



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110219002 A

(43)申请公布日 2019.09.10

(21)申请号 201910589856.X

(22)申请日 2019.07.02

(71)申请人 爱柯迪股份有限公司

地址 315000 浙江省宁波市江北区金山路
588号

(72)发明人 李建军 范鹏 方天明

(74)专利代理机构 浙江素豪律师事务所 33248

代理人 邱积权

(51)Int.Cl.

C23C 26/02(2006.01)

C22C 30/00(2006.01)

C22C 32/00(2006.01)

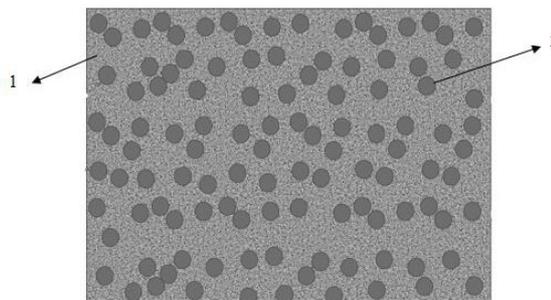
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

用于修复模具的高熵合金复合涂层材料及
模具修复方法

(57)摘要

本发明公开了用于修复模具的高熵合金复合涂层材料及模具修复方法,包括Ni、Fe、Cr、Al、W元素和WC陶瓷粉末;进行模具修复时,在氮气环境中,将Ni、Fe、Cr、Al、W和WC粉末放置球磨罐中进行混合,以得到高熵合金复合粉末;将高熵复合粉末放置于模具中,进行压制成型,成型温度控制在800-1300℃,成型压力控制在10-50MPa,压制成型时间控制在1-5小时,压制成型后得到高熵合金复合电极;高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,火花放电产生的高温将所述的高熵合金复合电极熔化、蒸发并沉积到待的模具表面,在模具表面形成高熵合金复合涂层材料,使模具修复部位具有优良的耐磨损性能。



1. 用于修复模具的高熵合金复合涂层材料,其特征在于高熵合金复合涂层材料的化学式为NiFeCrAlW-WC,包括Ni、Fe、Cr、Al、W元素和WC陶瓷粉末。

2. 根据权利要求1所述的用于修复模具的高熵合金复合涂层材料,其特征在于NiFeCrAlW-WC高熵合金复合涂层材料中,NiFeCrAlW高熵合金中各元素的原子百分含量为10~30%,WC陶瓷粉末的百分含量为1%~30%。

3. 根据权利要求1所述的用于修复模具的高熵合金复合涂层材料,其特征在于所述的Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末的粒径为50纳米~50微米。

4. 根据权利要求1所述的用于修复模具的高熵合金复合涂层材料,其特征在于所述的NiFeCrAlW-WC高熵合金复合涂层材料的晶体结构为面心立方结构或体心立方结构。

5. 模具修复方法,其特征在于如下步骤:

在氮气环境中,将Ni、Fe、Cr、Al、W和WC粉末放置球磨罐中进行混合,混合结束后得到高熵合金复合粉末;

将步骤1)中所述的高熵合金复合粉末放置于待修复的模具中,进行压制成型,成型温度控制在800~1300℃,成型压力控制在10~50MPa,压制成型时间控制在1~5小时,压制成型后得到高熵合金复合电极;

所述的高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,火花放电产生的高温将所述的高熵合金复合电极熔化、蒸发并沉积到待修复的模具表面,在模具表面形成高熵合金复合涂层材料。

6. 根据权利要求5所述的模具修复方法,其特征在于步骤1)中Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末在球磨罐中混合的时间为1~5小时。

7. 根据权利要求5所述的模具修复方法,其特征在于步骤1)中Ni、Fe、Cr、Al、W各元素的原子百分含量为10%~30%,WC陶瓷粉末的百分含量为1%~30%。

8. 根据权利要求5所述的模具修复方法,其特征在于控制步骤3)中的沉积时间,以得到不同厚度和晶体结构的高熵合金复合涂层材料。

9. 根据权利要求8所述的利用高熵合金复合材料修复模具的方法,其特征在于所述的晶体结构为面心立方结构或体心立方结构。

用于修复模具的高熵合金复合涂层材料及模具修复方法

[0001]

