



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106119720 A

(43)申请公布日 2016.11.16

(21)申请号 201610613042.1 *G22C 38/08*(2006.01)
(22)申请日 2016.07.28 *G22C 38/02*(2006.01)
(71)申请人 温州神一微型轴有限公司 *G22C 23/04*(2006.01)
地址 325608 浙江省温州市乐清市虹桥镇 *G22C 33/04*(2006.01)
里弄巷村 *G23C 2/04*(2006.01)
(72)发明人 邱朋清 叶耿标
(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务
所(普通合伙) 11350
代理人 汤东风
(51)Int.Cl.
G22C 38/12(2006.01)
G22C 38/16(2006.01)
G22C 38/06(2006.01)
G22C 38/18(2006.01)
G22C 38/04(2006.01)

权利要求书2页 说明书12页

(54)发明名称

一种微型轴及其制作方法

(57)摘要

本发明公开了一种微型轴及其制作方法。该微型轴包括轴体,按质量百分比计,轴体的成分为:碳1~1.5%,钼0.7~1.2%,钽0.3~0.5%,锡0.3~0.5%,纳米陶瓷粉末6~8%,钒0.2~0.5%,钨0.7~1.2%,锌10~13%,镁1.7~2%,铜8~10%,铝3~4%,硫0.01~0.03%,磷0.01~0.02%,铬4~6%,锰12~14%,硫酸钡0.7~0.8%,镍1~2%,硅0.3~0.4%,镉0.3~0.5%,锆0.3~0.5%,铈0.4~0.6%,余量为铁。本发明配方合理,各组分相互协同,轴体具有优异的硬度、强度、耐磨性、耐腐蚀性、抗氧化性、耐腐蚀性和延展性。

1. 一种微型轴,包括轴体,其特征在于,按质量百分比计,所述轴体的成分为:碳1~1.5%,钼0.7~1.2%,钇0.3~0.5%,锡0.3~0.5%,纳米陶瓷粉末6~8%,钒0.2~0.5%,钨0.7~1.2%,锌10~13%,镁1.7~2%,铜8~10%,铝3~4%,硫0.01~0.03%,磷0.01~0.02%,铬4~6%,锰12~14%,硫酸钡0.7~0.8%,镍1~2%,硅0.3~0.4%,镉0.3~0.5%,锆0.3~0.5%,铯0.4~0.6%,余量为铁。

2. 如权利要求1所述的微型轴,其特征在于,按质量百分比计,所述轴体的成分为:碳1.2%,钼0.9%,钇0.36%,锡0.41%,纳米陶瓷粉末7.2%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,镍1.6%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,铯0.49%,余量为铁。

3. 如权利要求1或2所述的微型轴,其特征在于,所述纳米陶瓷粉末的粒度为100~150目。

4. 如权利要求1或2所述的微型轴,其特征在于,所述轴体外还设有镀层,按质量百分比计,该镀层的成分为:锌15~18%,铝3~4%,钇0.3~0.5%,锡1.8~2.5%,镉0.6~0.8%,硒0.5~0.7%,钼3~3.5%,余量为镁。

5. 如权利要求4所述的微型轴,其特征在于,按质量百分比计,该镀层的成分为:锌16.8%,铝3.2%,钇0.35%,锡2.1%,镉0.74%,硒0.63%,钼3.2%,余量为镁。

6. 如权利要求1~3任一所述微型轴的制作方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:按预设的质量百分比,将锌、镁、铜、铝、铬、锰、钼、钨、硫酸钡和铁加入到真空熔炼炉中,抽真空至 $9\sim 9.5\times 10^{-2}$ Pa,并将炉温以 $15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$,停止抽真空并向真空熔炼炉中充入惰性气体至 $4\sim 4.2\times 10^4$ Pa,然后继续将炉温以 $25^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$,加入硫、磷,搅拌至所有成分完全熔融,得到合金液A;

S2:将合金液A升温至 $1500\sim 1550^{\circ}\text{C}$,并按预设的质量百分比,向合金液A中加入碳和硅,搅拌,熔炼3~3.5h,得到合金液B;

S3:按预设的质量百分比,将镍、镉、钒、锆、铯、钇、锡和纳米陶瓷粉末加入到合金液B中,抽真空至 $7\sim 7.5\times 10^{-2}$ Pa后,将炉温降至 $1250\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 时停止抽真空并向真空熔炼炉内充入惰性气体至 $3\sim 3.2\times 10^4$ Pa,待所有成分完全熔融后,静置,精炼1.5~1.8h,得到精炼液;

S4:将精炼液降温至 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$,压铸成型并通过数控车床精车,得到轴体粗胚;

