



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104669138 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201510074521. 6

(22) 申请日 2015. 02. 12

(71) 申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29 号

(72) 发明人 肖冰 刘思幸 张子煜 段端志
徐风雷 王波

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 贺翔

(51) Int. Cl.

B24D 18/00(2006. 01)

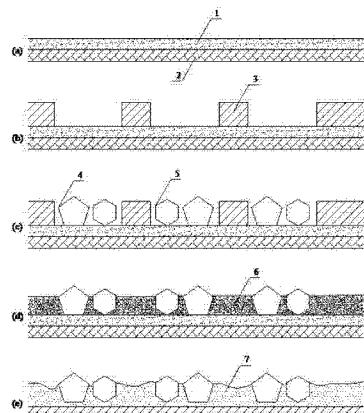
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法，包括以下步骤：第一步、对磨料和钢基体进行预处理；第二步、将粘结剂均匀涂抹在钢基体表面；第三步、在粘结剂表面按相应的几何结构排布两种磨料；第四步、用钎料覆盖在磨料周围，放入真空炉中，高温加热后冷却得磨料工具。本发明优选金刚石和立方氮化硼为磨料，高温钎焊制作磨料协同排布的钎焊工具，利用钎料(Ag-Cu-Ti 钎料、Cu-Sn-Ti 钎料)优异的热膨胀性能来弥补钢基体、合金钎料与磨料三者的热膨胀差异，成功实现了磨料与钢基体的钎焊连接，拓宽了钎焊磨料工具的应用领域。



1. 一种钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步、对磨料和钢基体进行预处理;

第二步、将粘结剂均匀涂抹在钢基体表面;

第三步、在粘结剂表面排布两种磨料,所述磨料组成排布群,所述排布群以一个中心排布单元为圆心,若干个排布单元围绕中心排布单元均匀排布;所述排布单元的个数为n,所述中心排布单元与排布单元的纵向间距为R,排布单元的周向间距为θ,θ=2π/n;

所述中心排布单元和排布单元几何结构呈现三层环形,第一层和第二层用第一磨料,第三层用第二磨料,第二层为n₁颗磨粒围绕第一层以半径r₁均匀排布,第三层为n₂颗磨粒围绕中心以半径r₂均匀排布,第一层颗粒平均直径为d₁,第二层和第三层颗粒平均直径为d₂;

所述参数关系如下:R=k r₂(3≤k≤5),n=6,θ=π/3,r₁=k(d₁+d₂)/4,r₂=k(d₁+3d₂)/4,1.5≤d₁/d₂≤2,n₁=π(1+d₁/d₂),n₂=π(3+d₁/d₂);

第四步、用钎料覆盖在磨料周围,将试件放入真空炉中,抽真空,以10~20℃/min速度升温至880~950℃,保温10~30min,以10~20℃/min速度降温至400℃,随炉冷却至室温,加热和冷却过程中真空炉中的真空度低于1×10⁻²Pa。

2. 根据权利要求1所述钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是:所述粘结剂的厚度为0.15~0.35mm。

3. 根据权利要求1所述钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是:所述第一磨料为金刚石、第二磨料为立方氮化硼。

4. 根据权利要求1所述钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是:所述第一磨料为立方氮化硼、第二磨料为金刚石。

5. 根据权利要求3、4所述钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是:所述金刚石包括天然金刚石、人造金刚石、聚晶金刚石;所述立方氮化硼包括立方氮化硼、聚晶立方氮化硼。

6. 根据权利要求1钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是:所述磨料第一层粒度范围为20~45目,第二层和第三层粒度范围为35~80目。

7. 根据权利要求1钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是:所述钎料Ag-Cu-Ti钎料、Cu-Sn-Ti钎料。

8. 根据权利要求1钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是:所述Ag-Cu-Ti钎料组份为(Al₇₂Cu₂₈)₉₅Ti₅的Ag-Cu合金,颗粒平均大小为60~200目;Cu-Sn-Ti钎料组份为(Cu₈₀Sn₂₀)₉₅Ti₅合金,颗粒平均大小为50~220目。

9. 根据权利要求1所述钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法,其特征是所述钎料的高度控制在磨料高度的45~90%,钎料沿着磨料表面的爬升高度不超过磨料本身高度的80%。

