅拌20min直至形成均匀的前驱体溶液;然后继续向溶液中加入总质量0.5%的聚苯乙烯乳胶颗粒,继续以搅拌速率为350rpm,搅拌60min,然后继续向溶液中缓慢滴加20wt.%氨水,调节混合溶液的pH为8.5,并保持搅拌90min,搅拌完成后将溶液静置10h,将形成的颗粒采用离心分离并保留沉淀颗粒,将沉淀颗粒用无水乙醇洗涤3次,洗涤完成后,将沉淀颗粒置于50℃的烘箱中干燥5h;将干燥后的沉淀颗粒置于马弗炉中,在500℃保温焙烧180min,焙烧完成后冷却到室温获得多孔二氧化硅空芯颗粒。

[0046] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的平均直径为200nm,空隙平均直径为10nm。

[0047] 本实施例的一种锅具耐磨材料的制备方法,包括以下步骤:

[0048] S1.分散填料:按照配比,将表面改性哑铃状碳化硅填料、多孔二氧化硅包覆银填料、聚四氟乙烯和去离子水加入到高速搅拌机中,以500rpm的搅拌速率分散20min,随后在

功率为200W超声器中超声分散15min获得分散均匀的填料混合液。

[0049] S2.基体混合:将甲基苯基硅树脂和抗氧化剂置于搅拌容器中,以300rpm的搅拌速率搅拌10min获得分散均匀的基体溶液。

[0050] S3.整体混合:将分散好的填料混合液逐渐加入到基体溶液中,以300rpm的速率搅拌60min,形成均匀的涂层材料浆料。

[0051] S4.涂层施工与固化:将制备好的涂层材料浆料通过喷涂的方式均匀涂覆于锅具表面,涂覆厚度为15 μm ,涂覆后的锅具置于50°C的热风干燥箱中干燥30min,再将锅具置于200°C的烘箱中固化30min,固化完成后将锅具自然冷却至室温即可。

[0052] 通过图1至图6的分析结果,可以清晰地证明本发明实施例1的制备成果及结构特性。图1的扫描电镜形貌图显示了哑铃状碳化硅的形貌特征,证明了其具有哑铃状结构;图2的XRD物相分析图谱进一步确认了制备产物为SiC物相。图3的扫描电镜形貌图揭示了多孔二氧化硅空芯颗粒的独特形貌,证明了其多孔空芯结构特性;图4的XRD物相分析图谱则验证了该材料为二氧化硅物相。图5的扫描电镜形貌图表明银颗粒成功包覆于多孔二氧化硅空芯内,证明了Ag包覆的有效性;图6的XRD物相图谱进一步确认了多孔二氧化硅包覆银填料中Ag和二氧化硅的物相存在。综上,图1至图6的表征结果共同证明了本发明实施例1制备的材料具有明确的结构及物相特性。

[0053] 实施例2

[0054] 一种锅具耐磨材料,包括以下重量份数的组成成分:表面改性哑铃状碳化硅填料23.0份,多孔二氧化硅包覆银填料6.5份,聚四氟乙烯33.0份,甲基苯基硅树脂13.0份,抗氧化剂1010 0.2份,去离子水7.2份。

[0055] 锅具耐磨材料设置在锅具基底表面。

[0056] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料为哑铃状碳化硅经3-氨丙基三乙氧基硅烷表面改性获得。

[0057] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料的制备方法为:以重量份数计,将31份哑铃状碳化硅填料置于烧杯中,加入哑铃状碳化硅质量1.3倍3.6wt.%的3-氨丙基三乙氧基硅烷无水乙醇溶液,以搅拌速率为230rpm搅拌78min,搅拌完成后通过过滤收集颗粒,接着用无水乙醇洗涤1次,洗涤完成后将颗粒置于63°C的真空干燥箱中干燥198min,干燥完成后获得表面改性哑铃状碳化硅填料。

