



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107058915 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201710259041.6

(22)申请日 2017.04.20

(71)申请人 湖南锆博新材料科技有限公司

地址 412007 湖南省株洲市天元区仙月环路899号新马动力创新园2.1期D栋研发厂房

(72)发明人 李鹏涛

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所
43114

代理人 颜勇

(51)Int.Cl.

G22C 47/08(2006.01)

G22C 49/02(2006.01)

G22C 49/14(2006.01)

C22C 101/10(2006.01)

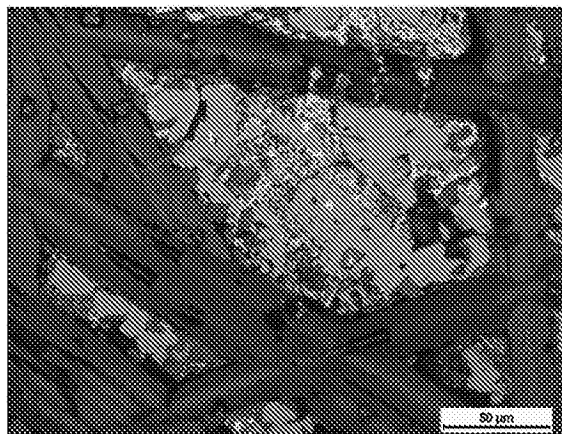
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种含铬熔渗粉及其在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用

(57)摘要

本发明公开了一种含铬熔渗粉及其在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;属于新材料技术领域。本发明设计的含铬熔渗粉包含Cu、Cr、Si;其中Cu、Cr、Si的质量比为Cu:Cr:Si=(35~50):(25~55):(40~60)。其应用为:首先对碳纤维预制体进行高温热处理后采用快速化学气相渗透法和(或)树脂浸渍/炭化进行致密化,制得低密度的炭/炭多孔体材料,然后采用非浸泡式熔融浸渗技术对炭/炭多孔体材料同时进行Si、Cr、Cu共渗,通过Si与C、Si与Cr及Si与Cu的反应复合成一体制得铜铬硅改性炭/陶摩擦材料。本发明制备工艺简单,所得产品性能优良,便于大规模的工业化应用。



1. 一种含铬熔渗粉,其特征在于:所述含铬熔渗粉包含Cu、Cr、Si;其中Cu、Cr、Si的质量比为Cu:Cr:Si = (35~50):(25~55):(40~60)。

2. 根据权利要求1所述的一种含铬熔渗粉,其特征在于:所述含铬熔渗粉由Cu、Cr、Si按质量比(35~50):(25~55):(40~60)组成。

3. 根据权利要求2所述的一种含铬熔渗粉,其特征在于:按重量比,Cu:Cr:Si = (35~45):25:(40~45)。

4. 根据权利要求3所述的一种含铬熔渗粉,其特征在于:按重量比,Cu:Cr:Si = 45:25:40。

5. 根据权利要求3所述的一种含铬熔渗粉,其特征在于:按重量比,Cu:Cr:Si = 35:25:45。

6. 一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;其特征在于包括下述步骤:

步骤一 碳纤维预制体高温热处理

在1500~2300℃对预制体进行高温热处理,得到热处理后的碳纤维预制体;所述预制体的密度为0.2~0.65g/cm³;

步骤二 碳纤维预制体致密化

对步骤一所得热处理后的碳纤维预制体进行致密化处理,得到密度为1.2~1.5g/cm³的炭/炭多孔体材料;所述致密化处理包括化学气相渗透处理和/或树脂浸渍-炭化处理;

步骤三 熔渗粉配制

按重量比,Cu:Cr:Si = (35~50):(25~55):(40~60)配取零价Cu、零价Cr、零价Si,混合均匀得到熔渗粉;

步骤四 非浸泡式熔融浸渗

按重量比,熔渗粉:炭/炭多孔体材料 = 3.5:(1~2),分别配取步骤三所得熔渗粉和步骤二所得炭/炭多孔体材料;将所配取的炭/炭多孔体材料置于熔渗粉上并于1700~2000℃进行非浸泡式熔融浸渗;得到密度为1.9~2.6g/cm³的铜铬硅改性炭/陶摩擦材料。