S5:将轴体粗胚依次经过正火、淬火、回火、深冷处理,并再次加热到 300°C ,获得轴体;

S6:将轴体冷却至常温,再经过超细研磨和抛光工序,获得微型轴。

7. 如权利要求4或5所述微型轴的制作方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:按预设的质量百分比,将锌、镁、铜、铝、铬、锰、钼、钨、硫酸钡和铁加入到真空熔炼炉中,抽真空至 $9\sim 9.5\times 10^{-2}$ Pa,并将炉温以 $15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$,停止抽真空并向真空熔炼炉中充入惰性气体至 $4\sim 4.2\times 10^4$ Pa,然后继续将炉温以 $25^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$,加入硫、磷,搅拌至所有成分完全熔融,得到合金液A;

S2:将合金液A升温至 $1500\sim 1550^{\circ}\text{C}$,并按预设的质量百分比,向合金液A中加入碳和硅,搅拌,熔炼3~3.5h,得到合金液B;

S3:按预设的质量百分比,将镍、镉、钒、锆、铯、钇、锡和纳米陶瓷粉末加入到合金液B中,抽真空至 $7\sim 7.5\times 10^{-2}$ Pa后,将炉温降至 $1250\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 时停止抽真空并向真空熔炼炉内

充入惰性气体至 $3\sim 3.2\times 10^4\text{Pa}$,待所有成分完全熔融后,静置,精炼 $1.5\sim 1.8\text{h}$,得到精炼液;

S4:将精炼液降温至 $300\sim 350^\circ\text{C}$,压铸成型并通过数控车床精车,得到轴体粗胚;

S5:将轴体粗胚依次经过正火、淬火、回火、深冷处理,并再次加热到 300°C ,获得轴体,保温待用;

S6:按预设的质量百分比,将镀层的各成分混合,并在 $750\sim 800^\circ\text{C}$ 下熔炼 $3\sim 3.5\text{h}$,待所有成分完全熔融后,获得合金液C;

S7:将步骤S5所述轴体置于合金液C中,热浸 $4\sim 4.5\text{h}$,得到所述微型轴粗胚;

S8:将微型轴粗胚冷却至常温,再经过超细研磨和抛光工序,获得微型轴。

一种微型轴及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种微型轴,具体涉及一种微型轴及其制作方法。

背景技术

[0002] 微型轴在很多行业中都会用到,其尺寸相对较小,精度高,根据轴的承载情况,微型轴可分为:①转轴,工作时既承受弯矩又承受扭矩,是机械中最常见的轴,如各种减速器中的轴等;②心轴,用来支承转动零件只承受弯矩而不传递扭矩,有些心轴转动,如铁路车辆的轴等,有些心轴则不转动,如支承滑轮的轴等;③传动轴,主要用来传递扭矩而不承受弯矩,如起重机移动机构中的长光轴、汽车的驱动轴等。

[0003] 微型轴的材料主要采用碳素钢或合金钢,也可采用球墨铸铁或合金铸铁等。微型轴在使用时,良好的耐磨性是使其具备耐用性的必要性能之一;而微型轴在工作过程中产生的热量必须及时散发出去,以使得微型轴不会影响其所在装置的工作性能,因此良好的散热性能也是应用所需要的;此外,在微型轴的使用过程中,尤其是球微型轴承的使用中,其失效的重要因素之一是由灰尘、脏物、碎屑、润滑油产生的污染以及对微型轴的腐蚀,这就要求微型轴需要具备优良的耐腐蚀性和抗氧化性。

[0004] 如何提高微型轴的耐磨性、散热性能以及如何保护微型轴免于各种污染和腐蚀是本领域中需要解决的重要技术问题。

[0005] 公开号为CN 105483697 A的中国专利申请公开了一种微型轴,该微型轴包括轴体,轴体上制备有复合涂层,所述复合涂层由内层的激光熔覆涂层和外层的热喷涂涂层构成,其中,所述激光熔覆涂层是金属硅化物合金涂层,其化学成分为:18~30wt%的Cr;38~65wt%的Ni;5~25wt%的Si;以及总量不大于12wt%的Al元素、Re元素(铼元素)以及稀土元素中的一种或几种,其中Re元素的掺入量为0.2~2wt%,稀土元素的掺入量为0.3~3wt%;所述热喷涂涂层的化学成分为:15~25wt%的石墨,70~80wt%的Ni,以及5~10wt%的纳米TiO₂颗粒。

