



(21) 申请号 202110839773.9

C23C 4/06 (2016.01)

(22) 申请日 2021.07.23

C23C 4/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C22C 45/02 (2006.01)

申请公布号 CN 113684440 A

B22F 9/04 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.11.23

审查员 周博慧

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 曾德长 刘孝青 吴姚莎 邱兆国
郑志刚 王刚

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

专利代理师 何淑珍 江裕强

(51) Int. Cl.

C23C 4/129 (2016.01)

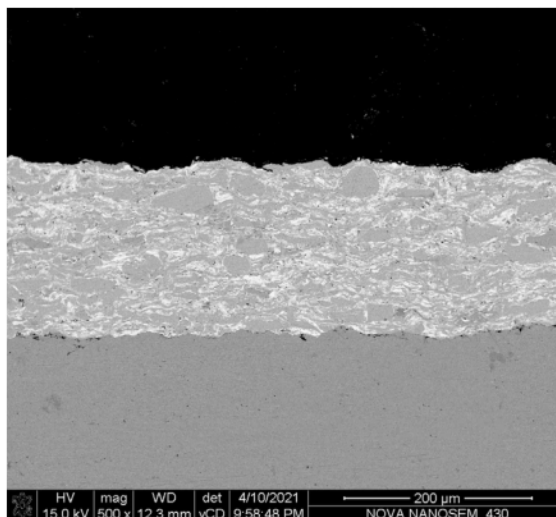
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种钼掺杂复合涂层及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种钼掺杂复合涂层及其制备方法,所述复合涂层由喷涂粉末喷涂而成,所述喷涂粉末为含有金属钼掺杂的铁基非晶合金粉末。本发明通过将金属钼粉末与铁基非晶合金粉末的复合粉加入混料机中预混,然后加入球磨机中进行球磨处理得复合喷涂粉末;对铁基基板表面进行除油、粗化及预热处理;采用超音速火焰喷涂技术将复合喷涂粉末沉积至铁基基板表面,得到钼掺杂复合涂层。本发明复合涂层组织均匀且同时具有低的孔隙率、优异的结合强度和断裂韧性,以及良好的自润滑减磨性能和耐腐蚀性能,能对不锈钢材料在磨损和盐类腐蚀交互的工况下起到很好的防护作用。



1. 一种钼掺杂复合涂层,其特征在于:所述复合涂层由喷涂粉末喷涂而成,所述喷涂粉末为含有金属钼掺杂的铁基非晶合金复合粉末;

所述喷涂粉末按体积百分比计,包括10~30vol%的金属钼粉末和70~90vol%的铁基非晶合金粉末;所述喷涂粉末进行球磨处理后喷涂;所述喷涂为超音速火焰喷涂;

所述的金属钼粉末粒径为1~10 μ m,所述的铁基非晶合金粉末粒径为400~200目。

2. 根据权利要求1所述的一种钼掺杂复合涂层,其特征在于:所述含有金属钼掺杂的铁基非晶合金复合粉末按质量百分比计,包括31.9~45.9wt%的Fe、27.4~49.4wt%的Mo、15.7~22.5wt%的Cr、1.5~2.1wt%的C、1.3~1.8wt%的B及0.2~0.3wt%的Si。

3. 根据权利要求1所述的一种钼掺杂复合涂层,其特征在于:所述金属钼粉末纯度 $\geq$ 96%。

4. 根据权利要求1所述的一种钼掺杂复合涂层,其特征在于:所述的铁基非晶合金粉末纯度 $\geq$ 99%。

5. 一种如权利要求1至4任一项所述钼掺杂复合涂层的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将金属钼粉末与铁基非晶合金粉末的复合粉加入混料机中预混;

(2) 将步骤(1)预混后的混合粉加入球磨机中进行球磨处理得复合喷涂粉末;

(3) 对铁基基板表面进行除油、粗化及预热处理;

(4) 采用超音速火焰喷涂技术将步骤(2)所述的复合喷涂粉末沉积至步骤(3)所得的铁基基板表面,得到钼掺杂复合涂层。

6. 根据权利要求5所述的钼掺杂复合涂层的制备方法,其特征在于,步骤(1)中所述预混的条件为:转速50-100r/min,预混时间1-4h。

7. 根据权利要求5所述的钼掺杂复合涂层的制备方法,其特征在于,步骤(2)中所述球磨处理的条件为:转速180~280r/min;球磨时间为5~10h;每球磨20~35min,停机15~30min;磨球直径为10mm、8mm、5mm,按照质量比1:(1~1.5):(1.5~2)比例进行搭配混合;不添加过程控制剂。