技术领域

[0002] 本发明涉及用于模具修复的涂层材料的技术领域,尤其涉及高熵合金复合涂层材料及利用高熵合金复合材料修复模具的方法。

背景技术

[0003] 模具是指外力作用下使坯料成为有特定形状和尺寸的制件的工具,广泛用于金属、高分子以及陶瓷等制品成形加工中。模具一般包括动模和定模两个部分,二者可分可合。分开时取出制件,合拢时使坯料注入模具型腔成形。模具生产的发展水平是机械制造水平的重要标志之一,它的质量直接决定产品的质量。提高模具的使用寿命和精度,缩短模具的制造周期,是许多企业急需解决的技术问题。

[0004] 模具在使用过程中,模具型槽逐渐磨损而使尺寸超出公差范围,或局部产生严重的热机械疲劳裂纹,或磨损是不均匀;从而影响锻件表面质量,乃至难于出模。因此,对模具的修复也是必要的。修复模具的方法很多,如电火花工艺、氩弧焊修复、激光堆焊技术、电刷镀方法。

[0005] 目前氩弧焊是常用的修复方法,可适用于大部分主要金属,包括碳钢、合金钢。熔化极惰性气体保护焊适用于不锈钢、铝、镁、铜、钛、锆及镍合金,由于价格低,被广泛用于模具修复焊,但焊接热影响面积大、焊点大等缺点,目前在精密模具修补方面已逐步被激光焊所代替。

[0006] 激光焊是利用大功率相干单色光子流聚焦而成的激光束为热源进行的焊接,这种焊接方法通常有连续功率激光焊和脉冲功率激光焊,激光焊优点是不需要在真空中进行,缺点则是穿透力不如电子束焊强。激光焊时能进行精确的能量控制,因而可以实现精密器件的焊接。它能应用于很多金属,特别是能解决一些难焊金属及异种金属的焊接,目前已广泛用于模具的修复。但激光修复设备价格昂贵,不利于厂家降低成本。

[0007] 传统的模具修复方法要么治标不治本,不能彻底修复,要么就是采用电焊,不好把握,同时电焊升温,可能造成整套模具的报废。为此需要开发新的修复方法和修复的材料。

[0008] 电火花表面强化技术是一种直接利用电火花的能量,将作为涂层材料的电极熔化,并在放电作用下扩散到工件表层,与工件金属重新合金化或对表面进行涂覆的表面处理工艺,该工艺已广泛应用于航空、航天、能源、军事、核工业、汽车、电力、医疗、冶金、矿山以及精密机械零部件的表面强化。使工件具有高硬度、高耐磨性、高疲劳强度、高耐磨蚀性和抗氧化、耐高温、耐烧蚀等特殊性能。由于电火花强化的优异性能,其在模具修复中具有良好的应用前景。

[0009] 在修复材料方面,目前常用的是金属金属材料或者金属陶瓷,其性能存在一定的局限性。2004年,中国台湾学者叶均蔚教授突破合金设计的传统观念,创新性地提出多主元高熵合金概念,被誉为近几十年来合金化理论的三大突破之一。

[0010] 在高熵合金中没有主要元素和次要元素的区别,最佳组成元素个数为5-13之间,每种元素的含量均介于5%-35%之间。如果合金(固溶体)中有w种原子混合,则其摩尔混合熵 $\Delta S = R \ln w$ 。当w越大时,混合熵就越高。根据吉布斯自由能与混合熵的关系 $\Delta G_{mix} = \Delta H_{mix} - T \Delta S_{mix}$,熵的增加会大大降低吉布斯自由能,而吉布斯自由能更低的结构在凝固时将会优先形成。

[0011] 高熵合金中的高熵效应会导致系统自由能的降低,在凝固过程中将优先形成体心立方结构(BCC)和面心立方结构(FCC)等高熵固溶体,而不会形成脆性金属间化合物。由于高熵合金具有热力学上的高熵效应、结晶学方面的晶格畸变效应、动力学上的迟缓扩散效应以及性能上的鸡尾酒效应。因而使其具有高强度、高耐磨性、高耐腐蚀性等优异性能而受到国内外的广泛关注。

[0012] 采用电火花放电方法将高熵合金材料沉积在需要修复的模具表面,使模具基体保持较高的强度,同时利用表面高熵合金优异的性能,发挥其耐磨耐腐蚀热导率低的优点,大幅度提高模具的使用寿命。在大批量模具修复中具有良好的应用前景。