[0058] 本实施例的哑铃状碳化硅的制备方法为:以重量份数计,将碳粉和硅粉按质量比1:1.33置于球磨机中的球磨罐中,加入粉末总质量为2.9%氧化镁,再加入总粉末质量2.6倍的无水乙醇,接着以球磨转速为230rpm球磨276min,形成均匀的混合浆料,将所得浆料转移到喷雾干燥机中通过喷雾干燥形成粒径为220nm的球形颗粒,将球形颗粒置于气氛管式炉中,在氩气氛下,在1290°C下烧结138min,烧结完成后自然冷却至室温,将冷却后的颗粒置于115份10wt.%盐酸溶液中搅拌78min,搅拌完成后过滤并保留固体粉末,将固体粉末用去离子水洗涤3次,洗涤完成后,将固体粉末置于73°C的烘箱中干燥258min,干燥完成后获得哑铃状碳化硅。

[0059] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料平均长度为276nm,平均直径为142nm。

[0060] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的制备方法为:以重量份数计,将23份多孔二氧化硅空芯颗粒和100份去离子水混合后超声分散23min,然后向溶液中继续加入5.9份

0.15mol/L硝酸银溶液,以搅拌速率为280rpm搅拌108min,接着过滤溶液并收集颗粒,然后将收集颗粒加入100份去离子水中,然后将混合液加热至56℃,缓慢滴加2.9份0.15mol/L抗坏血酸溶液,保持恒温继续搅拌48min,接着将溶液分离并保留颗粒,用去离子水洗涤3次,洗涤完成后将颗粒置于真空干燥箱中,以46℃的温度干燥10h;干燥完成后获得多孔二氧化硅包覆银填料。

[0061] 本实施例的多孔二氧化硅空芯颗粒的制备方法为:以重量分数计,以正硅酸四乙酯为硅源,正硅酸四乙酯和无水乙醇按照体积比为1:9.2将置于烧杯中,以搅拌速率为280rpm,搅拌26min直至形成均匀的前驱体溶液;然后继续向溶液中加入总质量0.8%的聚苯乙烯乳胶颗粒,继续以搅拌速率为380rpm,搅拌69min,然后继续向溶液中缓慢滴加23wt.%氨水,调节混合溶液的pH为9.3,并保持搅拌108min,搅拌完成后将溶液静置11.2h,将形成的颗粒采用离心分离并保留沉淀颗粒,将沉淀颗粒用无水乙醇洗涤3次,洗涤完成后,将沉淀颗粒置于56℃的烘箱中干燥5.9h;将干燥后的沉淀颗粒置于马弗炉中,在530℃保温焙烧216min,焙烧完成后冷却到室温获得多孔二氧化硅空芯颗粒。

[0062] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的平均直径为290nm,空隙平均直径为12nm。

[0063] 本实施例的一种锅具耐磨材料的制备方法,包括以下步骤:

[0064] S1.分散填料:按照配比,将表面改性哑铃状碳化硅填料、多孔二氧化硅包覆银填料、聚四氟乙烯和去离子水加入到高速搅拌机中,以590rpm的搅拌速率分散23min,随后在功率为230W超声器中超声分散19min获得分散均匀的填料混合液。

[0065] S2.基体混合:将甲基苯基硅树脂和抗氧化剂置于搅拌容器中,以360rpm的搅拌速率搅拌13min获得分散均匀的基体溶液。

[0066] S3.整体混合:将分散好的填料混合液逐渐加入到基体溶液中,以360rpm的速率搅拌69min,形成均匀的涂层材料浆料。

[0067] S4.涂层施工与固化:将制备好的涂层材料浆料通过刷涂的方式均匀涂覆于锅具表面,涂覆厚度为19.5 μm ,涂覆后的锅具置于56℃的热风干燥箱中干燥39min,再将锅具置于215℃的烘箱中固化39min,固化完成后将锅具自然冷却至室温即可。

[0068] 实施例3

[0069] 一种锅具耐磨材料,包括以下重量份数的组成成分:表面改性哑铃状碳化硅填料26.0份,多孔二氧化硅包覆银填料8.0份,聚四氟乙烯36.0份,甲基苯基硅树脂16.0份,抗氧化剂1010 0.3份,去离子水8.4份。

[0070] 锅具耐磨材料设置在锅具基底表面。

[0071] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料为哑铃状碳化硅经3-氨丙基三乙氧基硅烷表面改性获得。

[0072] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料的制备方法为:以重量份数计,将37份哑铃状碳化硅填料置于烧杯中,加入哑铃状碳化硅质量1.6倍4.2wt.%的3-氨丙基三乙氧基硅烷无水乙醇溶液,以搅拌速率为260rpm搅拌96min,搅拌完成后通过过滤收集颗粒,接着用无水乙醇洗涤1次,洗涤完成后将颗粒置于66℃的真空干燥箱中干燥216min,干燥完成后获得表面改性哑铃状碳化硅填料。