8. 根据权利要求5所述的钼掺杂复合涂层的制备方法,其特征在于,步骤(3)的具体步骤为:先用丙酮超声清洗铁基基板表面,再用24~80#的白刚玉进行喷砂粗化,然后将基板表面预热至100~150 $^{\circ}$ C;所述铁基基板为不锈钢基板。

9. 根据权利要求5所述的钼掺杂复合涂层的制备方法,其特征在于,步骤(4)中所述的超音速火焰喷涂的条件为:燃料类型为丙烷、燃料I压力为97~117psi、燃料II压力为102~108psi、空气压力为105~108 psi、氮气送粉流量为70~80L/min、送粉率为10~30%、喷涂距离为200~300mm、喷涂角度为80~90 $^{\circ}$ 。

一种钼掺杂复合涂层及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属复合涂层技术领域,特别涉及一种钼掺杂复合涂层及其制备方法。

背景技术

[0002] 热喷涂涂层能有效提高各类机械零部件在磨擦载荷和腐蚀环境下的使用时长。如今,社会和科学技术的发展对涂层在高载荷以及交互工况下的使用提出更高的要求。这就要求涂层同时具备优异的耐磨和耐腐蚀性能。得益于原子长程无序的组织结构,非晶合金和涂层展现出较好的硬度、耐磨及耐腐蚀性能,有望应用在海洋工程、石油开采和军工等领域。在众多非晶涂层中,铁基非晶涂层的研究和性能应用最为广泛和集中,然而铁基非晶涂层组织主要由脆性大的玻璃相构成,且硬度相对不高。为了进一步开发能应用在如石油开采行业的柱塞、具有腐蚀介质环境的模具钢以及常见的不锈钢工件上的苛刻工况下服役的高性能铁基非晶涂层意义极大。Jiang等人将9-23wt.%的钼合金粉混合至铁基非晶合金粉中,随后制备复合涂层(Jiang C P,Xing Y Z,Zhang F Y,et al.Microstructure and corrosion resistance of Fe/Mo composite amorphous coatings prepared by air plasma spraying[J].矿物冶金与材料学报,2012,19(7):657-662.)。研究表明钼合金的自粘接性和较低的热膨胀系数有利于复合涂层获得致密的结构。然而钼合金有低温脆性以及其合金元素易于高温氧化,这些特性皆不利于制备高性能的非晶复合涂层。相较而言,纯金属钼具有良好的导热性能,塑韧性远高于铁基非晶合金,且其易于在高温条件或摩擦载荷下只形成氧化钼,并起到自润滑减磨作用。因此,开发钼掺杂的复合涂层从理论上可解决现有技术制备的非晶合金涂层脆性大和致密度不高等性能瓶颈,延长工件在复杂工况下的服役寿命。

发明内容

[0003] 本发明旨在解决现有技术中存在的技术问题。为此,本发明的目的是提出一种钼掺杂复合涂层及其制备方法,该涂层同时具有组织均匀,低孔隙率和高结合强度,高耐磨和高耐蚀性等特点,能对不锈钢材料起到很好的保护作用。

[0004] 本发明的上述技术目的是通过以下技术方案得以实现的:

[0005] 一种钼掺杂复合涂层,所述复合涂层由喷涂粉末喷涂而成,所述喷涂粉末为含有金属钼掺杂的铁基非晶合金复合粉末。

[0006] 优选的,所述喷涂粉末按体积百分比计,包括10~30vol%的金属钼粉末和70~90vol%的铁基非晶合金粉末。

[0007] 优选的,所述含有金属钼掺杂的铁基非晶合金复合粉末按质量百分比计,包括31.9~45.9wt%的Fe、27.4~49.4wt%的Mo、15.7~22.5wt%的Cr、1.5~2.1wt%的C、1.3~1.8wt%的B及0.2~0.3wt%的Si。