发明内容

[0013] 本发明所要解决的技术问题是提供一种能够提高模具耐磨、耐腐蚀的性能,从而延长模具使用寿命的高熵合金复合涂层材料及模具修复方法。

[0014] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:用于修复模具的高熵合金复合涂层材料,其特征在于高熵合金复合涂层材料的化学为NiFeCrAlW-WC,包括Ni、Fe、Cr、Al、W元素和WC陶瓷粉末。

[0015] 本发明进一步的优选方案为: NiFeCrAlW-WC高熵合金复合涂层材料中, NiFeCrAlW高熵合金中各元素的原子百分含量为10~30%,WC陶瓷粉末的百分含量为1%~30%。

[0016] 本发明进一步的优选方案为:所述的Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末的粒径为50纳米~50微米。

[0017] 本发明进一步的优选方案为:所述的NiFeCrAlW-WC高熵合金复合涂层材料的晶体结构为面心立方结构或体心立方结构。

[0018] 另一主题:模具修复方法,其特征在于如下步骤:1)在氮气环境中,将Ni、Fe、Cr、Al、W和WC粉末放置球磨罐中进行混合,混合结束后得到高熵合金复合粉末;2)将步骤1)中所述的高熵合金复合粉末放置于待修复的模具中,进行压制成型,成型温度控制在800-1300℃,成型压力控制在10-50MPa,压制成型时间控制在1-5小时,压制成型后得到高熵合金复合电极;3)所述的高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,火花放电产生的高温将所述的高熵合金复合电极熔化、蒸发并沉积到待修复的模具表面,在模具表面形成高熵合金复合涂层材料。

[0019] 本发明进一步的优选方案为:步骤1)中Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末在球磨罐中混合的时间为1-5小时。

[0020] 本发明进一步的优选方案为:控制步骤3)中的沉积时间,以得到不同厚度和晶体结构的高熵合金复合涂层材料。

[0021] 本发明进一步的优选方案为:所述的晶体结构为面心立方结构或体心立方结构。

[0022] 与现有技术相比,本发明的优点是1、本发明充分利用电火花放电技术原位合成高

熵合金复合材料,为高熵合金复合材料的合成开拓了新的方向;2、本发明将高熵合金和陶瓷相结合,不但发挥高熵合金的耐腐蚀和耐高温性能,同时WC陶瓷相可以大幅度提高涂层材料的硬度,实现耐磨效果;3、与常规激光灯修复方法相比,本发明采用电火花放电技术,设备价格低廉,易于被厂家大批量推广应用,工业前景良好。

附图说明

[0023] 图1为NiFeCrAlW-WC高熵合金复合涂层材料的结构示意图;
图2为本发明中高熵合金复合电极结构的示意图。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。以下结合附图所提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0025] 以下结合具体的实施例对本发明的技术方案作进一步说明:

用于修复模具的高熵合金复合涂层材料,其化学为NiFeCrAlW-WC,包括Ni、Fe、Cr、Al、W元素和WC陶瓷粉末。在NiFeCrAlW-WC高熵合金复合涂层材料中,NiFeCrAlW高熵合金中各元素的原子百分含量为10~30%,WC陶瓷粉末的百分含量为1%~30%。其中Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末的粒径为50纳米~50微米。

[0026] NiFeCrAlW-WC高熵合金复合涂层材料的晶体结构为面心立方结构或体心立方结构。

[0027] 实施例1:在氮气环境中,先将粒径在50纳米的Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末放置球磨罐中进行混合,得到高熵合金复合粉末;NiFeCrAlW高熵合金和WC陶瓷粉末的百分比含量分别为80%和20%,NiFeCrAlW高熵合金中Ni、Fe、Cr、Al、W各元素含量分别为16%,球磨时间控制在1小时。

[0028] 混粉结束后,按照电极要求将高熵合金复合粉末放置于不同尺寸的模具中进行压制成型,成型温度控制在800℃,压力控制在10MPa,压制时间控制在1小时。烧结结束获得高熵合金复合电极。

[0029] 然后在高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,将高熵合金复合电极上高熵合金复合材料蒸发并沉积到待修复的模具表面,控制沉积时间,获得不同厚度的高熵复合涂层材料。