7. 根据权利要求6所述的一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;其特征在于:

步骤一中,所述预制体为针刺碳纤维整体毡;

步骤一中,高温热处理的温度为1800~2200℃,时间为4~8小时,气氛为保护气氛。

8. 根据权利要求6所述的一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;其特征在于:

步骤二中,化学气相渗透所用碳源气体选自甲烷、丙稀、丙烷或者天然气中的至少一种,化学气相渗透所用稀释气体选自氮气、氢气中的至少一种,碳源气体与稀释气体之比为1:(1~3),化学气相渗透的时间为200~340小时,化学气相渗透的温度为950~1200℃;

步骤二中,树脂浸渍-炭化处理所用原材料为沥青或液态树脂,浸渍时,控制温度为80~100℃;炭化时,控制温度为850~900℃。

9. 根据权利要求6所述的一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;其特征在于:

步骤三中,所述零价Cu为铜粉;所述零价Cr为铬粉;所述零价Si为硅粉;

所述铜粉的纯度≥99%,平均粒度为0.05~0.075mm;

所述铬粉的纯度 $\geq 99\%$,平均粒度为0.05~0.075mm;

所述硅粉的纯度 $\geq 99\%$,平均粒度为0.01~0.1mm。

10. 根据权利要求6所述的一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;其特征在于:步骤四中,在保护气氛下进行非浸泡式熔融浸渗;非浸泡式熔融浸渗时,控制压力为0.001MPa~0.002MPa、时间为2.0~3.5h。

一种含铬熔渗粉及其在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用

技术领域

[0001] 本发明公开了一种含铬熔渗粉及其在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;属于新材料技术领域。

背景技术

[0002] 列车制动盘材料曾采用过普通铸钢、普通铸铁、低合金铸铁等,此后又相继研究开发了合金铸钢、锻钢、蠕墨铸铁等。铸铁制动盘强度低,在使用过程中容易产生疲劳裂纹;铸钢盘也存在摩擦表面热裂纹和制动盘容易变形脱落等问题;合金锻钢制动盘在长期使用过程中,由于热疲劳、高温蠕变、高温氧化及磨损等外载效应作用,容易发生龟裂、磨损和裂纹扩展破坏。

[0003] 由于列车速度的不断提高及轻量化的需要,盘形制动装置性能须进一步高速化、轻量化,传统的摩擦材料难以满足,为此研究开发了高耐热性、低密度炭/炭摩擦材料和炭/陶摩擦材料。

[0004] 炭/炭摩擦材料密度低、制动能量高,同时具有优异的抗热冲击性和高温强度。上世纪八十年代,日本铁道综合技术研究所对炭/炭复合材料制动盘进行了大量的实验室试验,并在新干线上进行了装车试运行;同期,法国在下一代的TGV高速列车上进行了炭/炭复合材料制动盘的装车实验。但炭/炭摩擦材料仍存在湿态下摩擦系数稳定性差、制造成本昂贵、运营成高等问题。

[0005] 针对炭/炭摩擦材料上述问题,人们开发出炭/陶摩擦材料。炭/陶摩擦材料是在炭/炭摩擦材料基础上浸渗硅,使其表面产生化学稳定性高的SiC,其内部碳纤维承载。炭/陶摩擦材料具有材料化学稳定性高、摩擦特性良好的优点,解决了在炭/炭摩擦材料高热环境条件下氧化导致摩擦因数降低的难题。然而由于炭/陶摩擦材料导热系数较低,高速制动时摩擦面会出现局部温度过高,从而导致摩擦系数不稳定。为此发明人发明了“一种铜硅合金改性炭/陶摩擦材料的制备方法”(申请号201010300558.3),采用非浸泡式熔融浸渗的方法制得材料,通过铜硅合金来提高材料的导热性能。然而,上述发明虽通过基体中引入高热导率的铜或铜硅合金较大程度上提高了材料的导热性,但仍存在以下几个问题:(1)铜硅合金改性炭/陶摩擦材料虽能够满足300~350km/h高速列车制动要求,但是随着制动速度的进一步提高,铜硅合金受制动高温影响将出现反渗,致使材料强度和摩擦系数大幅度降低,同时材料磨耗量大幅增加。(2)铜硅合金改性炭/陶摩擦材料制备过程中未能抑制基体中SiC颗粒长大,粗大的SiC颗粒在高速制动时易剥落夹杂在摩擦表面损伤对偶。(3)由于铜硅合金硬度较低且其对C的润湿性较差,制备较大尺寸制动盘过程中,铜硅合金熔渗均一差,加工难度大。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明提供一种含铬熔渗粉及其在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用。

