



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114210966 A

(43) 申请公布日 2022.03.22

(21) 申请号 202111510085.4

F16D 69/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.10

(71) 申请人 西安航空制动科技有限公司

地址 713106 陕西省咸阳市兴平市西城区
金城路

(72) 发明人 刘联军 徐保海 李利

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 慕安荣

(51) Int. Cl.

B22F 1/10 (2022.01)

B22F 1/145 (2022.01)

B22F 9/04 (2006.01)

B22F 3/14 (2006.01)

B22F 7/08 (2006.01)

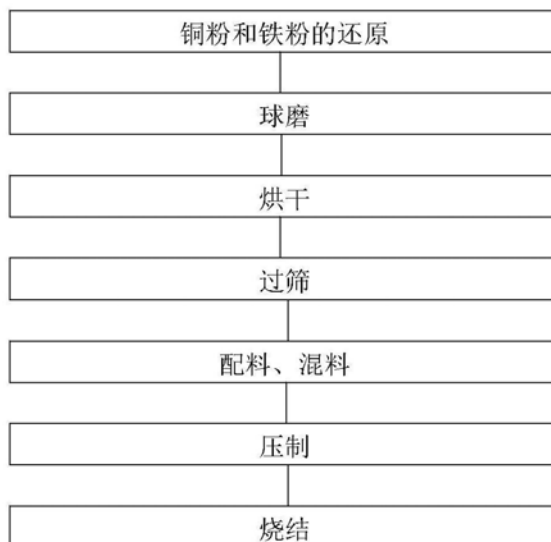
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料及制备方法

(57) 摘要

一种具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料及制备方法,优化了材料的组分及制备工艺,发挥了铜合金基体、润滑组元、固体组元的系统匹配效应,得到的铜基粉末冶金摩擦材料具有强度高、膨胀率低、变形量小和耐磨性良好的优点,使该摩擦材料的摩擦系数的波动范围不超过±5%,平均摩擦系数 $0.31 \leq \mu_{cp} \leq 0.34$,摩擦系数的波动范围不超过平均摩擦系数的±5%,摩擦材料线性磨损量 $\leq 0.0038\text{mm}/\text{面} \cdot \text{次}$ 。本发明得到的摩擦材料具有良好机械强度,适用于正压力为2.032KN,速度为75m/s的工况条件,具有强度高、膨胀率低、变形量小、耐磨性良好等优点,并且使用中未出现摩擦层脱落、掉块、卡滞、粘结等现象,制动曲线平稳,制动过程稳定可靠。



1. 一种具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料,其特征在于,由48~52%的电解铜粉、18~24%的还原铁粉、12~16%的石墨、3~6%的铬铁合金、2~4%的三氧化二铝、2~4%的钼粉、2~5%的沉淀硫酸钡和3~6%的聚乙烯醇粉组成;所述的百分比为质量百分比。

2. 如权利要求1所述具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料,其特征在于,所述电解铜粉中Cu的含量 $\geq 99.8\%$;所述还原铁粉中Fe的含量 $\geq 98.5\%$;所述石墨中C的含量 $\geq 99.99\%$;该石墨为+80目鳞片状;所述铬铁合金中的Cr $\geq 60\%$;所述钼粉中的 $\text{MoS}_2 \geq 99\%$;所述三氧化二铝中的 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 99\%$;所述沉淀硫酸钡中 $\text{BaSO}_4 \geq 98\%$;所述聚乙烯醇粉末中的 $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n \geq 90.5\%$ 。

3. 一种制备权利要求1所述具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料,其特征在于,具体过程是:

步骤1,铜粉和铁粉的还原:

将铜粉和铁粉分别置于还原炉中进行还原反应;

步骤2,球磨:

将还原合格的铜粉和铁粉分别放入球磨机中球磨0.5~1h;钢球:铜粉=钢球:铁粉=10:1;所述的比例为重量比;

步骤3,烘干:

将石墨粉、钼粉、硅铬合金、硫酸钡粉分类放入烘箱内,将该烘箱升温120~150℃条件下保温3.0~6.0h,以去除上述各种粉末中的水分;

所述烘箱的升温时间为30min;

步骤4,过筛:

将烘干的铬铁合金粉、石墨粉、硫酸钡、三氧化二铝粉分别进行过筛,取-200目的铬铁合金粉、+80目的石墨粉、-400目的硫酸钡粉和-100目的三氧化二铝粉备用;