[0030] 制备结束后,在模具表面获得Ni₁₆Fe₁₆Cr₁₆Al₁₆W₁₆-WC₂₀高熵合金复合涂层材料。

[0031] 实施例2:在氮气环境中,先将粒径在5微米的Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末放置球磨罐中进行混合,得到高熵合金复合粉末;NiFeCrAlW高熵合金和WC陶瓷粉末的百分比含量分别为90%和10%,NiFeCrAlW高熵合金中Ni、Fe、Cr、Al、W各元素含量分别为18%。球磨时间控制在2小时。

[0032] 混粉结束后,按照电极要求将高熵合金复合粉末放置于不同尺寸的模具中进行压

制成型,成型温度控制在1000℃,压力控制在50MPa,压制时间控制在2小时。烧结结束获得高熵合金复合电极。

[0033] 然后在高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,将高熵合金复合电极上高熵合金复合材料蒸发并沉积到待修复的模具表面,控制沉积时间,获得不同厚度的高熵合金复合涂层材料。

[0034] 制备结束后,在模具表面获得Ni₁₈Fe₁₈Cr₁₈Al₁₈W₁₈-WC₁₀高熵合金复合涂层材料。

[0035] 实施例3:在氮气环境中,先将粒径在50微米的Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末放置球磨罐中进行混合,得到高熵合金复合粉末;NiFeCrAlW高熵合金和WC陶瓷粉末的百分比含量分别为70%和30%,NiFeCrAlW高熵合金中Ni、Fe、Cr、Al、W各元素含量分别为14%。球磨时间控制在4小时。

[0036] 混粉结束后,按照电极要求将高熵合金复合粉末放置于不同尺寸的模具中进行压制成型,成型温度控制在1300℃,压力控制在50MPa,压制时间控制在5小时。烧结结束获得高熵合金复合电极。

[0037] 然后在高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,将高熵合金复合电极上的高熵合金复合材料蒸发并沉积到待修复的模具表面,控制沉积时间,获得不同厚度的高熵合金复合涂层材料。

[0038] 制备结束后,在需要修复的模具表面获得Ni₁₄Fe₁₄Cr₁₄Al₁₄W₁₄-WC₃₀高熵合金复合涂层材料。

[0039] 实施例4:在氮气环境中,先将粒径在20微米的Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末放置球磨罐中进行混合,得到高熵合金复合粉末;NiFeCrAlW高熵合金和WC陶瓷粉末的百分比含量分别为85%和15%,NiFeCrAlW高熵合金中Ni、Fe、Cr、Al、W各元素含量分别为17%。球磨时间控制在3小时。

[0040] 混粉结束后,按照电极要求将高熵合金复合粉末放置于不同尺寸的模具中进行压制成型,成型温度控制在1100℃,压力控制在40MPa,压制时间控制在3小时。烧结结束获得高熵合金复合电极。

[0041] 然后在高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,将高熵合金复合电极上的高熵合金复合材料蒸发并沉积到待修复的模具表面,控制沉积时间,获得不同厚度的高熵合金复合涂层材料。

[0042] 制备结束后,在需要修复的模具表面获得Ni₁₅Fe₁₅Cr₁₅Al₁₅W₁₅-WC₁₅高熵合金复合涂层材料。

[0043] 实施例5:在氮气环境中,先将粒径在30微米的Ni、Fe、Cr、Al、W和WC陶瓷粉末放置球磨罐中进行混合,得到高熵合金复合粉末;NiFeCrAlW高熵合金和WC陶瓷粉末的百分比含量分别为95%和5%,NiFeCrAlW高熵合金中Ni、Fe、Cr、Al、W各元素含量分别为19%,球磨时间控制在4小时。

[0044] 混粉结束后,按照电极要求将高熵合金复合粉末放置于不同尺寸的模具中进行压制成型,成型温度控制在1000℃,压力控制在40MPa,压制时间控制在4小时。烧结结束获得高熵合金复合电极。

[0045] 然后在高熵合金复合电极和待修复的模具之间产生火花放电,将高熵合金复合电极上的高熵合金复合材料蒸发并沉积到待修复的模具表面,控制沉积时间,获得不同厚度