[0006] 通过在轴体外设置复合涂层虽然可以在一定程度上提高微型轴的耐磨性、散热性以及抗腐蚀性,但也增加了轴体的制备难度,并且复合涂层与轴体之间的粘合是否稳定坚固也是需要重点考虑的问题,倘若复合涂层与轴体之间的联结度较弱,微型轴在使用过程中复合涂层容易脱落,难以对轴体起到应有的保护作用。

发明内容

[0007] 本发明的发明目的是提供一种微型轴,该微型轴具有优良的耐磨性、导热性以及耐腐蚀性。

[0008] 一种微型轴,包括轴体,按质量百分比计,所述轴体的成分为:碳1~1.5%,钼0.7~1.2%,钨0.3~0.5%,锡0.3~0.5%,纳米陶瓷粉末6~8%,钒0.2~0.5%,钨0.7~1.2%,锌10~13%,镁1.7~2%,铜8~10%,铝3~4%,硫0.01~0.03%,磷0.01~0.02%,铬4~6%,锰12~14%,硫酸钡0.7~0.8%,镍1~2%,硅0.3~0.4%,钼0.3~0.5%,铈0.3

~0.5%，铯0.4~0.6%，余量为铁。

[0009] 本发明的轴体配方合理，配方中，碳、锰和硅能使微型轴具有较高的硬度，且钨以及高含量的锰还使得微型轴具有优良的耐磨性；镍与铜、铬协同能使轴体具有优良的抗氧化性和耐腐蚀性；而硫酸钡、镉、锶、铯和纳米陶瓷粉末使得轴体具有良好的延展性，不易断裂，能承受更大的弯矩或扭矩，使用性能得到进一步提高；钼与锶、镉协同，使得轴体具有优良的导热性能，散热性得到大大提高；添加的钇和锡能与镁、钒和镍协同，进一步提高轴体的耐腐蚀性和耐磨性，而钒还能与锰协同，进一步提高轴体的淬透性和强度。

[0010] 本发明将轴体配方中硫的含量控制在0.01~0.03%、将磷的含量控制在0.01~0.02%，不仅使得轴体具有一定的可塑性和韧性，也保证轴体具有良好的可切削性，加工性能好。

[0011] 作为优选，所述轴体的成分为：碳1.2%，钼0.9%，钇0.36%，锡0.41%，纳米陶瓷粉末7.2%，钒0.28%，钨1%，锌11.4%，镁1.9%，铜9.7%，铝3.6%，硫0.01%，磷0.01%，铬5%，锰13%，硫酸钡0.76%，镍1.6%，硅0.37%，镉0.34%，锶0.35%，铯0.49%，余量为铁。

[0012] 作为优选，所述纳米陶瓷粉末的粒度为100~150目。

[0013] 作为优选，本发明微型轴的轴体外还设有镀层，按质量百分比计，该镀层的成分为：锌15~18%，铝3~4%，钇0.3~0.5%，锡1.8~2.5%，铟0.6~0.8%，硒0.5~0.7%，钼3~3.5%，余量为镁。

[0014] 镀层对轴体起到一定的保护作用，用于缓解外界对轴体的磨损和腐蚀。本发明的镀层以镁作为主要成分，钇、锡和铟能镁、锌和铝协同增强镀层的致密性、耐磨性、抗腐蚀性以及镀层与轴体之间的联结性，钼和硒的加入则使得镀层也具有较为优异的导热性能。

[0015] 作为进一步优选，按质量百分比计，该镀层的成分为：锌16.8%，铝3.2%，钇0.35%，锡2.1%，铟0.74%，硒0.63%，钼3.2%，余量为镁。

[0016] 本发明的另一个发明目的是提供一种所述微型轴的制作方法，该制作方法包括以下步骤：

[0017] S1：按预设的质量百分比，将锌、镁、铜、铝、铬、锰、钼、钨、硫酸钡和铁加入到真空熔炼炉中，抽真空至 $9\sim 9.5\times 10^{-2}$ Pa，并将炉温以 $15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，停止抽真空并向真空熔炼炉中充入惰性气体至 $4\sim 4.2\times 10^4$ Pa，然后继续将炉温以 $25^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ，加入硫、磷，搅拌至所有成分完全熔融，得到合金液A；

[0018] S2：将合金液A升温至 $1500\sim 1550^{\circ}\text{C}$ ，并按预设的质量百分比，向合金液A中加入碳和硅，搅拌，熔炼 $3\sim 3.5\text{h}$ ，得到合金液B；

[0019] S3：按预设的质量百分比，将镍、镉、钒、锶、铯、钇、锡和纳米陶瓷粉末加入到合金液B中，抽真空至 $7\sim 7.5\times 10^{-2}$ Pa后，将炉温降至 $1250\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 时停止抽真空并向真空熔炼炉内充入惰性气体至 $3\sim 3.2\times 10^4$ Pa，待所有成分完全熔融后，静置，精炼 $1.5\sim 1.8\text{h}$ ，得到精炼液；