[0007] 本发明一种含铬熔渗粉,所述含铬熔渗粉包含Cu、Cr、Si;其中Cu、Cr、Si的质量比为Cu:Cr:Si=(35~50):(25~55):(40~60)。

[0008] 本发明一种含铬熔渗粉,所述含铬熔渗粉由Cu、Cr、Si按质量比(35~50):(25~55):(40~60)组成。

[0009] 作为优选方案,本发明一种含铬熔渗粉,按重量比,Cu:Cr:Si=(35~45):25:(40~45)。

[0010] 作为进一步的优选方案,本发明一种含铬熔渗粉,按重量比,Cu:Cr:Si=45:25:40。

[0011] 作为进一步的优选方案,本发明一种含铬熔渗粉,按重量比,Cu:Cr:Si=35:25:45。

[0012] 本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;包括下述步骤:

[0013] 步骤一碳纤维预制体高温热处理

[0014] 在1500~2300℃对预制体进行高温热处理,得到热处理后的碳纤维预制体;所述预制体的密度为0.2~0.65g/cm³;

[0015] 步骤二碳纤维预制体致密化

[0016] 对步骤一所得热处理后的碳纤维预制体进行致密化处理,得到密度为1.2~1.5g/cm³的炭/炭多孔体材料;所述致密化处理包括化学气相渗透处理和/或树脂浸渍-炭化处理;

[0017] 步骤三熔渗粉配制

[0018] 按重量比,Cu:Cr:Si=(35~50):(25~55):(40~60)配取零价Cu、零价Cr、零价Si,混合均匀得到熔渗粉;

[0019] 步骤四非浸泡式熔融浸渗

[0020] 按重量比,熔渗粉:炭/炭多孔体材料=3.5:(1~2),分别配取步骤三所得熔渗粉和步骤二所得炭/炭多孔体材料;将所配取的炭/炭多孔体材料置于熔渗粉上并于1700~2000℃进行非浸泡式熔融浸渗;得到密度为1.9~2.6g/cm³的铜铬硅改性炭/陶摩擦材料。

[0021] 本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤一中,所述预制体为针刺碳纤维整体毡。

[0022] 作为优选方案,本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤一中,高温热处理的温度为1800~2200℃,时间为4~8小时,气氛为保护气氛。所述保护气氛优选为氩气气氛。在应用时,控制高温热处理过程中炉内的压力为微正压;所述微正压为0.001MPa~0.002MPa。

[0023] 本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤一中,高温热处理能缓解碳纤维预制体在编织过程中产生的应力,并去除碳纤维束表面的胶及编织过程中引入的有机纤维丝。

[0024] 本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤二中,所述致密化处理包括化学气相渗透处理和/或树脂浸渍-炭化处理;化学气相渗透处理和/或树脂浸渍-炭化处理主要目的是在碳纤维预制体表面和内部均匀生成适量的基体炭,进而得到密度为1.2~1.5g/cm³的低密度碳纤维增强基体炭的C/C多孔体材料。

[0025] 本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤二中,化学气

相渗透所用碳源气体选自甲烷、丙稀、丙烷或者天然气中的至少一种,化学气相渗透所用稀释气体选自氮气、氢气中的至少一种,碳源气体与稀释气体之比为1:(1~3),化学气相渗透的时间为200~340小时,化学气相渗透的温度为950~1200℃。