钎焊制作磨粒协同排布的磨料工具的方法

技术领域

[0001] 本发明公开了一种钎料高温钎焊制作磨料工具的方法,特别是用 Ag-Cu-Ti 钎料、Cu-Sn-Ti 钎料实现两种协同排布的磨料在钢基体上钎焊连接的方法,属于高温钎焊技术领域。

背景技术

[0002] 按照加工理论,磨料工具的加工性能由两方面决定:一方面是磨粒承载负荷的能力,即磨料的强度和结合剂对磨料的把持能力;另一方面是磨粒排布的形貌,对单层固结磨料工具来说至关重要。

[0003] 近年来,高温钎焊磨料工具取得了长足的发展,是一种采用钎料的镍基、银基、铜基钎料钎焊磨料,使得磨料与结合剂实现冶金结合,实现磨料与钎料合金的钎焊连接,进而增强对磨料的把持能力,结合剂层厚度只需维持在磨料高度 30%,就足以承受大负荷高效高效加工中磨粒的把持能力。因此,高温钎焊磨料工具解决了磨料与结合剂的结合强度问题。

[0004] 现阶段,在开发磨料工具时,关注的焦点都放在了单一磨料上,并希望藉助钎焊能大幅度提高对磨料的把持强度,满足重负荷加工作业的需求上,来提高加工效率和工具的使用寿命。还没有人认识到两种磨料协同排布的磨料工具的性能。

[0005] 金刚石磨料是目前硬度最高的超硬材料,具有高的导热率和抗压强度,广泛应用于高硬、高脆、高强韧性材料的加工;立方氮化硼磨料是人造金刚石之后的第二种人造磨料,硬度仅低于金刚石,但仍远高于刚玉和碳化硅磨料,并且该磨料热稳定性优于金刚石,具有较好的耐腐蚀、耐磨性,对铁族元素有较大的化学惰性。两种超硬材料(金刚石、立方氮化硼)在适应面上的互补性,极大的扩展了可加工材料范围,覆盖了各种高硬脆、高强韧性材料。两种磨料的协同排布钎焊,目前鲜有报道。

[0006] 鉴于上述磨料的优异性能,发明一种能集两种磨料(金刚石、立方氮化硼)性能于一身的磨料协同排布工具的工艺技术,具有重要的创新意义。如何使得两种磨料协同排布钎焊能产生牢固的冶金结合和优化磨料协同排布的形貌是本发明的难点所在。

发明内容

[0007] 为解决上述难点,本发明提出一种用钎料实现两种协同排布的磨料和钢基体钎焊连接的工艺方法,利用钎料优异的热膨胀性能弥补钢基体、合金钎料与磨料的热膨胀差异,成功实现协同排布的磨料与钢基体的钎焊连接。具体方案如下:

一种钎焊超硬工具布料工艺,其特征在于,包括以下步骤:

第一步、对磨料和钢基体进行预处理;

第二步、将粘结剂均匀涂抹在钢基体表面;

第三步、在粘结剂表面排布两种磨料,所述磨料组成排布群,所述排布群以一个中心排布单元为圆心,若干个排布单元围绕中心排布单元均匀排布;所述排布单元的个数为 n,所述中心排布单元与排布单元的纵向间距为 R,排布单元的周向间距为 θ , $\theta=2\pi/n$;

所述中心排布单元和排布单元几何结构呈现三层环形，第一层和第二层用第一磨料，第三层用第二磨料，第二层为 n_1 颗磨粒围绕第一层以半径 r_1 均匀排布，第三层为 n_2 颗磨粒围绕中心以半径 r_2 均匀排布，第一层颗粒平均直径为 d_1 ，第二层和第三层颗粒平均直径为 d_2 ；

所述参数关系如下： $R=k r_2$ ($3 \leq k \leq 5$)， $n=6$ ， $\theta=\pi/3$ ， $r_1=k(d_1+d_2)/4$ ， $r_2=k(d_1+3d_2)/4$ ， $1.5 \leq d_1/d_2 \leq 2$ ， $n_1=\pi(1+d_1/d_2)$ ， $n_2=\pi(3+d_1/d_2)$ 。