[0008] 优选的,所述的金属钼粉末粒径为1~10 μ m,所述钼粉末纯度 $\geq$ 96%。

- [0009] 优选的,所述的铁基非晶合金粉末粒径为400~200目,粉末纯度 $\geq 99\%$ 。
- [0010] 一种如上述钼掺杂复合涂层的制备方法,包括以下步骤:
- [0011] (1) 将金属钼粉末与铁基非晶合金粉末的复合粉加入高效混料机中预混;
- [0012] (2) 将步骤(1)预混后的混合粉加入高能球磨机中进行球磨处理得复合喷涂粉末;
- [0013] (3) 对铁基基板表面进行除油、粗化及预热处理;
- [0014] (4) 采用超音速火焰喷涂技术将步骤(2)所述的复合喷涂粉末沉积至步骤(3)所得的铁基基板表面,得到钼掺杂复合涂层。
- [0015] 优选的,步骤(1)中所述预混的条件为:转速50-100r/min,预混时间1-4h。进一步优选的,转速50r/min。
- [0016] 优选的,步骤(2)中所述球磨处理的条件为:转速180~280r/min;球磨时间为5~10h;每球磨20~35min,停机15~30min;磨球直径为10mm、8mm、5mm,按照质量比1:(1~1.5):(1.5~2)比例进行搭配混合;不添加过程控制剂。进一步优选的,磨球质量比为1:1:(1.5~2)。
- [0017] 优选的,步骤(3)的具体步骤为:先用丙酮超声清洗铁基基板表面,再用24~80#的白刚玉进行喷砂粗化,然后将基板表面预热至100~150℃。
- [0018] 优选的,所述铁基基板为不锈钢基板。
- [0019] 优选的,步骤(4)中所述的超音速火焰喷涂的条件为:燃料类型为丙烷、燃料I压力为97~117Psi、燃料II压力为102~108Psi、空气压力为105~108Psi、氮气送粉流量为70~80L/min、送粉率为10~30%、喷涂距离为200~300mm、喷涂角度为80~90°。
- [0020] 本发明采用金属钼末掺杂的铁基非晶合金粉末作为不锈钢件表面防护涂层材料,其组分中,钼的良好导热性能使喷涂粉和涂层实现更充分的熔化状态,从使涂层沉积片层间的结合强度更高和孔隙率的降低,且钼的熔点极高,可在喷涂的高温时诱导基体微熔以形成一定的冶金结合,从而降低涂层在腐蚀环境下发生点蚀失效;韧性好钼的均匀分散能有效地阻碍复合涂层中裂纹的扩展,进而减少涂层在摩擦载荷下的脱片磨损;同时涂层在磨球作用下,钼元素能在空气中生成具有自润滑效应的氧化钼,能有效地降低摩擦系数并减少磨球与涂层的直接接触面积,从而降低涂层的磨损程度。铁基非晶合金作为复合涂层的主体,其非晶组织无晶界,且其中Cr、B元素能在有氧环境下生成氧化物钝化膜,可一定程度防护涂层腐蚀失效。
- [0021] 为避免复合粉末颗粒在球磨时氧化,配制粉末需在手套箱中的高纯氩气氛围下进行。
- [0022] 本发明的有益效果是:
- [0023] (1) 本发明的涂层能与基体结合良好,组织均匀且孔隙率较低,断裂韧性良好,同时具有自润滑耐磨性能和极高的耐腐蚀性能,可显著提高如304不锈钢等不锈钢件的使用寿命。
- [0024] (2) 本发明的涂层,喷涂粉的制备工艺简单、稳定、成本低且性能提升效果明显,可大规模生产应用,为不锈钢表面提供良好的防护或修复作用。
- [0025] (3) 本发明的涂层在制备过程中采用活性燃烧高速燃气喷涂技术,相对于传统的喷涂方法,由于其更低的火焰温度和更高的粒子加速速度,不仅降低了复合喷涂粉末的氧化和相变,还使涂层在沉积时获得更高的表面压应力。