[0020] S4：将精炼液降温至 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，压铸成型并通过数控车床精车，得到轴体粗胚；

[0021] S5：将轴体粗胚依次经过正火、淬火、回火、深冷处理，并再次加热到 300°C ，获得轴体；

[0022] S6：将轴体冷却至常温，再经过超细研磨和抛光工序，获得微型轴。

[0023] 所述正火、淬火、回火、深冷处理以及超细研磨和抛光工序可以采用现有常规方法进行。

[0024] 当需要在轴体外设置镀层时,所述微型轴的制作方法包括以下步骤:

[0025] S1:按预设的质量百分比,将锌、镁、铜、铝、铬、锰、钼、钨、硫酸钡和铁加入到真空熔炼炉中,抽真空至 $9\sim 9.5\times 10^{-2}\text{Pa}$,并将炉温以 $15^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $900\sim 950^\circ\text{C}$,停止抽真空并向真空熔炼炉中充入惰性气体至 $4\sim 4.2\times 10^4\text{Pa}$,然后继续将炉温以 $25^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $1350\sim 1400^\circ\text{C}$,加入硫、磷,搅拌至所有成分完全熔融,得到合金液A;

[0026] S2:将合金液A升温至 $1500\sim 1550^\circ\text{C}$,并按预设的质量百分比,向合金液A中加入碳和硅,搅拌,熔炼 $3\sim 3.5\text{h}$,得到合金液B;

[0027] S3:按预设的质量百分比,将镍、镉、钒、锆、铯、钇、锡和纳米陶瓷粉末加入到合金液B中,抽真空至 $7\sim 7.5\times 10^{-2}\text{Pa}$ 后,将炉温降至 $1250\sim 1300^\circ\text{C}$ 时停止抽真空并向真空熔炼炉内充入惰性气体至 $3\sim 3.2\times 10^4\text{Pa}$,待所有成分完全熔融后,静置,精炼 $1.5\sim 1.8\text{h}$,得到精炼液;

[0028] S4:将精炼液降温至 $300\sim 350^\circ\text{C}$,压铸成型并通过数控车床精车,得到轴体粗胚;

[0029] S5:将轴体粗胚依次经过正火、淬火、回火、深冷处理,并再次加热到 300°C ,获得轴体,保温备用;

[0030] S6:按预设的质量百分比,将镀层的各成分混合,并在 $750\sim 800^\circ\text{C}$ 下熔炼 $3\sim 3.5\text{h}$,待所有成分完全熔融后,获得合金液C;

[0031] S7:将步骤S5所述轴体置于合金液C中,热浸 $4\sim 4.5\text{h}$,得到微型轴粗胚;

[0032] S8:将微型轴粗胚冷却至常温,再经过超细研磨和抛光工序,获得微型轴。

[0033] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0034] (1)本发明的轴体配方合理,配方中,碳、锰和硅能使微型轴具有较高的硬度,且钨以及高含量的锰还使得微型轴具有优良的耐磨性;镍与铜、铬协同能使轴体具有优良的抗氧化性和耐腐蚀性;而硫酸钡、镉、锆、铯和纳米陶瓷粉末使得轴体具有良好的延展性,不易断裂,能承受更大的弯矩或扭矩,使用性能得到进一步提高;钼与锆、镉协同,使得轴体具有优良的导热性能,散热性得到大大提高;添加的钇和锡能与镁、钒和镍协同,进一步提高轴体的耐腐蚀性和耐磨性,而钒还能与锰协同,进一步提高轴体的淬透性和强度;

[0035] (2)本发明将轴体配方中硫的含量控制在 $0.01\sim 0.03\%$ 、将磷的含量控制在 $0.01\sim 0.02\%$,不仅使得轴体具有一定的可塑性和韧性,也保证轴体具有良好的可切削性,加工性能好。

具体实施方式

[0036] 下面列举具体实施方式对本发明的技术方案作进一步详细说明。

[0037] 实施例1

[0038] 本实施例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳 1.2% ,钼 0.9% ,钇 0.36% ,锡 0.41% ,纳米陶瓷粉末 7.2% ,钒 0.28% ,钨 1% ,锌 11.4% ,镁 1.9% ,铜 9.7% ,铝 3.6% ,硫 0.01% ,磷 0.01% ,铬 5% ,锰 13% ,硫酸钡 0.76% ,镍 1.6% ,硅 0.37% ,镉 0.34% ,锆 0.35% ,铯 0.49% ,余量为铁。