[0008] 第四步、用钎料覆盖在磨料周围，将试件放入真空炉中，抽真空，以 $10\sim20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速度升温至 $880\sim950^{\circ}\text{C}$ ，保温 $10\sim30\text{min}$ ，以 $10\sim20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速度降温至 400°C ，随炉冷却至室温，加热和冷却过程中真空炉中的真空中度低于 $1\times10^{-2}\text{Pa}$ 。

[0009] 本发明在钎焊前对两种磨料和钢基体作如下处理：将两种磨料分别在丙酮和乙醇的混合溶液中进行超声清洗、干燥后待用，所用丙酮和乙醇的体积比为 $1.5:1$ ；使用砂纸对钢基体表面进行打磨去除氧化物层，使用汽油等有机溶剂对钢基体进行清洗，干燥后对钢基体钎焊面作喷砂处理，用丙酮对钢基体表面进行清洗，干燥后备用。

[0010] 本发明粘结剂由压敏胶与丙酮按照体积比为 $1:1$ 配置，混合搅拌均匀。

[0011] 优选地，所述粘结剂的厚度为 $0.15\sim0.35\text{mm}$ 。

[0012] 优选地，所述第一磨料为金刚石、第二磨料为立方氮化硼。

[0013] 优选地，所述第一磨料为立方氮化硼、第二磨料为金刚石。

[0014] 优选地，所述金刚石包括天然金刚石、人造金刚石、聚晶金刚石；所述立方氮化硼包括立方氮化硼、聚晶立方氮化硼。

[0015] 优选地，所述磨料第一层粒度范围为 $20\sim45$ 目，第二层和第三层粒度范围为 $35\sim80$ 目。

[0016] 优选地，所述钎料 $\text{Ag}-\text{Cu}-\text{Ti}$ 钎料、 $\text{Cu}-\text{Sn}-\text{Ti}$ 钎料。

[0017] 优选地，所述 $\text{Ag}-\text{Cu}-\text{Ti}$ 钎料组分为 $(\text{Ag}_{72}\text{Cu}_{28})_{95}\text{Ti}_5$ 的 $\text{Ag}-\text{Cu}$ 合金，颗粒平均大小为 $60\sim200$ 目； $\text{Cu}-\text{Sn}-\text{Ti}$ 钎料组分为 $(\text{Cu}_{80}\text{Sn}_{20})_{95}\text{Ti}_5$ 合金，颗粒平均大小为 $50\sim220$ 目。

[0018] 优选地，所述钎料的高度控制在磨料高度的 $45\sim90\%$ ，钎料沿着磨料表面的爬升高度不超过磨料本身高度的 80% 。

[0019] 本发明的有益效果有：

1、本发明的设计思路是：根据加工要求设计工具表面磨料形貌，并对工具表面两种磨料进行协同排布，在 $880\sim950^{\circ}\text{C}$ 的温度下，钎料($\text{Ag}-\text{Cu}-\text{Ti}$ 钎料、 $\text{Cu}-\text{Sn}-\text{Ti}$ 钎料)中的活性元素 Ti 扩散到磨料(金刚石、立方氮化硼)的界面，通过与其分别发生反应从而实现对两种磨料的润湿，并生成 Ti 的化合物，形成反应层(过渡层)。钎料($\text{Ag}-\text{Cu}-\text{Ti}$ 钎料、 $\text{Cu}-\text{Sn}-\text{Ti}$ 钎料)与钢均属于金属相，结构相似性使得高温下液态钎料在钢表面很容易依靠铺展、扩散和溶解形成牢固结合，从而在钎料($\text{Ag}-\text{Cu}-\text{Ti}$ 钎料、 $\text{Cu}-\text{Sn}-\text{Ti}$ 钎料)的作用下实现两种磨料协同排布与钢基体的钎焊连接。

[0020] 2、本发明通过控制钎焊的温度和保温时间，以控制反应层的厚度、成分及形貌。

[0021] 3、本发明和其他钎焊技术相比，用钎料一次性将两种协同排布的磨料与钢基体进行了冶金结合。

[0022] 4、金刚石工具在加工硬脆材料方面的优势明显，金刚石是石墨在 Fe 等触媒元素高温高压下合成的，金刚石工具在加工黑色金属时产生的高温使得 Fe 元素向金刚石表面