[0073] 本实施例的哑铃状碳化硅的制备方法为:以重量份数计,将碳粉和硅粉按质量比1:1.4置于球磨机中的球磨罐中,加入粉末总质量为3.8%氧化镁,再加入总粉末质量3.2倍

的无水乙醇,接着以球磨转速为260rpm球磨312min,形成均匀的混合浆料,将所得浆料转移到喷雾干燥机中通过喷雾干燥形成粒径为340nm的球形颗粒,将球形颗粒置于气氛管式炉中,在氩气氛下,在1380℃下烧结156min,烧结完成后自然冷却至室温,将冷却后的颗粒置于130份10wt.%盐酸溶液中搅拌96min,搅拌完成后过滤并保留固体粉末,将固体粉末用去离子水洗涤3次,洗涤完成后,将固体粉末置于76℃的烘箱中干燥276min,干燥完成后获得哑铃状碳化硅。

[0074] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料平均长度为312nm,平均直径为164nm。

[0075] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的制备方法为:以重量份数计,将26份多孔二氧化硅空芯颗粒和100份去离子水混合后超声分散26min,然后向溶液中继续加入6.8份0.15mol/L硝酸银溶液,以搅拌速率为310 rpm搅拌126min,接着过滤溶液并收集颗粒,然后将收集颗粒加入100份去离子水中,然后将混合液加热至62℃,缓慢滴加3.8份0.15 mol/L抗坏血酸溶液,保持恒温继续搅拌66min,接着将溶液分离并保留颗粒,用去离子水洗涤颗粒4次,洗涤完成后将颗粒置于真空干燥箱中,以52℃的温度干燥12.2h;干燥完成后获得多孔二氧化硅包覆银填料。

[0076] 本实施例的多孔二氧化硅空芯颗粒的制备方法为:以重量分数计,以正硅酸四乙酯为硅源,正硅酸四乙酯和无水乙醇按照体积比为1:10.4将置于烧杯中,以搅拌速率为310rpm,搅拌32min直至形成均匀的前驱体溶液;然后继续向溶液中加入总质量1.1%的聚苯乙烯乳胶颗粒,继续以搅拌速率为410rpm,搅拌78min,然后继续向溶液中缓慢滴加26wt.%氨水,调节混合溶液的pH为10.0,并保持搅拌126min,搅拌完成后将溶液静置12.4h,将形成的颗粒采用离心分离并保留沉淀颗粒,将沉淀颗粒用无水乙醇洗涤4次,洗涤完成后,将沉淀颗粒置于62℃的烘箱中干燥6.8h;将干燥后的沉淀颗粒置于马弗炉中,在560℃保温焙烧252min,焙烧完成后冷却到室温获得多孔二氧化硅空芯颗粒。

[0077] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的平均直径为380nm,空隙平均直径为18nm。

[0078] 本实施例的一种锅具耐磨材料的制备方法,包括以下步骤:

[0079] S1.分散填料:按照配比,将表面改性哑铃状碳化硅填料、多孔二氧化硅包覆银填料、聚四氟乙烯和去离子水加入到高速搅拌机中,以680rpm的搅拌速率分散26min,随后在功率为260W超声器中超声分散24min获得分散均匀的填料混合液。

[0080] S2.基体混合:将甲基苯基硅树脂和抗氧化剂置于搅拌容器中,以420rpm的搅拌速率搅拌16min获得分散均匀的基体溶液。

[0081] S3.整体混合:将分散好的填料混合液逐渐加入到基体溶液中,以420rpm的速率搅拌78min,形成均匀的涂层材料浆料。

[0082] S4.涂层施工与固化:将制备好的涂层材料浆料通过浸涂的方式均匀涂覆于锅具表面,涂覆厚度为24 μm ,涂覆后的锅具置于62℃的热风干燥箱中干燥48min,再将锅具置于230℃的烘箱中固化48min,固化完成后将锅具自然冷却至室温即可。