[0039] 本实施例微型轴的制作方法包括以下步骤:

[0040] (1):按预设的质量百分比,将锌、镁、铜、铝、铬、锰、钼、钨、硫酸钡和铁加入到真空熔炼炉中,抽真空至 $9\sim 9.5\times 10^{-2}$ Pa,并将炉温以 $15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$,停止抽真空并向真空熔炼炉中充入惰性气体至 $4\sim 4.2\times 10^4$ Pa,然后继续将炉温以 $25^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率升温至 $1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$,加入硫、磷,搅拌至所有成分完全熔融,得到合金液A;

[0041] (2):将合金液A升温至 $1500\sim 1550^{\circ}\text{C}$,并按预设的质量百分比,向合金液A中加入碳和硅,搅拌,熔炼 $3\sim 3.5\text{h}$,得到合金液B;

[0042] (3):按预设的质量百分比,将镍、镉、钒、锶、铍、钇、锡和纳米陶瓷粉末加入到合金液B中,抽真空至 $7\sim 7.5\times 10^{-2}$ Pa后,将炉温降至 $1250\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 时停止抽真空并向真空熔炼炉内充入惰性气体至 $3\sim 3.2\times 10^4$ Pa,待所有成分完全熔融后,静置,精炼 $1.5\sim 1.8\text{h}$,得到精炼液;

[0043] (4):将精炼液降温至 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$,压铸成型,并通过数控车床精车,得到轴体粗胚;

[0044] 其中,充型开始时精炼液的熔体流速为 $0.4\sim 0.42\text{m}/\text{s}$,铸造压力为 $68\sim 70\text{MPa}$,充型率大于 65% ;

[0045] (5):采用高频感应加热器将轴体粗胚以 $70^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度迅速加热到 1000°C ,在该温度下空冷正火,获得均匀分布的珠光体;

[0046] (6):在轴体粗胚的平均温度降低到 900°C 时,采用挠性喷嘴迅速向轴体粗胚均匀地喷洒掺入了防锈剂的冷却水进行淬火,使轴体粗胚表面的硬度达到 60HRC 以上;

[0047] 其中,冷却水的水压为 0.2MPa ,冷却水的流量为 $15\text{L}/\text{s}$;

[0048] (7):待轴体粗胚的平均温度降低到 200°C 时,停止喷水,回火 350min ,以增加轴体粗胚的柔韧性;

[0049] (8):回火处理完成后,将轴体粗胚送入温度为 -100°C 的环境中深冷处理 2h ,并再次加热至 300°C ,获得轴体;

[0050] (9)将轴体冷却至常温,采用低发泡氨基甲酸乙酯和磨料混合制成的氨基甲酸酯油石进行滚动研磨,在油石和轴体被加工表面之间加上抛光液,提高加工效果;

[0051] (10)采用由 Fe_3O_4 微粉(粒径 $10\mu\text{m}$)、油酸钠和聚二醇构成的悬浮液进行磁流体抛光,最终获得本实施例的微型轴。

[0052] 实施例2

[0053] 本实施例一种微型轴,包括轴体以及设置在轴体外的镀层。

[0054] 其中,按质量百分比计,轴体的成分与实施例1相同;

[0055] 按质量百分比计,镀层的成分为:锌 16.8% ,铝 3.2% ,钇 0.35% ,锡 2.1% ,铟 0.74% ,硒 0.63% ,钼 3.2% ,余量为镁。

[0056] 本实施例微型轴的制作方法包括以下步骤:

[0057] (1)~(7):与实施例1相同;

[0058] (8)回火处理完成后,将轴体粗胚送入温度为 -100°C 的环境中深冷处理 2h ,并再次加热至 300°C ,获得轴体,保温待用;

[0059] (9):按预设的质量百分比,将镀层的各成分混合,并在 $750\sim 800^{\circ}\text{C}$ 下熔炼 $3\sim 3.5\text{h}$,待所有成分完全熔融后,获得合金液C;

[0060] (10):将步骤(8)制得的轴体置于合金液C中,热浸 $4\sim 4.5\text{h}$,得到微型轴粗胚;

[0061] (11):将微型轴粗胚冷却至常温,采用低发泡氨基甲酸乙酯和磨料混合制成的氨基甲酸酯油石进行滚动研磨,在油石和微型轴被加工表面之间加上抛光液,提高加工效果;