扩散使得金刚石表面发生石墨化，导致金刚石工具急剧磨损而失效。立方氮化硼在高温下与黑色金属的化学活性较低，故其在加工黑色金属方面的优势明显，在加工硬脆材料等方面不具有优势。因此所开发的两种磨料工具在应用方面兼顾了金刚石及立方氮化硼各自的优点，同时也弥补了各自的应用缺陷，为此拓宽了其应用。

[0023] 附图说明：

图 1 是钎焊协同排布的磨料的工艺示意图。

[0024] 图 2 是磨料协同排布群示意图。

[0025] 图 3 是一种磨料协同排布单元示意图。

[0026] 图 4 是另一种磨料协同排布单元示意图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图，对本发明工艺作进一步详细说明。

[0028] 图 1 是磨料协同排布钎焊制作工艺示意图：图中 a 是钢基体表面涂抹粘结剂；b 是表面覆盖模板；c 是在模板上协同排布磨料；d 是磨料周围覆盖钎料；e 为真空钎焊后磨料排布形貌。将粘结剂 1 涂抹在钢基体 2 上，在粘结剂上覆盖模板 3，将按要求准备的金刚石 4、立方氮化硼 5 协同排布粘附在模板表面，将钎料合金粉末 6 覆盖在磨料周围，钎焊后得磨料工具 7。

[0029] 磨粒协同排布的原理是以磨粒磨削加工模型的建模计算所得出的参数为依据。图 2 为一种磨粒协同排布群的示意图。磨粒协同排布群是由若干个磨粒协同排布单元所构成，每个磨粒协同排布单元又由若干个磨粒按照一定的排布规律所构成，图 3、图 4 分别为两种类型的磨粒协同排布单元。

[0030] 图 2 所示磨粒协同排布群的结构组成是以一个磨粒协同排布单元为圆心，若干个磨粒协同排布单元 n 围绕中心排布单元以半径 R (纵向间距) 均匀排布，圆周上的磨粒协同排布单元的周向间距为 θ，其中 $\theta = 2\pi/n$ 。

[0031] 图 3 为其中一种磨粒协同排布单元，几何结构呈现三层环形，标号 2 为金刚石，标号 3 为立方氮化硼，中间第一层为金刚石，第二层为 n_1 颗金刚石围绕中心以半径 r_1 均匀排布，第三层为 n_2 颗立方氮化硼围绕中心以半径 r_2 均匀排布，中间粒度范围是 20~45 目(颗粒平均直径为 d_1)，第二层和第三层粒度范围是 35~80 目(颗粒平均直径为 d_2)。

[0032] 图 4 是另外一种磨粒协同排布单元，几何结构和图 2 相似，是三层环形结构，标号 4 为金刚石，标号 5 为立方氮化硼，中间为立方氮化硼，第二层为 n_1 颗立方氮化硼围绕中心以半径 r_1 均匀排布，第三层为 n_2 颗金刚石围绕中心以半径 r_2 均匀排布，中间粒度范围是 20~45 目(颗粒平均直径为 d_1)，第二层和第三层粒度范围是 35~80 目(颗粒平均直径为 d_2)。

[0033] 上述参数有如下关系： $R=k \cdot r_2$ ($3 \leq k \leq 5$)， $n=6$ ， $\theta=\pi/3$ ， $r_1=k(d_1+d_2)/4$ ， $r_2=k(d_1+3d_2)/4$ ， $1.5 \leq d_1/d_2 \leq 2$ ， $n_1=\pi(1+d_1/d_2)$ ， $n_2=\pi(3+d_1/d_2)$ 。据此参数制作相应的模板。

[0034] 图 2 中磨粒群中排布单元的种类，是依据加工模型优化至最佳形貌。概况的讲，所示图 2~4 中磨粒单元的个数 n，间距 R，θ，磨粒单元的选择搭配，磨粒的颗粒直径 d，磨粒个数 n_1 、 n_2 ，磨粒的间距 r_1 、 r_2 ，磨粒的排布搭配均是一个示例，还有很多变种，不一一列举。