的高熵合金复合涂层材料。

[0046] 制备结束后,在需要修复的模具表面获得 $\text{Ni}_{19}\text{Fe}_{19}\text{Cr}_{19}\text{Al}_{19}\text{W}_{19}\text{-WC}_5$ 高熵合金复合涂层材料。

[0047] 上述各个实施例在模具表面制得的高熵合金复合涂层材料,其具体表征的结构示意图,如图1所示, NiFeCrAlW高熵合金1作为电极的基体,WC陶瓷粉末2附着在NiFeCrAlW高熵合金1上,两者结合后,不但发挥NiFeCrAlW高熵合金具有较强的耐腐蚀和耐高温性能,同时WC陶瓷粉末可以大幅度提高涂层材料的硬度,实现耐磨效果。

[0048] 需要说明是的,如图2所示,上述各实施例中高熵合金复合电极可以为圆形电极3,也可以为四棱柱形电极4。

[0049] 以上对本发明所提供的用于修复模具的高熵合金复合涂层材料及模具修复方法进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明及核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

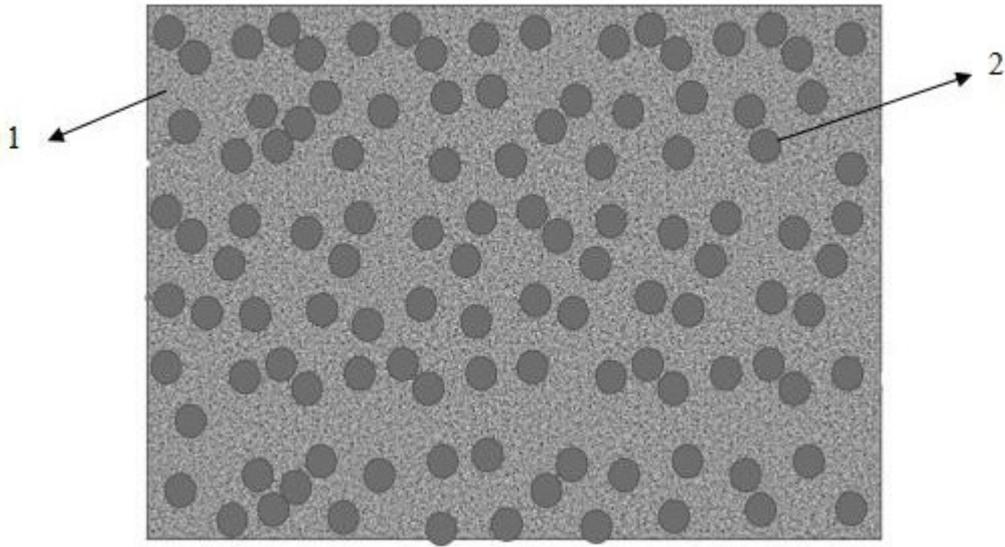


图1

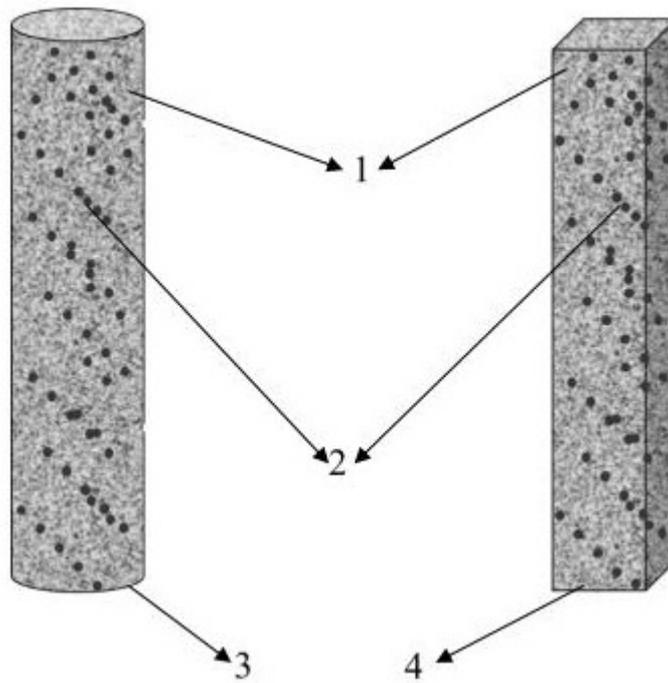


图2