[0083] 实施例4

[0084] 一种锅具耐磨材料,包括以下重量份数的组成成分:表面改性哑铃状碳化硅填料30.0份,多孔二氧化硅包覆银填料10.0份,聚四氟乙烯40.0份,甲基苯基硅树脂20.0份,抗氧化剂1010 0.5份,去离子水10.0份。

[0085] 锅具耐磨材料设置在锅具基底表面。

[0086] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料为哑铃状碳化硅经3-氨丙基三乙氧基硅烷表面改性获得。

[0087] 本实施例的表面改性哑铃状碳化硅填料的制备方法为:以重量份数计,将45份哑铃状碳化硅填料置于烧杯中,加入哑铃状碳化硅质量2.0倍5.0wt.%的3-氨丙基三乙氧基硅烷无水乙醇溶液,以搅拌速率为300rpm搅拌120min,搅拌完成后通过过滤收集颗粒,接着用无水乙醇洗涤1次,洗涤完成后将颗粒置于70℃的真空干燥箱中干燥240min,干燥完成后获得表面改性哑铃状碳化硅填料。

[0088] 本实施例的哑铃状碳化硅的制备方法为:以重量份数计,将碳粉和硅粉按质量比1:1.5置于球磨机中的球磨罐中,加入粉末总质量为5.0%氧化镁,再加入总粉末质量4.0倍的无水乙醇,接着以球磨转速为300rpm球磨360min,形成均匀的混合浆料,将所得浆料转移到喷雾干燥机中通过喷雾干燥形成粒径为500nm的球形颗粒,将球形颗粒置于气氛管式炉中,在氩气氛下,在1500℃下烧结180min,烧结完成后自然冷却至室温,将冷却后的颗粒置于150份10wt.%盐酸溶液中搅拌120min,搅拌完成后过滤并保留固体粉末,将固体粉末用去离子水洗涤3次,洗涤完成后,将固体粉末置于80℃的烘箱中干燥300min,干燥完成后获得哑铃状碳化硅。

[0089] 本实施例的表面改性填料平均长度为360nm,平均直径为220nm。

[0090] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的制备方法为:以重量份数计,将30份多孔二氧化硅空芯颗粒和100份去离子水混合后超声分散30min,然后向溶液中继续加入8.0份0.15mol/L硝酸银溶液,以搅拌速率为350rpm搅拌150min,接着过滤溶液并收集颗粒,然后将收集颗粒加入100份去离子水中,然后将混合液加热至70℃,缓慢滴加5.0份0.15mol/L抗坏血酸溶液,保持恒温继续搅拌90min,接着将溶液分离并保留颗粒,用去离子水洗涤颗粒5次,洗涤完成后将颗粒置于真空干燥箱中,以60℃的温度干燥15h;干燥完成后获得多孔二氧化硅包覆银填料。

[0091] 本实施例的多孔二氧化硅空芯颗粒的制备方法为:以重量分数计,以正硅酸四乙酯为硅源,正硅酸四乙酯和无水乙醇按照体积比为1:12将置于烧杯中,以搅拌速率为350rpm,搅拌40min直至形成均匀的前驱体溶液;然后继续向溶液中加入总质量1.5%的聚苯乙烯乳胶颗粒,继续以搅拌速率为450rpm,搅拌90min,然后继续向溶液中缓慢滴加30wt.%氨水,调节混合溶液的pH为11,并保持搅拌150min,搅拌完成后将溶液静置14h,将形成的颗粒采用离心分离并保留沉淀颗粒,将沉淀颗粒用无水乙醇洗涤5次,洗涤完成后,将沉淀颗粒置于70℃的烘箱中干燥8h;将干燥后的沉淀颗粒置于马弗炉中,在600℃保温焙烧300min,焙烧完成后冷却到室温获得多孔二氧化硅空芯颗粒。

[0092] 本实施例的多孔二氧化硅包覆银填料的平均直径为500nm,空隙平均直径为25nm。

[0093] 本实施例的一种锅具耐磨材料的制备方法,包括以下步骤:

[0094] S1.分散填料:按照配比,将表面改性哑铃状碳化硅填料、多孔二氧化硅包覆银填料、聚四氟乙烯和去离子水加入到高速搅拌机中,以800rpm的搅拌速率分散30min,随后在功率为300W超声器中超声分散30min获得分散均匀的填料混合液。