[0035] 本发明中磨料群排布单元的种类，依据加工模型进行优化选择。图 2~4 中磨料单

元的个数 n , 间距 R , θ , 磨料单元的选择搭配, 磨粒的颗粒目数大小 d , 磨粒个数 n_1 、 n_2 , 磨粒的间距 r , 磨粒的排布搭配是众多模型的一个示例, 还有很多变种, 和其相关的其他排布模型和此工艺属同一原理, 应视为本发明的工作, 应列入保护范畴。

[0036] 本发明中钢基体上磨料排布也可以不用模板, 而采用统计原理的方法, 将两种磨料排布在表面, 然后采用实例中的操作方法进行钎焊。

[0037] 本发明工具的载体有圆锯片、磨轮、磨盘、钻头、磨头、线锯、排锯等, 还可以有其他变化。

[0038] 实施例 1

以直径为 230 mm 的圆锯片载体为例, 其排布及钎焊过程如下:

第一步、将金刚石、立方氮化硼分别在丙酮和无水乙醇的混合溶液中进行超声清洗、干燥后待用, 所用丙酮和乙醇的体积比为 1.5:1; 使用汽油等有机溶剂对圆锯片外边缘钢基体进行清洗, 干燥后对圆锯片外边缘钢基体钎焊面作喷砂处理, 用丙酮对圆锯片外边缘钢基体表面进行清洗, 干燥后备用;

第二步、按照压敏胶与丙酮的体积比为 1:1, 配置粘结剂, 混合搅拌均匀, 将粘结剂均匀涂抹在圆锯片外边缘钢基体表面, 厚度为 0.2 mm;

第三步、磨料群的中心单元选择图 3 所示磨料单元, 采用 6 个图 3、4 所示磨料单元环绕中心以半径 R 的圆周交替排布, 其中两种磨料单元中心第一层粒度为 30/35 目、第二层及第三层粒度为 50/60 目, 即 $d_1=0.85$ mm, $d_2=0.425$ mm, $d_1/d_2=2$, 取 $k=4$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=1.275$ mm, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=2.125$ mm, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=9$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=15$, $R=k r_2=8.5$ mm, $n=6$, $\theta=\pi/3$ 。

[0039] 据上述参数制作相应的模板, 将模板覆盖在粘结剂上, 将按要求准备的金刚石、立方氮化硼磨料协同排布粘附在模板表面, 排布后撤去模板。直观排布方式如图 2~4 所示。

[0040] 第四步、用颗粒平均大小为 60 目的 $(\text{Cu}_{80}\text{Sn}_{20})_{95}\text{Ti}_5$ 合金钎料覆盖在磨料周围, 厚度为磨粒粒径平均尺寸的 85%。将试件放入真空炉中, 抽真空, 以 15 °C/min 速度升温至 930 °C, 保温 10 min, 再以 10 °C/min 速度降温至 400 °C, 然后随炉冷却至室温, 加热和冷却过程中真空炉中的真空度始终低于 1×10^{-2} Pa。冷却后, 磨粒钎焊固定在钢基体表面, 实现了钎焊连接。

[0041] 实施例 2

第二步中所述粘结剂的厚度为 0.15mm;第四步中, 钎料粒度大小范围为 220 目, 所覆盖的钎料厚度范围可以为磨料粒径平均尺寸的 45%;升温速度为 10 °C/min;钎焊温度的选择范围可以为 880 °C;保温时间的选择范围可以为 15 min;其余同实施例 1。

[0042] 实施例 3

第二步中所述粘结剂的厚度为 0.35 mm;第四步中, 钎料粒度大小范围为 100 目, 所覆盖的钎料厚度范围可以为磨料粒径平均尺寸的 90%;钎焊温度的选择范围可以为 950 °C;升温速度为 20 °C/min, 降温速度 20 °C/min;为保温时间的选择范围可以为 30min;其余同实施例 1。