附图说明

- [0026] 图1为实施例2制备的含20vol.%钼掺杂的球磨复合粉的HRSEM形貌图。
- [0027] 图2为实施例2和对比例1制备的涂层表面未磨抛的HRSEM形貌图。
- [0028] 图3为实施例2制备的复合涂层的截面HRSEM图。
- [0029] 图4为实施例3和对比例1制备的复合涂层的X-射线衍射图谱。
- [0030] 图5为实施例2和对比例1制备的涂层及不锈钢基体的往复试验摩擦曲线图。
- [0031] 图6为实施例2和对比例1制备的涂层表面磨抛后接触角图。
- [0032] 图7为实施例2和对比例2制备的涂层及不锈钢基体的电化学极化曲线。

具体实施方式

[0033] 下面结合具体实施例对本发明做进一步的说明。

[0034] 实施例1

[0035] 一种钼掺杂复合涂层,该复合涂层由喷涂粉末喷涂而成,喷涂粉末为含有金属钼粉末掺杂的铁基非晶合金粉末,包括90vol.%的铁基非晶合金粉和10vol.%的金属钼粉。该喷涂粉末按质量百分比计,包括45.9wt%的Fe、27.4wt%的Mo、22.5wt%的Cr、2.1wt%的C、1.8wt%的B、0.3wt%的Si。金属钼粉末粒径为1 μ m,粉末纯度为98%。铁基合金粉末粒径为300目,粉末纯度为99%。

[0036] 上述复合涂层的制备方法,包括以下步骤:

[0037] (1) 先将配好的金属钼粉末与铁基非晶合金粉末加入高效混料机中预混;转速50r/min;预混时间1h。

[0038] (2) 将混合粉加入高能球磨机中球磨10h;球磨转速180r/min;每球磨35min,停机30min;磨球直径为10mm、8mm、5mm,按照质量比1:1.5:1.5比例进行搭配混合;不添加过程控制剂。

[0039] (3) 对304钢表面进行丙酮超声清洗,随之用24~80#的白刚玉进行喷砂粗化,最后将其预热至120℃。

[0040] (4) 采用超音速火焰热喷涂技术将喷涂粉末沉积至304钢表面,得到涂层。喷涂的工艺参数具体为:燃料类型为丙烷、燃料I压力为97Psi、燃料II压力为102Psi、空气压力为108Psi、氮气送粉流量为75L/min、送粉率为20%、喷涂距离为300mm、喷涂角度为85°。

[0041] 实施例2

[0042] 一种钼掺杂复合涂层,该复合涂层由喷涂粉末喷涂而成,喷涂粉末为含有金属钼粉末掺杂的铁基非晶合金粉末,包括80vol.%的铁基非晶合金粉和20vol.%的金属钼粉。该喷涂粉末按质量百分比计,包括39.5wt%的Fe、37.3wt%的Mo、19.5wt%的Cr、1.8wt%的C、1.6wt%的B、0.3wt%的Si。金属钼粉末粒径为3 μ m,粉末纯度为96%。铁基合金粉末粒径为400目,粉末纯度为99%。

[0043] 上述复合涂层的制备方法,包括以下步骤:

[0044] (1) 先将配好的金属钼粉末与铁基非晶合金粉末加入高效混料机中预混;转速75r/min;预混时间3h。

[0045] (2) 将混合粉加入高能球磨机中球磨6h;球磨转速230r/min;每球磨25min,停机20min;磨球直径为10mm、8mm、5mm,按照质量比1:1:2比例进行搭配混合;不添加过程控制

剂。

[0046] (3) 对304钢表面进行丙酮超声清洗,随之用24~80#的白刚玉进行喷砂粗化,最后将其预热至150℃。

[0047] (4) 采用超音速火焰热喷涂技术将喷涂粉末沉积至304钢表面,得到涂层。喷涂的工艺参数具体为:燃料类型为丙烷、燃料I压力为110Psi、燃料II压力为108Psi、空气压力为108Psi、氮气送粉流量为70L/min、送粉率为30%、喷涂距离为280mm、喷涂角度为90°。

[0048] 实施例3

[0049] 一种钼掺杂复合涂层,该复合涂层由喷涂粉末喷涂而成,喷涂粉末为含有金属钼粉末掺杂的铁基非晶合金粉末,包括70vol.%的铁基非晶合金粉和30vol.%的金属钼粉。该喷涂粉末按质量百分比计,包括31.9wt%的Fe、49.4wt%的Mo、15.7wt%的Cr、1.5wt%的C、1.3wt%的B、0.2wt%的Si。金属钼粉末粒径为5μm,粉末纯度为99%。铁基合金粉末粒径为300目,粉末纯度为99%。