步骤5,配料、混料:

按述质量百分比依次称取电解铜粉、还原铁粉、石墨%、铬铁合金、三氧化二铝、钼粉、沉淀硫酸钡和聚乙烯醇粉,将称取的物料与混合油在转速为40~50r/min的双锥型混料机中混合20~24h;得到混合料;

步骤6,压制:

根据产品的设计要求称取得到的混合料并倒入模具中,刮平并冷压成型,得到多个密度 $5.8 \sim 6.5 \text{g/cm}^3$ 的铜基粉末冶金摩擦材料的压坯;

步骤7,烧结:

将得到的各铜基粉末冶金摩擦材料的压坯与钢背分别组装成组装件;将叠放后的组装件装入加压烧结炉中进行烧结,得到铜基粉末冶金摩擦材料。

4. 如权利要求3所述制备具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的方法,其特征在于,具体过程是:在对所述铜粉进行还原反应时,还原温度为380~450℃,升温速率为150℃/h;在对所述铁粉进行还原反应时,还原温度为620~700℃,升温速率为200℃/h;铜粉与铁粉的还原反应的保温时间均为2~3h。

5. 如权利要求3所述制备具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的方法,其特征在于,所述球磨的钢球中,大球的直径为96mm,小球的直径为40mm,并且大球:小球=3:1,

所述的比例为重量比。

6. 如权利要求3所述制备具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的方法,其特征在于,所述各配料的总和与该混合油的比例为1:10;所述比例为重量比;其中该配料的重量单位为kg,该混合油的重量单位为ml。

7. 如权利要求6所述制备具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的方法,其特征在于,所述混合油为汽油与机油的混合物;该汽油:机油=1:1;所述比例为重量比。

8. 如权利要求3所述制备具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的方法,其特征在于,所述冷压成型中,铁基粉末冶金摩擦材料压坯单位面积承受的压力为500~600MPa,保压时间10s。

9. 如权利要求3所述制备具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的方法,其特征在于,烧结时,对加压烧结炉在通氢气或氨分解气的条件下以5°C/min升温至120°C并保温1.5~2h;保温结束后以2°C/min升温至700°C保温1.5~2h;继续以5°C/min升温至烧结温度860~890°C,加压至烧结压力为0.5~0.7/MPa并保压保温3~5h;烧结结束后,水冷却到60°C以下卸压,出炉。

10. 如权利要求3所述制备具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的方法,其特征在于,所述铜基粉末冶金摩擦材料的硬度为35~42HRF,平均摩擦系数为0.31~0.34,摩擦系数波动范围为3.03~4.61,磨损率为0.0024~0.0038mm/面.次。

具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及粉末冶金铜基刹车材料领域,具体是一种高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 在粉末冶金摩擦材料中以铜为基体的摩擦材料因其优良的产品特性被广泛地应用在机械加工、交通运输和航空航海等领域。然而现有的铜基摩擦材料仍存在硬度低、磨损率高等问题,尤其是在高速制动过程中出现摩擦系数的波动范围超出了 $\pm 10\%$ 的现象,造成制动距离不稳定,从而出现较高的危险系数。因此制备出摩擦系数适中且制动稳定的铜基粉末冶金摩擦材料具有重大的意义。

[0003] 在公开号为CN108907177A的发明创造中提出了一种用于高速列车制动用的铜基粉末冶金摩擦材料,仅描述了其制备工艺和材料组分,验证材料的摩擦试验结果单一,仅有摩擦系数和平均磨耗量,未说明其摩擦稳定性。

[0004] 在公开号为CN106641049的发明创造中公开了一种采用玄武岩纤维制备刹车片的方法,这种刹车片可减小刹车片金属组分的含量和降低刹车片的噪音和磨耗,但未对摩擦系数的波动范围说明。

[0005] 在公开号为CN106011520A的发明创造中提出了一种离合器用干式铜基粉末冶金摩擦材料,经摩擦试验验证该材料的摩擦系数的稳定系数为0.59,但是未标明摩擦系数的波动范围。

[0006] 在公开号为CN104480342A的发明创造中公开了一种高摩擦系数耐腐蚀铜基刹车材料及其制备方法,其材料最大承受荷载为6.6MPa,动摩擦系数在0.32~0.37之间,但未说明其摩擦稳定性。