[0026] 本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤二中,树脂浸渍-炭化处理所用原材料为沥青或液态树脂,浸渍时,控制温度为80~100℃;炭化时,控制温度为850~900℃。

[0027] 作为优选方案,本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤三中,所述零价Cu为铜粉;所述零价Cr为铬粉;所述零价Si为硅粉。

[0028] 作为进一步的优选方案,所述铜粉的纯度 $\geq 99\%$,平均粒度为0.05~0.075mm。所述铬粉的纯度 $\geq 99\%$,平均粒度为0.05~0.075mm。所述硅粉的纯度 $\geq 99\%$,平均粒度为0.01~0.1mm。

[0029] 在应用时,通过混料机将铜粉、铬粉、硅粉混合均匀,混合时间为1~5小时。

[0030] 作为优选方案,本发明步骤四中,在保护气氛下进行非浸泡式熔融浸渗;非浸泡式熔融浸渗时,控制压力为0.001MPa~0.002MPa、时间为2.0~3.5h。所述保护气氛优选为氩气气氛。

[0031] 本发明一种含铬熔渗粉在铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中的应用;步骤四中,将配取的熔渗粉置于石墨坩锅中,将配取的炭/炭多孔体材料平铺于石墨坩锅中的熔渗粉上,于高温真空炉中进行非浸泡式熔融浸渗,通过Si与C、Si与Cr及Si与Cu的反应复合成一体,得到密度为1.9~2.6g/cm³的铜铬硅改性炭/陶摩擦材料;非浸泡式熔融浸渗时,控制温度为1700~2000℃、优选为1800~1900℃。

[0032] 本发明由于采用上述技术方案,对碳纤维预制体进行高温热处理后采用快速化学气相渗透法和/或树脂浸渍-炭化进行致密化,制得低密度的炭/炭多孔体材料,熔渗粉经V型混料机混合后各组元均一性好,然后采用非浸泡式熔融浸渗技术对炭/炭多孔体材料同时进行Si、Cr、Cu共渗,通过Si与C、Si与Cr及Si与Cu的反应复合成一体制得铜铬硅改性炭/陶摩擦材料。非浸泡式熔融浸渗过程中,混合均匀的熔渗粉高温使Si粉、Cr粉、Cu粉熔化,形成均一的Cu-Cr-Si合金熔体。由于Cu与炭材料既不润湿也不发生反应,Cr与炭材料反应但润湿性一般,Si与炭材料的润湿角接近为0同时也易与炭材料和Cr反应,因此熔融的合金熔体中的Si和Cr可以迅速渗入炭/炭多孔体材料,并在表面铺展开来与炭材料快速反应生成SiC和硅化铬,快速反应生成的硅化铬能有效的抑制SiC晶粒的长大,由于SiC晶粒得到了很好的控制,使得材料在使用过程中尽可能的保护对偶,进而延长整套设备的使用寿命。与此同时,Cu与炭的界面转化成Cu与硅的界面,由于Cu与硅的润湿性较好,因此液Cu能渗入炭/炭多孔体材料与液硅反应生成铜硅合金,少量未反应的熔融硅残留在炭/陶摩擦材料中,残留Si、生成的SiC、生成的硅化铬和铜硅合金填充满了预制体的孔隙,使得所制备材料表现出了优异的摩擦性能。

[0033] 本发明所设计的铜铬硅改性炭/陶摩擦材料中,填充物硬度适中、熔点较高是一种耐高温综合性能优异的摩擦组元,所引入的适量铬既是一种很好的促渗剂,又是一种良好的SiC晶粒抑制剂。通过适量各组分的协同作用不仅解决现有金属改性炭陶高温制动反渗的问题,而且还保护了对偶;同时通过适量各组分的协同作用,使得填充物熔渗均一性好,所得成品硬度适中,适合生产大尺寸制动盘和机械加工。

[0034] 本发明与现有技术相比,优点及其效果体现在:

[0035] (1) 本发明在国内外首次将铜铬硅引入炭/陶摩擦材料,其生产工艺简单易控,熔渗均一性好,可制备大尺寸制动盘。

[0036] (2) 本发明通过控制Cu、Cr、Si含量可以控制基体中SiC的含量及Si和Cu、Cr反应生成化合物的结构,从而实现对材料微观结构和性能的控制。

[0037] (3) 本发明通过在炭/陶摩擦材料中引入铜铬硅,不仅在材料引入了新的导热组元和摩擦组元、提高材料导热性能,而且促进合金熔渗,控制了基体中SiC晶粒尺寸,进而解决了改性金属高温制动反渗的问题以及机械加工难的问题。

[0038] (4) 本发明设计和制备的铜铬硅改性炭/炭-SiC摩擦材料具有优良的导热性能,优化了炭/陶材料的高速制动下摩擦磨损性能,同时还保持了材料改性前的高强度、耐高温和耐腐蚀等特点,在飞机、高速列车和汽车等军民领域具有广阔的应用前景。

附图说明

[0039] 附图1为本发明实施例1所得产物的金相照片。

[0040] 图1中,1为碳纤维及基体碳、2为SiC、3为硅化铬、4为铜硅合金。从图1中可以看出碳纤维束之间的孔隙由残留Si、SiC、硅化铬和铜硅合金填充完全。

具体实施方式

[0041] 下面结合实施例对本发明作进一步说明。

[0042] 实施例1

[0043] (1) 采用密度为0.45g/cm³的碳纤维整体毡为预制体;

[0044] 在氩气保护气氛下将预制体进行2200℃高温热处理,保温时间:4小时;

[0045] (2) 采用丙稀为碳源气,氢气为稀释气,丙稀与氢气的体积比为1:3,采用等温化学气相渗透法对经步骤(1)处理的预制体在1000℃下沉积热解炭,沉积200小时后制得密度为1.35g/cm³的低密度炭/炭多孔体材料;

[0046] (3) 将纯度≥99%,平均粒度为0.01~0.1mm的Cu粉、纯度≥99%,平均粒度为0.05~0.075mm的Cr粉,纯度≥99%、平均粒度为0.05~0.075mm的Si粉按质量比45:25:40进行配比后,经V型混料机混料3小时混合均的Si粉、Cr粉、Cu粉混合粉末,取炭/炭多孔体质量的3.5倍的混合粉末均匀混合后置于石墨坩锅中并抹平;

[0047] (4) 将经步骤(2)所得低密度炭/炭多孔体材料平铺于经步骤(3)所得石墨坩锅中的粉末上,在高温真空炉中进行非浸泡式熔融浸渗制得编号为A的铜硅合金改性炭/炭-SiC摩擦材料,浸渗温度为1800℃,保温时间为2.0小时。

[0048] 实施例2:

[0049] (1) 采用密度为0.55g/cm³的碳纤维整体毡为预制体;

[0050] 在氩气保护气氛下将预制体进行1600℃高温热处理,保温时间:6小时;

[0051] (2) 采用天然气为碳源气,氢气为稀释气,丙稀与氢气的体积比为1:3,采用热梯度化学气相渗透法在1100℃下对经步骤(1)处理的预制体沉积热解炭,沉积250小时后制得密度为1.40g/cm³的低密度炭/炭多孔体材料,随后采用呋喃树脂浸渍,炭化后制得密度为1.45g/cm³的低密度炭/炭多孔体材料,浸渍温度为100℃,炭化温度为900℃;

[0052] (3) 将纯度 $\geq 99\%$, 平均粒度为 $0.01\sim 0.1\text{mm}$ 的Cu粉和纯度 $\geq 99\%$, 纯度 $\geq 99\%$ 、平均粒度为 $0.05\sim 0.075\text{mm}$ 的Cr粉, 平均粒度为 $0.05\sim 0.075\text{mm}$ 的Si粉按质量比 $35:25:45$:进行配比后, 取炭/炭多孔体质量的 3.5 倍经V型混料机混料 4 小时混合均的Si粉、Cr粉、Cu粉混合粉末, 均匀混合后置于石墨坩锅中并抹平;