[0043] 实施例 4

第三步中所述采用 12 个图 3、4 所示磨料单元环绕中心以半径 R 的圆周交替排布, 第一层粒度为 20/25 目、第二层及第三层粒度为 35/40 目, 即 $d_1=1.12$ mm, $d_2=0.68$ mm, $d_1/d_2=2$, 取 $k=6$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=1.85$ mm, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=2.75$ mm, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=12$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=20$, $R=k r_2=9.0$ mm, $n=12$, $\theta=\pi/6$ 。

$d_2=1.65$, 取 $k=5$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=2.25\text{ mm}$, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=3.95\text{ mm}$, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=8$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=14$, $R=k r_2=19.75\text{ mm}$, $n=12$, $\theta=\pi/6$; 其余同实施例 1。

[0044] 实施例 5

第三步中所述采用 8 个图 3、4 所示磨料单元环绕中心以半径 R 的圆周交替排布, 第一层粒度为 40/45 目、第二层及第三层粒度为 70/80 目, 即 $d_1=0.59\text{ mm}$, $d_2=0.34\text{ mm}$, $d_1/d_2=1.74$, 取 $k=3$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=0.70\text{ mm}$, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=1.21\text{ mm}$, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=8$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=14$, $R=k r_2=3.63\text{ mm}$, $n=8$, $\theta=\pi/4$; 其余同实施例 1。

[0045] 实施例 6

以直径为 125mm 的磨盘载体为例, 其排布及钎焊过程如下:

第一步、将金刚石、立方氮化硼分别在丙酮和无水乙醇的混合溶液中进行超声清洗、干燥后待用, 所用丙酮和乙醇的体积比为 1.5:1; 使用汽油等有机溶剂对钢基体进行清洗, 干燥后对钢基体钎焊面作喷砂处理, 用丙酮对钢基体表面进行清洗, 干燥后备用;

第二步、按照压敏胶与丙酮的体积比为 1:1, 配置粘结剂, 混合搅拌均匀, 将粘结剂均匀涂抹在钢基体表面, 厚度为 0.18mm;

第三步、磨料群的中心单元选择图 4 所示磨料单元, 采用 6 个图 3、4 所示磨料单元环绕中心以半径 R 的圆周交替排布, 其中两种磨料单元中心层粒度为 35/40 目、第二层及第三层粒度为 50/60 目, 即 $d_1=0.726\text{ mm}$, $d_2=0.425\text{ mm}$, $d_1/d_2=1.7$, 取 $k=4$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=1.151\text{ mm}$, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=2.001\text{ mm}$, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=8$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=14$, $R=k r_2=8.004\text{ mm}$, $n=6$, $\theta=\pi/3$;

据上述参数制作相应的模板, 将模板覆盖在粘结剂上, 将按要求准备的金刚石、立方氮化硼磨料协同排布粘附在模板表面, 排布后撤去模板。直观排布方式如图 2~4 所示。

[0046] 第四步、用颗粒平均大小为 70 目的 $(\text{Ag}_{72}\text{Cu}_{28})_{95}\text{Ti}_5$ 合金钎料覆盖在磨料周围, 厚度为磨粒粒径平均尺寸的 85%。将试件放入真空炉中, 抽真空, 以 15 °C/min 速度升温至 900 °C, 保温 10 min, 再以 10 °C/min 速度降温至 400 °C, 然后随炉冷却至室温, 加热和冷却过程中真空炉中的真空间度始终低于 $1\times 10^{-2}\text{ Pa}$ 。冷却后, 磨粒钎焊固定在钢基体表面, 实现了钎焊连接。

[0047] 实施例 7

第二步中所述粘结剂的厚度为 0.15mm; 第四步中, 钎料粒度大小范围为 220 目, 所覆盖的钎料厚度范围可以为磨料粒径平均尺寸的 45%; 升温速度为 10 °C/min; 钎焊温度的选择范围可以为 880 °C; 降温速度 10 °C/min; 保温时间的选择范围可以为 15 min; 其余同实施例 6。

[0048] 实施例 8

第二步中所述粘结剂的厚度为 0.35 mm; 第四步中, 钎料粒度大小范围为 100 目, 所覆盖的钎料厚度范围可以为磨料粒径平均尺寸的 90%; 钎焊温度的选择范围可以为 950 °C; 升温速度为 20 °C/min, 降温速度 20 °C/min; 保温时间的选择范围可以为 30min; 其余同实施例 6。