[0007] 在公开号为CN109988937A和CN109513939A的发明创造中仅提出了一种铜基粉末冶金材料的制备工艺,未对制备的铜基材料进行试验验证,无法说明制备的铜基材料是否满足产品技术要求。

发明内容

[0008] 为解决铜基粉末冶金摩擦材料的摩擦稳定性,本发明提出了一种具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料及制备方法。

[0009] 本发明提出的具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料由48~52%的电解铜粉、18~24%的还原铁粉、12~16%的石墨、3~6%的铬铁合金、2~4%的三氧化二铝、2~4%的钼粉、2~5%的沉淀硫酸钡和3~6%的聚乙烯醇粉组成;所述的百分比为质量百分比。

[0010] 所述电解铜粉中Cu的含量 $\geq 99.8\%$ 。所述还原铁粉中Fe的含量 $\geq 98.5\%$ 。所述石墨中C的含量 $\geq 99.99\%$;该石墨为+80目鳞片状。所述铬铁合金中的Cr $\geq 60\%$ 。所述钼粉中的MoS₂ $\geq 99\%$ 。所述三氧化二铝中的Al₂O₃ $\geq 99\%$ 。所述沉淀硫酸钡中BaSO₄ $\geq 98\%$ 。所述聚

乙烯醇粉末中的 $(C_2H_4O)_n \geq 90.5\%$ 。

[0011] 本发明提出的制备所述具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料的具体过程是：

[0012] 步骤1,铜粉和铁粉的还原：

[0013] 将铜粉和铁粉分别置于还原炉中进行还原反应；

[0014] 在对所述铜粉进行还原反应时,还原温度为 $380\sim 450^\circ\text{C}$,升温速率为 $150^\circ\text{C}/\text{h}$;在对所述铁粉进行还原反应时,还原温度为 $620\sim 700^\circ\text{C}$,升温速率为 $200^\circ\text{C}/\text{h}$;铜粉与铁粉的还原反应的保温时间均为 $2\sim 3\text{h}$ 。

[0015] 步骤2,球磨：

[0016] 将还原合格的铜粉和铁粉分别放入球磨机中球磨 $0.5\sim 1\text{h}$ 。钢球:铜粉=钢球:铁粉=10:1。所述的比例为重量比。

[0017] 所述球磨的钢球中,大球的直径为 96mm ,小球的直径为 40mm ,并且大球:小球=3:1,所述的比例为重量比。

[0018] 步骤3,烘干：

[0019] 将石墨粉、钼粉、硅铬合金、硫酸钡粉分类放入烘箱内,将该烘箱升温 $120\sim 150^\circ\text{C}$ 条件下保温 $3.0\sim 6.0\text{h}$,以去除上述各种粉末中的水分。

[0020] 所述烘箱的升温时间为 30min 。

[0021] 步骤4,过筛：

[0022] 将烘干的铬铁合金粉、石墨粉、硫酸钡、三氧化二铝粉分别进行过筛,取-200目的铬铁合金粉、+80目的石墨粉、-400目的硫酸钡粉和-100目的三氧化二铝粉备用。

[0023] 步骤5,配料、混料：

[0024] 按述质量百分比依次称取电解铜粉、还原铁粉、石墨%、铬铁合金、三氧化二铝、钼粉、沉淀硫酸钡和聚乙烯醇粉,将称取的物料与混合油在转速为 $40\sim 50\text{r}/\text{min}$ 的双锥型混料机中混合 $20\sim 24\text{h}$;得到混合料。

[0025] 所述各配料的总和与该混合油的比例为1:10;所述比例为重量比。其中该配料的重量单位为 kg ,该混合油的重量单位为 ml 。所述混合油为汽油与机油的混合物;该汽油:机油=1:1;所述比例为重量比

[0026] 步骤6,压制：

[0027] 根据产品的设计要求称取得到的混合料并倒入模具中,刮平并冷压成型,得到多个密度 $5.8\sim 6.5\text{g}/\text{cm}^3$ 的铜基粉末冶金摩擦材料的压坯。