[0053] (4) 将经步骤(2)所得低密度炭/炭多孔体材料平铺于经步骤(3)所得石墨坩锅粉末上, 在高温真空炉中进行非浸泡式熔融浸渗制得编号为B的铜铬硅改性炭/陶摩擦材料, 浸渗温度为 1900°C , 保温时间为 3.0 小时。

[0054] 对比例1

[0055] (1) 采用密度为 $0.36\text{g}/\text{cm}^3$ 的碳纤维整体毡为预制体; 在氩气保护气氛下将预制体进行 1600°C 高温热处理, 保温时间: 6 小时;

[0056] (2) 采用天然气为碳源气, 氢气为稀释气, 丙稀与氢气的体积比为 $1:3$, 采用热梯度化学气相渗透法在 1000°C 下对经步骤(1)处理的预制体沉积热解炭, 沉积 60 小时后制得密度为 $0.84\text{g}/\text{cm}^3$ 的低密度C/C多孔体材料, 随后采用呋喃树脂浸渍, 炭化后制得密度为 $1.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的低密度C/C多孔体材料, 浸渍温度为 100°C , 炭化温度为 850°C ;

[0057] (3) 将纯度 $\geq 99\%$, 平均粒度为 $0.01\sim 0.1\text{mm}$ 的Cu粉和纯度 $\geq 99\%$, 平均粒度为 $0.05\sim 0.075\text{mm}$ 的Si粉按质量比 $1:1$ 进行配比后, 取C/C多孔体质量的 1.5 倍Si粉和Cu粉混合粉末, 均匀混合后置于石墨坩锅中并抹平。

[0058] (4) 将经步骤(2)所得低密度C/C多孔体材料平铺于经步骤(3)所得石墨坩锅粉末上, 在高温真空炉中进行非浸泡式熔融浸渗制得编号为对比样1的铜硅合金改性C/C-SiC摩擦材料, 浸渗温度为 1800°C , 保温时间为 2.0 小时。

[0059] 对比例2

[0060] 其他条件均于实施例2一致, 唯一不同之处在于没有采用Cu粉, 其所的样品标记为对比样2, 对比样2的性能检测见表1。

[0061] 对比例3

[0062] 其他条件均于实施例2一致, 唯一不同之处在于: Cu粉:Cr粉:Si粉= $35:10:45$, 其所的样品标记为对比样3, 对比样3的性能检测见表1。

[0063] 测试方法和条件

[0064] 采用阿基米德排水法测试铜铬硅改性炭/炭-SiC摩擦材料的密度和开孔率。利用JR-3型激光导热仪测量材料垂直于无纬布的铺层方向(即垂直于摩擦面)的热扩散率, 在国产NETZSCHLFA 427型激光导热仪上测试材料的导热系数。在CSS-44100万能材料试验机上按照QC/HSC3309标准测试了材料垂直于摩擦面的弯曲强度。在MM-3000型摩擦磨损试验机上进行模拟制动实验, 按照GB13826-98进行测试; 摩擦试环的尺寸为外径 75mm , 内径 53mm , 高 16mm , 采用 30CrMoSiVA 合金钢作对偶; 实验条件为: 转速 $6500\text{r}/\text{min}$, 转动惯量 0.25KgM^2 , 制动压力 0.6MPa 。

[0065] 表1为实施例1~2所制得的A、B二种铜铬硅改性炭/陶摩擦材料与对比样的主要性能指标。从表1可以看出, 相对于对比样1所得炭/陶摩擦材料, 本发明所制得的铜铬硅改性炭/陶摩擦材料具有优异的热性能, 同时仍具有良好的抗弯性能和摩擦磨损性能。通过实施例和对比例可以看出, 当熔渗粉的比例范围不在本发明所限定范围内时, 其所得产品的性能远远差于本发明所取得效果。

[0066] 表1铜硅合金改性炭/炭-SiC摩擦材料及对比样的主要性能指标

[0067]