[0049] 实施例 9

第三步中所述采用 12 个图 3、4 所示磨料单元环绕中心以半径 R 的圆周交替排布, 第一层粒度为 20/25 目、第二层及第三层粒度为 35/40 目, 即 $d_1=1.12\text{ mm}$, $d_2=0.68\text{ mm}$, $d_1/d_2=1.66$, 取 $k=3$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=0.85\text{ mm}$, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=1.75\text{ mm}$, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=12$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=18$, $R=k r_2=19.00\text{ mm}$, $n=12$, $\theta=\pi/4$; 其余同实施例 1。

$d_2=1.65$, 取 $k=5$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=2.25$ mm, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=3.95$ mm, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=8$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=14$, $R=k r_2=19.75$ mm, $n=12$, $\theta=\pi/6$; 其余同实施例 6。

[0050] 实施例 10

第三步中所述采用 8 个图 3、4 所示磨料单元环绕中心以半径 R 的圆周交替排布, 第一层粒度为 40/45 目、第二层及第三层粒度为 70/80 目, 即 $d_1=0.59$ mm, $d_2=0.34$ mm, $d_1/d_2=1.74$, 取 $k=3$, 则 $r_1=k(d_1+d_2)/4=0.70$ mm, $r_2=k(d_1+3d_2)/4=1.21$ mm, $n_1=\pi(1+d_1/d_2)=8$, $n_2=\pi(3+d_1/d_2)=14$, $R=k r_2=3.63$ mm, $n=8$, $\theta=\pi/4$; 其余同实施例 6。