[0028] 所述冷压成型中,铁基粉末冶金摩擦材料压坯单位面积承受的压力为 $500\sim 600\text{MPa}$,保压时间 10s 。

[0029] 步骤7,烧结：

[0030] 将得到的各铜基粉末冶金摩擦材料的压坯与钢背分别组装成组装件。将叠放后的组装件装入加压烧结炉中进行烧结,得到铜基粉末冶金摩擦材料。

[0031] 烧结时,对加压烧结炉在通氢气或氨分解气的条件下以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温至 120°C 并保温 $1.5\sim 2\text{h}$;保温结束后以 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温至 700°C 保温 $1.5\sim 2\text{h}$;继续以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温至烧结温度 $860\sim 890^\circ\text{C}$,加压至烧结压力为 $0.5\sim 0.7/\text{MPa}$ 并保压保温 $3\sim 5\text{h}$ 。烧结结束后,水冷却到 60°C 以下卸压,出炉。

[0032] 得到的所述铜基粉末冶金摩擦材料的硬度为35~42HRF,平均摩擦系数为0.31~0.34,摩擦系数波动范围为3.03~4.61,磨损率为0.0024~0.0038mm/面·次。

[0033] 本发明通过对铜基粉末冶金摩擦材料的配方进行调整,研制出摩擦系数的波动范围不超过±5%并具有一定强度,并且具有高稳定摩擦系数的铜基粉末冶金摩擦材料。该摩擦材料的平均摩擦系数 $0.31 \leq \mu_{cp} \leq 0.34$,摩擦系数的波动范围不超过平均摩擦系数的±5%,摩擦材料线性磨损量 $\leq 0.0038\text{mm/面} \cdot \text{次}$ 。

[0034] 与现有技术相比较,本发明取得的有益效果是:

[0035] 1.本发明利用粉末冶金制备技术,科学地设计材料的各种成分组成,详细地给出了铜基粉末冶金摩擦材料各种原材料的配比及原材料还原、球磨、烘干、过筛、配料、混料、压制、烧结等整个生产过程中的工艺方案及参数。

[0036] 2.本发明通过科学设计材料的各种成分组成,发挥了铜合金基体、润滑组元、固体组元等系统匹配效应,提供了一种具有良好机械强度,适用于正压力为2.032KN,速度为75m/s的工况条件的一种高稳定摩擦系数铜基粉末冶金摩擦材料及其制备方法。

[0037] 3.按照本发明制造的粉末冶金铜基摩擦材料,具有强度高、膨胀率低、变形量小、耐磨性良好等优点。采用该粉末冶金铜基摩擦材料制成的摩擦层厚度小于5mm的制动零件与30CrMnSi (HRC34-42) 钢材料组成的摩擦副,在75m/s条件下使用时,摩擦系数均能达到 $0.31 \leq \mu_{cp} \leq 0.34$ 且摩擦系数的波动范围不超过平均摩擦系数的±5%,线性磨损量 $\leq 0.0038\text{mm/面} \cdot \text{次}$ 。如图3所示,从图中可以看出在一定的压力和转速下,当制备的铜基摩擦材料与摩擦对偶材料形成良好的摩擦接触后,该铜基摩擦材料的摩擦系数趋势较稳定,波动范围在不超过平均摩擦系数的±5%,满足产品技术要求。

[0038] 4.按照本发明制造的摩擦材料在摩擦过程未出现摩擦层脱落、掉块、卡滞、粘结等现象,曲线平稳,制动稳定可靠。

[0039] 5.本发明采用的有益效果在于聚乙烯醇,聚乙烯醇是一种不由单体聚合而是通过聚醋酸乙烯酯水解得到的水溶性聚合物。这种聚合物化学性质稳定,不但对铜基摩擦材料的组织不会产生影响,而且在高温条件下易挥发的特性使得组织中气孔分布均匀。

[0040] 6.本发明的有益效果在于通过持续升温再保温的方式,有效地排除了压坯中的聚乙烯醇并形成一定量的气孔,气孔可以高效地加快铜在高温条件下的扩散与流动性,从而使铜在摩擦材料中的分布更加均匀,提高了制动过程中的稳定性。如图2所示,图中铜基基体与其他组元紧密的连接在一起,并存在一定的孔隙,增大了铜基摩擦材料在摩擦过程中的热稳定性。

附图说明

[0041] 图1是本发明获得铜基摩擦材料试样。

[0042] 图2是本发明获得铜基摩擦材料的SEM图。

[0043] 图3是本发明获得的铜基粉末冶金摩擦材料制成的试样在惯量 $0.05\text{Kg} \cdot \text{m}^2$ 、正向压力2.032KN、半径0.032m、转速8061rpm下测定的摩擦磨损性能试验曲线;图中曲线 1是随刹车时间测定的摩擦系数曲线,曲线2是随刹车时间测定的转速曲线,曲线3 是刹车时给定的正向压力曲线。