[0095] S2.基体混合:将甲基苯基硅树脂和抗氧化剂置于搅拌容器中,以500rpm的搅拌速率搅拌20min获得分散均匀的基体溶液。

[0096] S3.整体混合:将分散好的填料混合液逐渐加入到基体溶液中,以500rpm的速率搅

拌90min,形成均匀的涂层材料浆料。

[0097] S4.涂层施工与固化:将制备好的涂层材料浆料通过喷涂的方式均匀涂覆于锅具表面,涂覆厚度为30 μm ,涂覆后的锅具置于70 $^{\circ}\text{C}$ 的热风干燥箱中干燥60min,再将锅具置于250 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中固化60min,固化完成后将锅具自然冷却至室温即可。

[0098] 对比例1

[0099] 与实施例1基本相同,区别在于锅具耐磨材料添加的是等份量的SiC颗粒,SiC颗粒购买于合肥科晶材料技术有限公司,如图7所示,其形貌为普通球状颗粒,其平均直径和哑铃状碳化硅的平均直径较为接近。

[0100] 对比例2

[0101] 与实施例1基本相同,区别在于哑铃状碳化硅未采用表面改性处理。

[0102] 对比例3

[0103] 与实施例1基本相同,区别在于用等份量的多孔二氧化硅空芯颗粒代替多孔二氧化硅包覆银填料,因此填料未包覆银。

[0104] 性能测试:

[0105] 耐磨性:采用万能摩擦磨损试验机(MFT-5000)对PTFE复合涂层的耐磨性进行测试,以摩擦系数和磨损率作为主要评价指标。测试过程中,运动方式为往复直线运动,试验参数为加载力10N、频率1Hz、测试时间10分钟,对磨材料为直径9.525 mm的氮化硅陶瓷球。试验结束后,将试验在涂层表面留下的磨痕置于MFP-D三维形貌仪上进行观测,测量磨痕形貌并计算出磨损量,从而得出磨损率W,以全面评估PTFE复合涂层的耐磨性能。

[0106] 抗菌性:锅具耐磨材料的抗菌性能测试包括定量分析和定性分析两部分。定量分析中,选用大肠杆菌和金黄色葡萄球菌作为测试菌种,先配制液体和固体培养基,并通过高温高压灭菌处理实验器材和样品膜,随后将菌种活化并制备浓度为 2.5×10^5 CFU/mL菌悬液,用十倍稀释法将菌液稀释至合适浓度后接种于培养基并加入样品膜震荡培养8-10小时,再取100 μL 接种菌液稀释至 10^{-3} 至 10^{-5} 范围涂布于琼脂培养基表面,37 $^{\circ}\text{C}$ 培养24小时后观察菌落生长情况并分析。定性分析中,在与定量分析前五步相同的处理后,将菌液稀释并涂布于固体培养基表面,将直径为2cm的样品膜贴于不同浓度的培养基上,37 $^{\circ}\text{C}$ 培养24小时,通过观察抑菌圈大小评估抗菌效果。最终通过统计对比接种菌液中菌落数计算抑菌率,以定量方式表征材料的抗菌性能。

[0107] 将实施例1~4和对比例1~3锅具耐磨材料的性能汇聚在表1中。

[0108] 表1实施例1~4和对比例1~3锅具耐磨材料的性能汇聚

性能参数	实施例				对比例		
	1	2	3	4	1	2	3
摩擦系数	0.15	0.13	0.15	0.12	0.25	0.21	0.16
磨损率 $W (\times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m})$	2.0	2.0	2.1	1.9	4.7	3.9	3.2
抗菌性能 (对大肠杆菌) 抑菌率 %	99.2	99.5	99.8	99.9	97.3	98.1	85.3
抗菌性能 (对金黄色葡萄球菌) 抑菌率 %	98.7	99.1	99.6	99.8	98.8	98.5	84.7

[0110] 对比例1中,锅具涂层材料添加的是等份量的普通球状SiC颗粒,未使用实施例中的哑铃状碳化硅。这种普通球状SiC颗粒的形貌较为常规,其分布和填料间结合力不如哑铃状颗粒,导致材料的耐磨性能较差。测试结果显示,该涂层的摩擦系数为0.25,磨损率为 $4.7 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$,均高于实施例,表现出较高的摩擦阻力和较大的磨损量。这表明,普通球状SiC颗粒不仅未能显著提升涂层的耐磨性能。