[0051] 上述的具体实施方式是对本发明的一个说明, 仅仅是示意性的, 不是局限性的, 还可以有很多变化, 应视为本发明的保护范围。

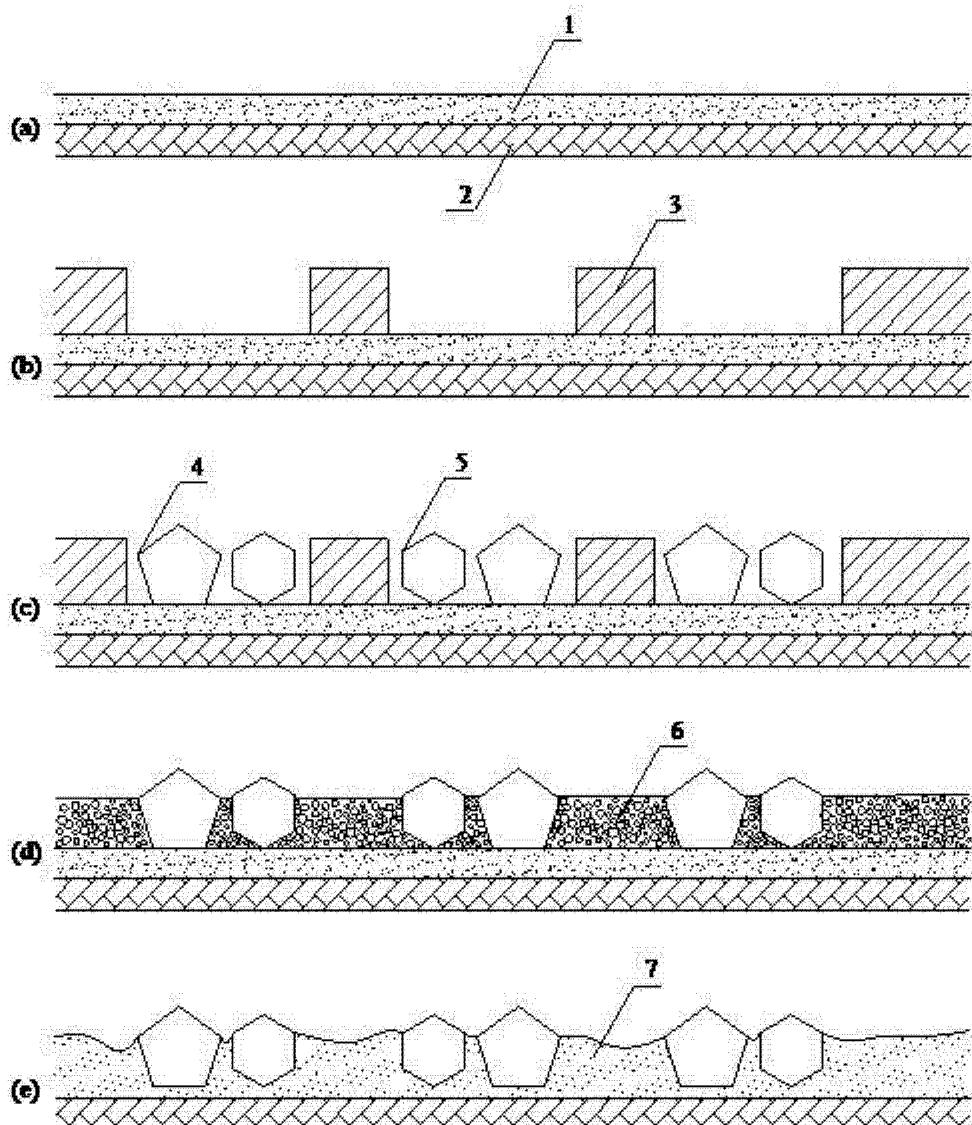


图 1

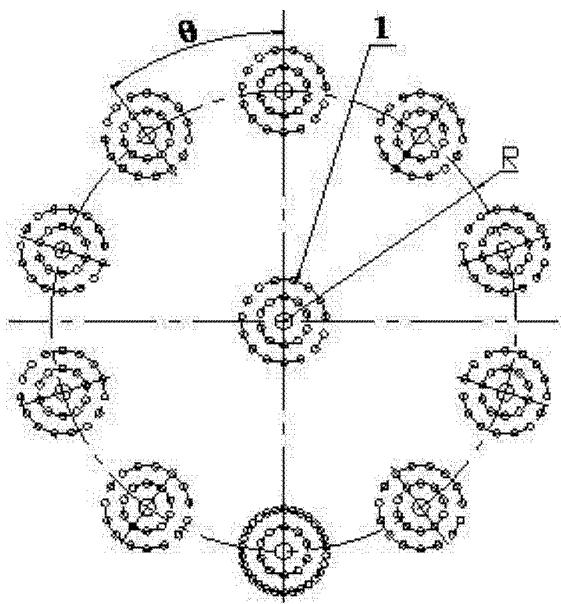


图 2

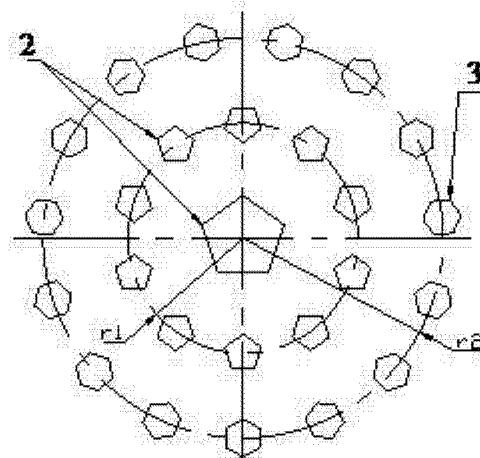


图 3

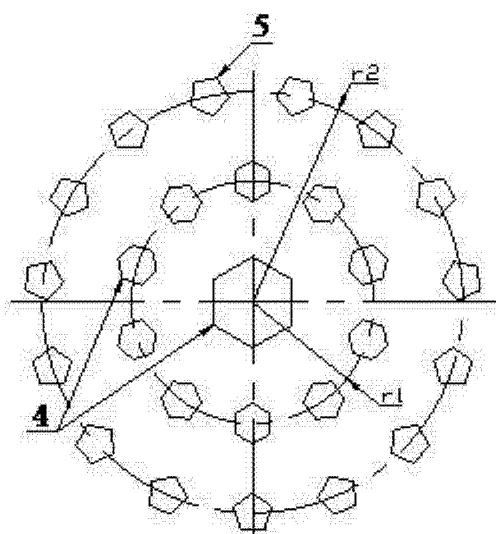


图 4