[0044] 图4是经过摩擦试验后的铜基摩擦材料试样表面。

[0045] 图5是本发明的流程图。

具体实施方式

[0046] 本发明是一种高稳定摩擦系数铜基粉末冶金摩擦材料,由电解铜粉48~52%、还原铁粉18~24%、石墨12~16%、铬铁合金3~6%、三氧化二铝2~4%、钼粉2~4%、沉淀硫酸钡2~5%和聚乙烯醇粉3~6%组成,所述的百分比为质量百分比。

[0047] 本发明通过4个实施例具体说明其技术方案。各实施例的组分见表1:

[0048] 本发明提出的各实施实例的组分见表1,其中各组分含量为质量百分比(%)。

[0049] 表1

实施例	电解铜粉 (%)	还原铁粉 (%)	石墨 (%)	铬铁合金 (%)	钼粉 (%)	三氧化二铝 (%)	沉淀硫酸钡 (%)	聚乙烯醇粉 (%)
1	50	20	13	5	2	3	3	4
2	49	21	14	4	2	3	2	5
3	50	18	12	6	3	5	3	3
4	48	18	14	5	3	4	2	6

[0051] 所述电解铜粉中Cu的含量 $\geq 99.8\%$,执行标准为GB/T5246-2007。

[0052] 所述还原铁粉中Fe的含量 $\geq 98.5\%$,执行标准为GB/T4136-94。

[0053] 所述石墨中C的含量 $\geq 99.99\%$,执行标准为GB/T3518-95。该石墨为+80目鳞片状。

[0054] 所述铬铁合金中的Cr $\geq 60\%$,执行标准为GB/T 5683-2008

[0055] 所述钼粉中的MoS₂ $\geq 99\%$,执行标准为GB/T23271-2009。

[0056] 所述三氧化二铝中的Al₂O₃ $\geq 99\%$,执行标准为GB/T11200.2-2008。

[0057] 所述沉淀硫酸钡中BaSO₄ $\geq 98\%$,执行标准为GB/T2899-2008。

[0058] 所述聚乙烯醇粉末中的(C₂H₄O)_n $\geq 90.5\%$,执行标准GB/T19001-2016。

[0059] 本发明还提出了一种制备所述铜基粉末冶金摩擦材料的方法。

[0060] 制备所述铜基粉末冶金摩擦材料的具体过程是:

[0061] 步骤1,铜粉和铁粉的还原:将铜粉和铁粉分别置于还原炉中,对该还原炉升温,并以氢气作为保护气氛进行还原,以消除所述铜粉和铁粉中的氧含量及加工硬化现象。还原温度:铜粉为380~450℃,升温速率为150℃/h;铁粉为620~700℃,升温速率为200℃/h;铜粉与铁粉的还原反应的保温时间均为2~3h。

[0062] 得到还原后的铜粉和还原铁粉。合格的铜粉为玫瑰红色海绵状,铁粉为银灰色海绵状。

[0063] 本发明提出的各实施实例的还原温度工艺参数见表2:

[0064] 表2

实施例	1	2	3	4
铜粉的还原温度 °C	380	400	420	450
[0065] 铜粉的升温速率 °C/h	150°C/h			
铁粉的还原温度 °C	620	650	680	700
铁粉的升温速率 °C/h	200°C/h			

[0066] 步骤2,球磨:将还原合格的铜粉和铁粉分别放入球磨机中球磨0.5~1h。钢球:铜粉/铁粉=10:1。所述的比例为重量比。

[0067] 所述钢球包括大球与小球。该大球的直径为96mm,小球的直径为40mm,并且大球:小球=3:1,所述的比例为重量比。

[0068] 步骤3,烘干:将石墨粉、钼粉、硅铬合金、硫酸钡粉分类放入烘箱内,将该烘箱升温120~150°C条件下保温3.0~6.0h,以去除上述各种粉末中的水分。

[0069] 所述烘箱的升温时间为30min。

[0070] 本发明提出的各实施例的烘干工艺参数见表3:

[0071] 表3

实施例	1	2	3	4
[0072] 烘干温度 °C	120	130	140	150
保温时间 h	6	4	3.5	3
升温时间 min	30			

[0073] 步骤4,过筛:将烘干的铬铁合金粉、石墨粉、硫酸钡、三氧化二铝粉分别进行过筛,取-200目的铬铁合金粉、+80目的石墨粉、-400目的硫酸钡粉和-100目的三氧化二铝粉备用。

[0074] 步骤5,配料、混料:按所述质量百分比依次称取电解铜粉48~52%、还原铁粉 18~24%、石墨12~16%、铬铁合金3~7%、三氧化二铝2~4%、钼粉2~4%、沉淀硫酸钡2~5%和聚乙烯醇粉3~7%与混合油在双锥型混料机中混合20~24h,使其颗粒分布均匀;得到混合料。

[0075] 双锥型混合机转速为40~50r/min。

[0076] 所述各配料的总和与该混合油的比例为1:10;所述比例为重量比。其中该配料的重量单位为kg,该混合油的重量单位为ml。

[0077] 所述混合油为汽油与机油的混合物;该汽油:机油=1:1;所述比例为重量比。

[0078] 表4

实施例	1	2	3	4
[0079] 混合时间h	20	22	23	24
混合机转速r/min	40	43	46	50

[0080] 步骤6,压制:根据产品的设计要求称取得到的混合料并倒入模具中,用刮平器刮

平,在5000KN的液压机上冷压成型,得到密度 $5.8\sim 6.5\text{g}/\text{cm}^3$ 的铜基粉末冶金摩擦材料的压坯。所述冷压成型中,铁基粉末冶金摩擦材料压坯单位面积承受的压力为 $500\sim 600\text{MPa}$,保压时间10s。得到多个铜基粉末冶金摩擦材料的压坯。

[0081] 本发明提出的各实施例的压制工艺参数见表5:

[0082] 表5

实施例	1	2	3	4
压力MPa	500	530	550	600
保压时间s	10	10	10	10
密度 g/cm^3	5.8	6.0	6.2	6.5

[0084] 步骤7,烧结:将得到的各铜基粉末冶金摩擦材料的压坯与钢背分别组装成组装件。按现有技术将各组装件叠放形成料柱,并使各组装件之间用石墨垫板隔开。

[0085] 将叠放后的组装件装入加压烧结炉中进行烧结。

[0086] 对所述加压烧结炉在通氢气或氨分解气的条件下先以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温至 120°C 保温 $1.5\sim 2\text{h}$,以 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温至 700°C 保温 $1.5\sim 2\text{h}$,再以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温至烧结温度 $860\sim 890^\circ\text{C}$,加压至烧结压力为 $0.5\sim 0.7/\text{MPa}$ 并保压保温 $3\sim 5\text{h}$ 。烧结结束后,水冷却到 60°C 以下卸压,出炉,得到铜基粉末冶金摩擦材料。

[0087] 本发明提出的各实施例的烧结工艺参数见表6:

[0088] 表6

实施例	烧结温度 $^\circ\text{C}$	烧结压力 MPa	保压保温时间 h
1	860	0.7	5
2	870	0.65	3.5
3	880	0.6	4
4	890	0.5	3

[0091] 为验证本发明的效果,本发明模拟具体工况条件,通过试验以验证本发明的效果。

[0092] 所述试验机为MM-3000型摩擦磨损性能试验台;摩擦材料制品试样规格为 $S=21\text{cm}^2$, $r=0.032\text{m}$,其中S为试样的表面积,r为式样的半径;对偶材料为30CrMnSi,硬度HRF26~32。

[0093] 试验条件:摩擦材料制品 $J=0.05\text{kg}\cdot\text{m}^2$, $F=2.03\text{KN}$, $N=8061\text{rpm}$;其中J为惯量,F为正向压力,N为所述试验机转速。试验环境为干燥环境。

[0094] 试验结果为:通过在MM-3000型摩擦磨损性能试验台上进行摩擦磨损性能试验,本发明获得的铜基摩擦材料制成的试样在惯量 $0.05\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 、正向压力 2.032KN 、转速 8061rpm 的摩擦试验条件下,该铜基摩擦材料的平均摩擦系数在 $0.31\sim 0.34$ 之间,摩擦系数的波动范围不超过 $\pm 5\%$,单位面积吸收动能 $W_s\geq 1260.65\text{J}/\text{cm}^2$,平均制动距离 $s\leq 116.32\text{m}$,摩擦制动时间 $s\leq 2.89\text{s}$,摩擦材料线性磨损量 $\leq 0.0038\text{mm}/\text{面}\cdot\text{次}$,满足产品技术要求,可用于批量化工业生产。