[0062] (12):采用由 Fe_3O_4 微粉(粒径 $10\mu\text{m}$)、油酸钠和聚二醇构成的悬浮液进行磁流体抛光,获得本实施例的微型轴。

[0063] 实施例3

[0064] 本实施例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1%,钼1.2%,钇0.3%,锡0.5%,纳米陶瓷粉末6%,钒0.5%,钨0.7%,锌13%,镁1.7%,铜10%,铝3%,硫0.03%,磷0.01%,铬6%,锰12%,硫酸钡0.8%,镍1%,硅0.4%,镉0.3%,锆0.5%,铈0.4%,余量为铁。

[0065] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0066] 实施例4

[0067] 本实施例一种微型轴,包括轴体以及设置在轴体外的镀层。

[0068] 其中,按质量百分比计,轴体的成分为与实施例3相同;

[0069] 按质量百分比计,镀层的成分为:锌15%,铝4%,钇0.3%,锡2.5%,铟0.6%,硒0.7%,钼3%,余量为镁。

[0070] 该微型轴的制作方法参见实施例2。

[0071] 实施例5

[0072] 本实施例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.5%,钼0.7%,钇0.5%,锡0.3%,纳米陶瓷粉末8%,钒0.2%,钨1.2%,锌10%,镁2%,铜8%,铝4%,硫0.01%,磷0.02%,铬4%,锰14%,硫酸钡0.7%,镍2%,硅0.3%,镉0.5%,锆0.3%,铈0.6%,余量为铁。

[0073] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0074] 实施例6

[0075] 本实施例一种微型轴,包括轴体以及设置在轴体外的镀层。

[0076] 其中,按质量百分比计,轴体的成分与实施例5相同;

[0077] 按质量百分比计,镀层的成分为:锌18%,铝3%,钇0.5%,锡1.8%,铟0.8%,硒0.5%,钼3.5%,余量为镁。

[0078] 该微型轴的制作方法参见实施例2。

[0079] 对比例1

[0080] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钼0.9%,钇0.36%,锡0.41%,纳米陶瓷粉末7.2%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,铈0.49%,余量为铁。

[0081] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0082] 对比例2

[0083] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钼0.9%,钇0.36%,锡0.41%,纳米陶瓷粉末7.2%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,锰13%,硫酸钡0.76%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,铈0.49%,余量为铁。

[0084] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0085] 对比例3

[0086] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钼0.9%,钇0.36%,锡0.41%,纳米陶瓷粉末7.2%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,镍1.6%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,余量为铁。

[0087] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0088] 对比例4

[0089] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钼0.9%,钇0.36%,锡0.41%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,镍1.6%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,余量为铁。

[0090] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0091] 对比例5

[0092] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钇0.36%,锡0.41%,纳米陶瓷粉末7.2%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,镍1.6%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,铯0.49%,余量为铁。

[0093] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0094] 对比例6

[0095] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钇0.36%,锡0.41%,纳米陶瓷粉末7.2%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,镍1.6%,硅0.37%,铯0.49%,余量为铁。

[0096] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0097] 对比例7

[0098] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钼0.9%,纳米陶瓷粉末7.2%,钒0.28%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,镍1.6%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,铯0.49%,余量为铁。

[0099] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0100] 对比例8

[0101] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钼0.9%,纳米陶瓷粉末7.2%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,铯0.49%,余量为铁。该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0102] 对比例9

[0103] 本对比例一种微型轴,按质量百分比计,其成分为:碳1.2%,钼0.9%,钇0.36%,锡0.41%,纳米陶瓷粉末7.2%,钨1%,锌11.4%,镁1.9%,铜9.7%,铝3.6%,硫0.01%,磷0.01%,铬5%,锰13%,硫酸钡0.76%,镍1.6%,硅0.37%,镉0.34%,锆0.35%,铯0.49%,余量为铁。