[0111] 对比例2与实施例的主要区别在于,使用了未改性的哑铃状碳化硅颗粒。未改性的哑铃状碳化硅颗粒表面活性较低,与涂层基体的相容性较差,导致材料的耐磨性能有所下降。测试结果表明,该涂层的摩擦系数为0.21,磨损率为 $3.9 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$,均明显高于实施例,说明涂层的耐磨性能未能最大化发挥哑铃状碳化硅的优势。

[0112] 对比例3与实施例的主要区别在于,使用了未包覆银的多孔二氧化硅空芯颗粒代替了多孔二氧化硅包覆银填料。这种未包覆银的填料在抗菌性能上表现较差,导致涂层对细菌的抑制能力大幅下降。测试结果显示,对大肠杆菌的抑菌率仅为85.3%,对金黄色葡萄球菌的抑菌率仅为84.7%,远低于实施例中抑菌率接近99%的表现。

[0113] 综上所述,实施例与对比例的主要区别在于关键组分的设计与处理方式。实施例中采用了哑铃状碳化硅颗粒,其特殊形貌有助于提高涂层的分布均匀性和结构稳定性;同时,通过对哑铃状碳化硅进行表面改性处理,进一步增强了其与基体材料的结合力。此外,实施例中使用的多孔二氧化硅包覆银填料不仅提供了材料的多孔结构优势,还通过银的引入赋予了显著的抗菌性能。而对比例中,普通球状碳化硅颗粒因形貌限制,涂层分布不均且结合力较弱,未改性的哑铃状碳化硅颗粒相容性较差,未包覆银的多孔二氧化硅则缺乏有效的抗菌功能。这些组分的差异直接影响了材料的综合性能优化,使得实施例在材料设计上更具优势。

[0114] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:凡是在本发明构思下,利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变换,其均应涵盖在本发明的权利要求保护范围之内。