[0095] 图4为经过摩擦试验后的铜基摩擦材料试样的表面。可以看出铜基摩擦材料表面完整,未出现表层剥落、掉块、卡滞、粘结等现象,产品性能稳定。

[0096] 按照上述各实施例中配方所生产的铜基粉末冶金摩擦材料主要物理机械性能下表 7所示:

[0097] 表7

[0098]

实施例	硬度HRF	平均摩擦系数	摩擦系数波动范围%	磨损率mm/面.次
1	35	0.31~0.33	3.12	0.0038
2	37	0.32~0.34	3.03	0.0035
3	42	0.31~0.34	4.61	0.0024
4	40	0.31~0.34	4.61	0.0028



图1

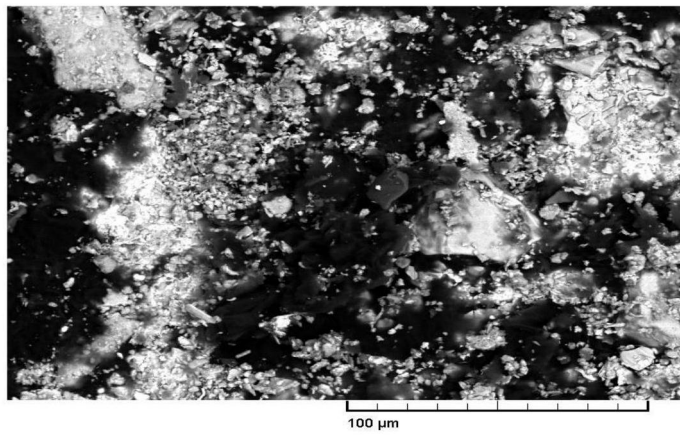


图2

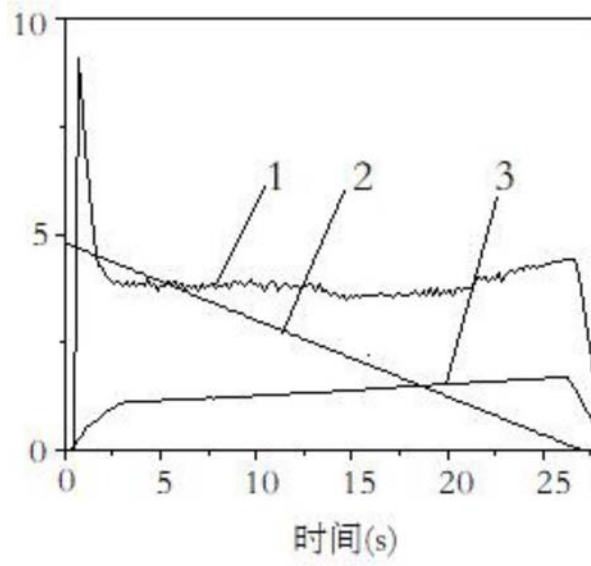


图3



图4

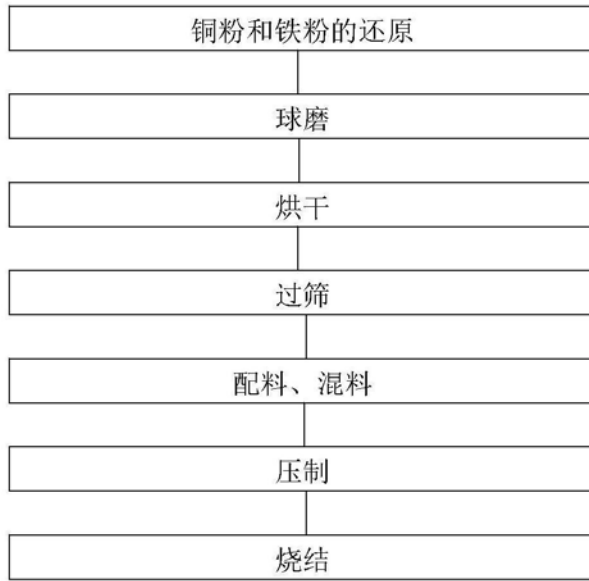


图5