[0104] 该微型轴的制作方法参见实施例1。

[0105] 对比例10

[0106] 本实施例一种微型轴,包括轴体以及设置在轴体外的镀层。

- [0107] 其中,按质量百分比计,轴体的成分与实施例1相同;
- [0108] 按质量百分比计,镀层的成分为:锌16.8%,铝3.2%,钇0.35%,铟0.74%,硒0.63%,钼3.2%,余量为镁。
- [0109] 该微型轴的制作方法参见实施例2。
- [0110] 对比例11
- [0111] 本实施例一种微型轴,包括轴体以及设置在轴体外的镀层。
- [0112] 其中,按质量百分比计,轴体的成分与实施例1相同;
- [0113] 按质量百分比计,镀层的成分为:锌16.8%,铝3.2%,硒0.63%,钼3.2%,余量为镁。
- [0114] 该微型轴的制作方法参见实施例2。
- [0115] 对比例12
- [0116] 本实施例一种微型轴,包括轴体以及设置在轴体外的镀层。
- [0117] 其中,按质量百分比计,轴体的成分与实施例1相同;
- [0118] 按质量百分比计,镀层的成分为:锌16.8%,铝3.2%,钇0.35%,锡2.1%,铟0.74%,硒0.63%,余量为镁。
- [0119] 该微型轴的制作方法参见实施例2。
- [0120] 对比例13
- [0121] 本实施例一种微型轴,包括轴体以及设置在轴体外的镀层。
- [0122] 其中,按质量百分比计,轴体的成分与实施例1相同;
- [0123] 按质量百分比计,镀层的成分为:锌16.8%,铝3.2%,钇0.35%,锡2.1%,铟0.74%,余量为镁。
- [0124] 该微型轴的制作方法参见实施例2。
- [0125] 测试例
- [0126] (1)耐磨性测试
- [0127] 经过热处理后,将得到的微型轴在MLD-10型动载磨料磨损试验机上进行耐磨性实验,具体过程如下:将微型轴切割成10mm×10mm×30mm的试样,磨料为1mm~2mm的精制石英砂,流量为450mL/min,冲击功为5.0J;每隔30min测量一次磨损后的质量,共测量5次,磨损2h,以试样失重来判断耐磨性;测试结果见表1。
- [0128] (2)硬度、冲击韧性、延伸率和抗拉强度测试
- [0129] 测试结果见表1。
- [0130] 表1各微型轴的耐磨性、硬度、冲击韧性、延伸率和抗拉强度测试结果
- [0131]

实施例编号	磨损量(g)	硬度(HB)	冲击韧性(J/cm ²)	延伸率(%)	抗拉强度(MPa)
实施例1	0.08	300	180	30	790
实施例3	0.1	295	175	28	775

[0132]

实施例 5	0.1	297	178	29	772
对比例 1	0.1	273	163	24	754
对比例 2	0.11	274	165	25	752
对比例 3	0.11	275	167	18	749
对比例 4	0.12	268	168	17	751
对比例 5	0.11	278	162	23	748
对比例 6	0.12	271	163	20	752
对比例 7	0.26	267	159	24	754
对比例 8	0.31	265	164	22	748
对比例 9	0.12	295	176	27	773
实施例 2	0.28	279	169	22	721
实施例 4	0.11	297	179	29	778
实施例 6	0.12	295	178	28	776
对比例 10	0.42	274	158	21	748
对比例 11	0.56	276	165	22	746
对比例 12	0.26	278	163	23	751
对比例 13	0.29	273	163	21	747

[0133] 由表1可见,本发明实施例1~6的微型轴均具有优良的耐磨性、硬度、冲击韧性、延伸率和抗拉强度,其中,硬度可达300HB,冲击韧性可达180J/cm²,延伸率可达30%,抗拉强度可达790Mpa。

[0134] 当轴体配方中缺失钇和锡时(对比例7)、缺失钒(对比例9)时,微型轴的磨损量大增,当轴体配方中进一步缺失钒和镍时(对比例8),微型轴的磨损量进一步提升,当镀层配方中缺失铟、钇和锡(对比例11)时,微型轴的磨损量也增加,表明微型轴的耐磨性下降。

[0135] 当轴体配方中缺失硫酸钡和铯(对比例3)、缺失铯和纳米陶瓷粉末(对比例4)、或

者缺失钼、锆和镉(对比例5)时,微型轴的延伸率大幅降低,表明微型轴的延展性变差,较易断裂。

[0136] 当轴体配方中缺失钒(对比例9)时,微型轴的抗拉强度也有所下降。

[0137] (3)散热性测试

[0138] 在导热系数仪FL4010通过ASTME1461激光闪光法对得到的微型轴进行导热系数、热扩散和比热容检测;测试结果见表2。

[0139] 表2各微型轴的导热性能测试结果

[0140]

实施例编号	测试温度	导热系数 (W/m·K)	热扩散(cm^2/s)	比热容 (J/kg·K)
实施例 1	常温	18.24	0.0378	551.8
实施例 3	常温	18.19	0.0369	550.4
实施例 5	常温	18.21	0.0372	550.7
对比例 1	常温	18.06	0.0343	537.2
对比例 2	常温	18.04	0.0346	537.4
对比例 3	常温	18.02	0.0351	538.1

[0141]

对比例 4	常温	17.98	0.0348	537.6
对比例 5	常温	13.56	0.0257	479.2
对比例 6	常温	12.38	0.0219	442.7
对比例 7	常温	17.89	0.0354	537.8
对比例 8	常温	18.05	0.0347	538.2
对比例 9	常温	18.86	0.0381	559.8
实施例 2	常温	18.09	0.0346	538.5
实施例 4	常温	18.97	0.0387	564.9
实施例 6	常温	18.92	0.0383	562.2
对比例 10	常温	17.88	0.0345	537.7
对比例 11	常温	17.85	0.0352	538.1
对比例 12	常温	13.73	0.0279	491.2
对比例 13	常温	12.78	0.0231	489.8