试样编号	体积密度 [g/cm ³]	扩散率 [cm ² s ⁻¹]	导热率 [μm]	弯曲强度 [MPa]	摩擦 系数	线性磨损 [μm 面 ⁻¹ 次 ⁻¹]	
						炭陶	对偶件
A	2.45	0.43	40.0	180.4	0.38	0.30	2.00
B	2.46	0.50	41.2	190.1	0.37	0.50	1.90
对比样 1	2.36	0.42	37.3	143.4	0.28	0.50	4.43
对比样 2	1.89	0.25	30.1	145.1	0.30	0.65	4.02
对比样 3	2.20	0.30	34.2	138.2	0.27	0.60	3.78

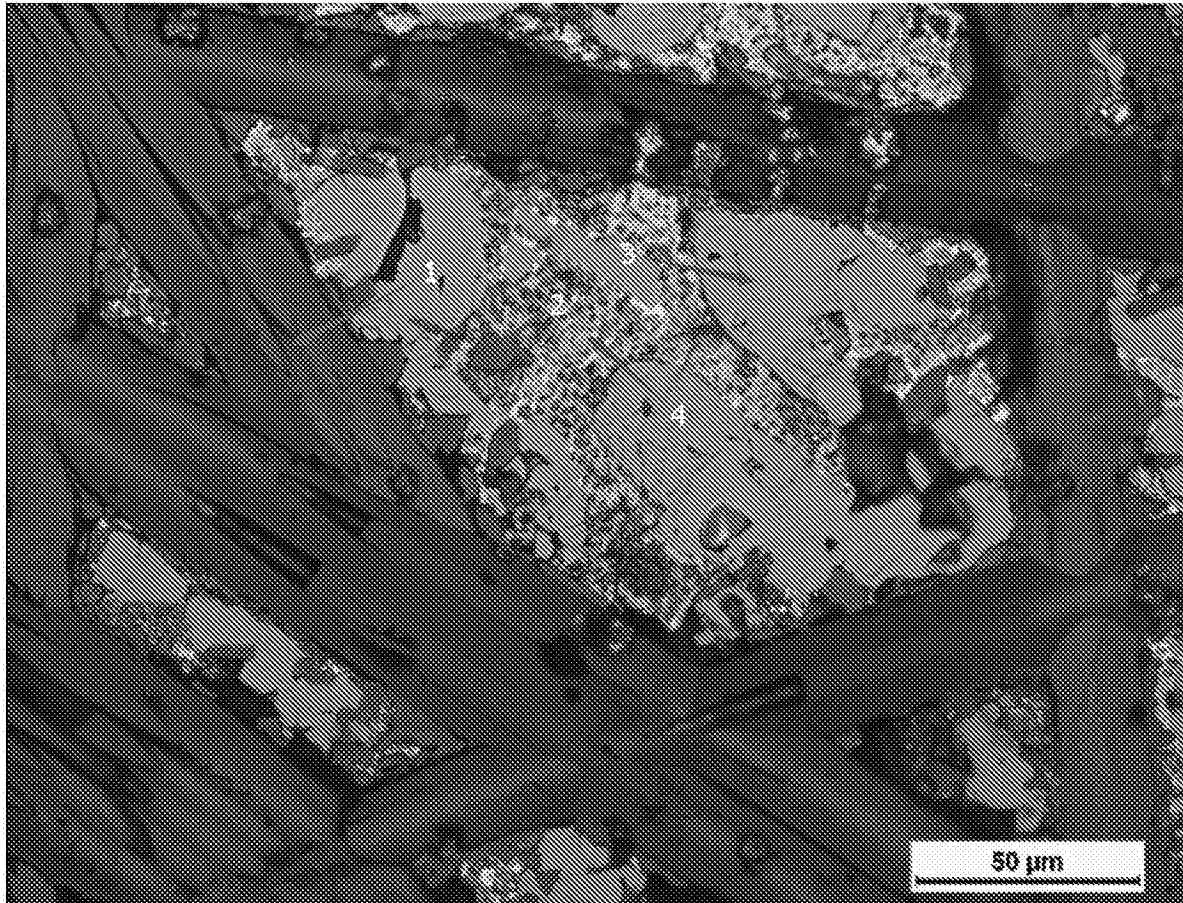


图1