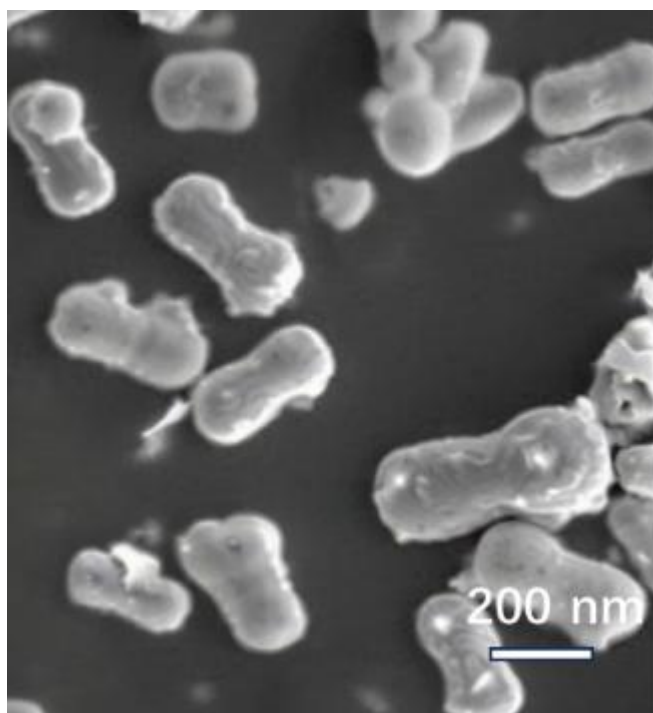


图 1

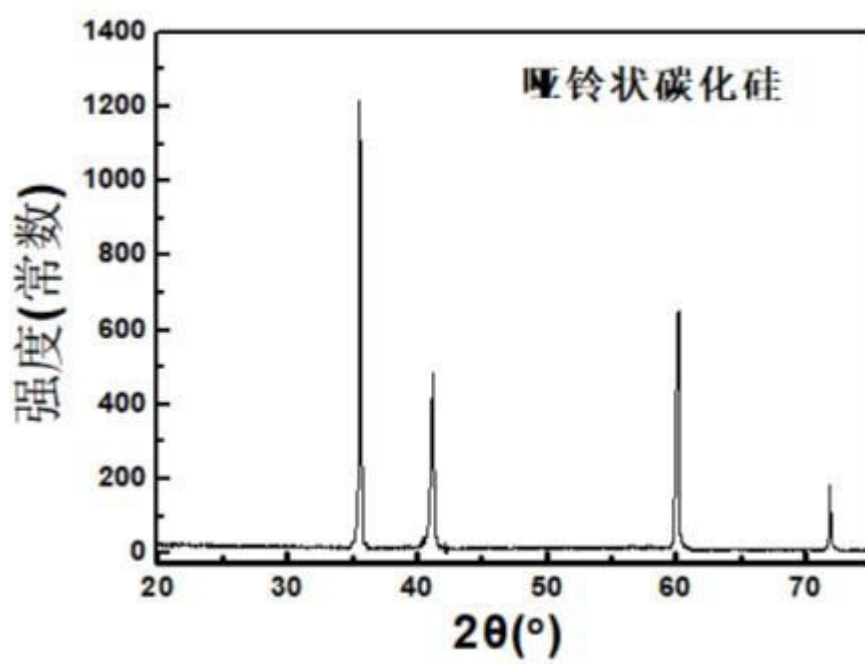


图 2

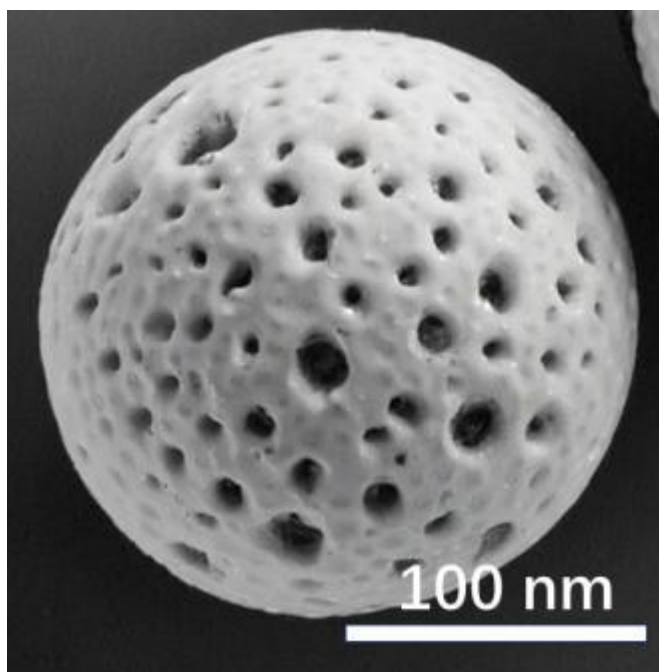


图 3

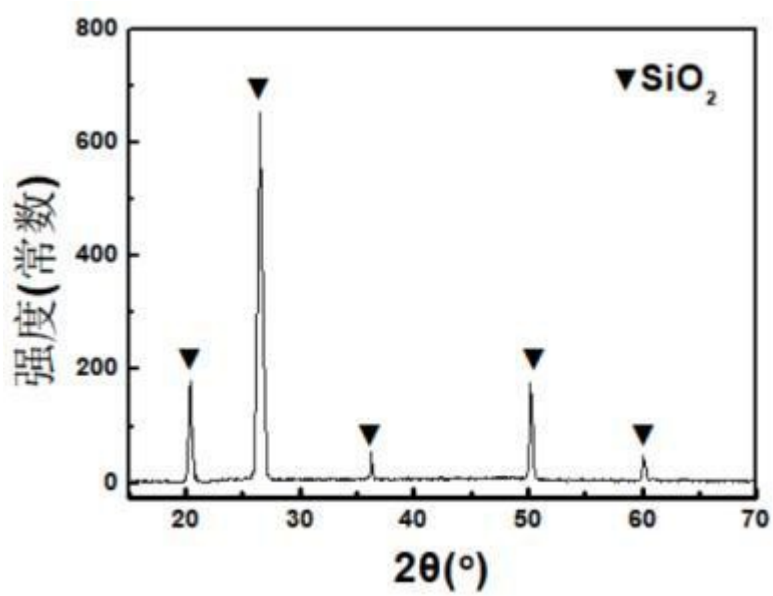