[0142] 由表2可见,本发明的实施例1~6均具有优良的导热性能,表明微型轴具有良好的散热性。其中,实施例2、4、6在轴体外增设的镀层能进一步提高微型轴的导热性能。

[0143] 而当轴体配方中缺失钼时(对比例5),微型轴的导热性能降低,当轴体配方中缺失钼、锶和镉时(对比例6),微型轴的导热性能则进一步降低,表明钼能与锶和镉协同提高微型轴的导热性能。

[0144] 当镀层配方中缺失钼时(对比例12),微型轴的导热性能降低,当轴体配方中缺失钼和硒时(对比例13),微型轴的导热性能则进一步降低,表明钼还能与硒协同提高微型轴的导热性能。

[0145] (4)耐腐蚀性测试

[0146] 将微型轴试样分别置于质量分数为10%的NaCl溶液和质量分数为5%的稀硝酸中,每隔一周测量试样失重量,测量三次,测试结果见表3。

[0147] 表3各微型轴的耐腐蚀性测试结果

[0148]

编号	失重量 (10%NaCl 溶液中, g)			失重量 (5%稀硝酸中, g)		
	第一周	第二周	第三周	第一周	第二周	第三周
实施例 1	0.0088	0.0056	0.0037	0.0098	0.0074	0.0049
实施例 3	0.0092	0.0058	0.0039	0.0099	0.0075	0.0051
实施例 5	0.0095	0.0057	0.0040	0.0102	0.0075	0.0052
对比例 1	0.0123	0.0094	0.0082	0.0163	0.0119	0.0088
对比例 2	0.0139	0.0101	0.0097	0.0182	0.0129	0.0095
对比例 3	0.0102	0.0071	0.0053	0.0118	0.0088	0.0064
对比例 4	0.0101	0.0072	0.0051	0.0120	0.0087	0.0062
对比例 5	0.0102	0.0069	0.0052	0.0122	0.0085	0.0063
对比例 6	0.0104	0.0068	0.0051	0.0121	0.0089	0.0063
对比例 7	0.0118	0.0085	0.0084	0.0167	0.0117	0.0086
对比例 8	0.0137	0.0099	0.0095	0.0179	0.0128	0.0092
对比例 9	0.0087	0.0057	0.0037	0.0098	0.0074	0.0048
实施例 2	0.0103	0.0072	0.0049	0.0119	0.0086	0.0059

[0149]

实施例 4	0.0085	0.0054	0.0035	0.0095	0.0072	0.0047
实施例 6	0.0086	0.0056	0.0036	0.0096	0.0073	0.0048
对比例 10	0.0119	0.0083	0.0081	0.0169	0.0116	0.0087
对比例 11	0.0122	0.0095	0.0093	0.0181	0.0117	0.0092
对比例 12	0.0102	0.0073	0.0051	0.0116	0.0083	0.0064
对比例 13	0.0103	0.0072	0.0052	0.0117	0.0081	0.0061

[0150] 由表3可见,与各对比例相比,实施例1~6的微型轴试样的失重量均较少,表明各微型轴均具有较为优异的耐腐蚀性。其中,实施例2、4、6在轴体外增设镀层能进一步提高微型轴的耐腐蚀性。

[0151] 而当轴体配方中缺失镍时(对比例1),微型轴试样的失重量大幅提升,当轴体配方中缺失镍、铬和铜时(对比例2),微型轴试样的失重量进一步增加,这表明镍能与铬、铜协同提高微型轴的耐腐蚀性。

[0152] 当轴体配方中缺失钇和锡时(对比例7),微型轴试样的失重量大幅提升,当轴体配方中缺失钇、锡、钒和镍时(对比例8),微型轴试样的失重量进一步增加,这表明钇、锡、钒和镍四者协同也有助于提高微型轴的耐腐蚀性。

[0153] 当镀层配方中缺失锡时(对比例10),微型轴试样的失重量大幅提升,当轴体配方中缺失钢、钇和锡时(对比例11),微型轴试样的失重量进一步增加,这表明钢、钇和锡三者协同也有助于提高微型轴的耐腐蚀性。

[0154] 本发明的目的,特征及优点将结合实施例,通过实施例将有助于理解本发明,但不限制本发明的内容。本领域的普通技术人员能从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均应认为是发明的保护范围。