图 4

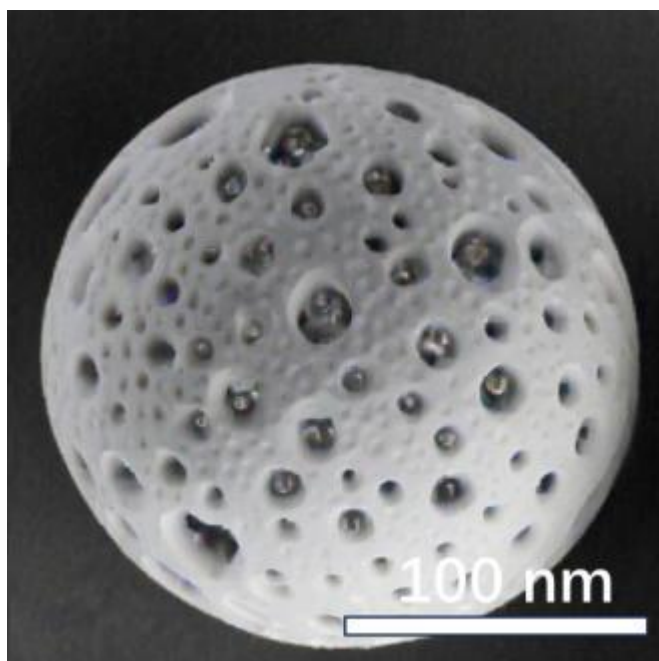


图 5

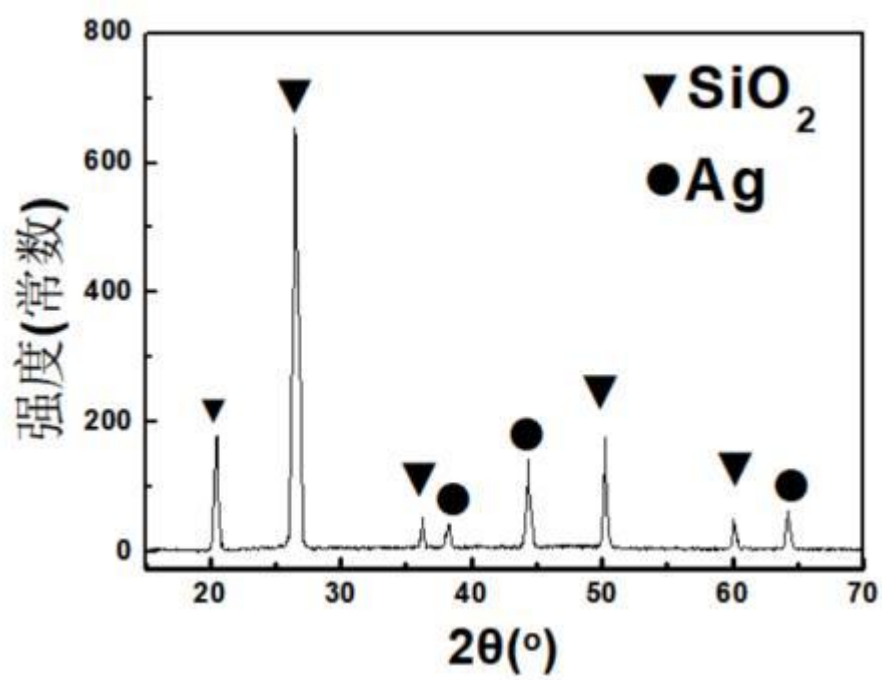


图 6

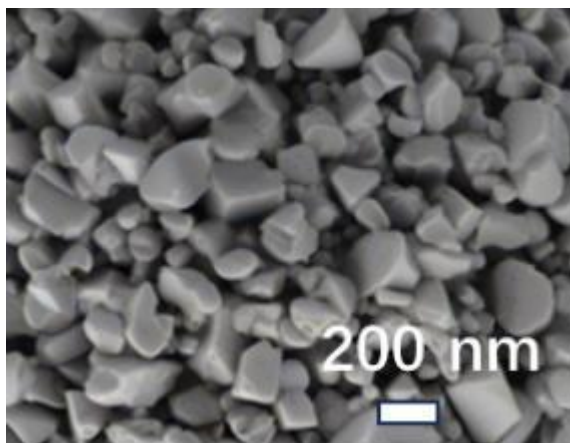


图 7