[0050] 上述复合涂层的制备方法,包括以下步骤:

[0051] (1) 先将配好的金属钼粉末与铁基非晶合金粉末加入高效混料机中预混;转速100r/min;预混时间4h。

[0052] (2) 将混合粉加入高能球磨机中球磨5h;球磨转速280r/min;每球磨20min,停机20min;磨球直径为10mm、8mm、5mm,按照质量比1:1.5:2比例进行搭配混合;不添加过程控制剂。

[0053] (3) 对304钢表面进行丙酮超声清洗,随之用24~80#的白刚玉进行喷砂粗化,最后将其预热至100℃。

[0054] (4) 采用超音速火焰热喷涂技术将喷涂粉末沉积至304钢表面,得到涂层。喷涂的工艺参数具体为:燃料类型为丙烷、燃料I压力为97Psi、燃料II压力为108Psi、空气压力为105Psi、氮气送粉流量为80L/min、送粉率为15%、喷涂距离为200mm、喷涂角度为90°。

[0055] 对比例1

[0056] 一种涂层,该涂层由喷涂粉末喷涂而成,喷涂粉末为铁基非晶合金粉末。该喷涂粉末按质量百分比计,包括为52.5wt%的Fe、25.8wt%的Cr、16.8wt%的Mo、2.4wt%的C、2.1wt%的B、0.4wt%的Si组成。粉末粒径为400目,粉末纯度为99%。

[0057] 上述涂层的制备方法,包括以下步骤:

[0058] (1) 先将上述铁基非晶合金粉末加入高效混料机中预混;转速50r/min;混合时间1h。

[0059] (2) 将粉末加入高能球磨机中球磨5h;球磨转速200r/min;每球磨25min,停机25min;磨球直径为10mm、8mm、5mm,按照质量比1:1:2比例进行搭配混合;不添加过程控制剂。

[0060] (3) 对304钢表面进行丙酮超声清洗,随之用24~80#的白刚玉进行喷砂粗化,最后将其预热至150℃。

[0061] (4) 采用超音速火焰热喷涂技术将喷涂粉末沉积至304钢表面,得到涂层。喷涂的工艺参数具体为:燃料类型为丙烷、燃料I压力为117Psi、燃料II压力为108Psi、空气压力为105Psi、氮气送粉流量为70L/min、送粉率为20%、喷涂距离为250mm、喷涂角度为90°。

[0062] 对比例2

[0063] 一种涂层,该涂层由喷涂粉末喷涂而成,喷涂粉末为铁基非晶合金粉末。该喷涂粉末按质量百分比计,包括为52.5wt%的Fe、25.8wt%的Cr、16.8wt%的Mo、2.4wt%的C、2.1wt%的B、0.4wt%的Si组成。粉末粒径为300目,粉末纯度为99%。

[0064] 上述涂层的制备方法,包括以下步骤:

[0065] (1) 对304钢表面进行丙酮超声清洗,随之用24~80#的白刚玉进行喷砂粗化,最后将其预热至120℃。

[0066] (2) 采用超音速火焰热喷涂技术将喷涂粉末沉积至304钢表面,得到涂层。喷涂的工艺参数具体为:燃料类型为丙烷、燃料I压力为100Psi、燃料II压力为106Psi、空气压力为108Psi、氮气送粉流量为75L/min、送粉率为20%、喷涂距离为250mm、喷涂角度为85°。

[0067] 测试例

[0068] 1. 涂层的孔隙率测定:本试验采用图形分析法,参考ASTM E2109-2001 (2014) 标准来衡量区域内孔隙的占比,采用软件Image-Pro Plus对10张涂层的背散射SEM照片进行统计分析。

[0069] 2. 涂层结合强度测试:本试验在万能电子拉伸试验机 (Shimadzu, AG-X 100kN) 上采用粘结对偶试样拉伸试验法对涂层与基体之间的结合强度进行评估,参考标准为ASTMC663-79,粘接胶水为FM-1000胶,固化温度190℃,固化时间240分钟。

[0070] 3. 断裂韧性测试:本实验采用显微压痕法对涂层横截面的断裂韧性进行测试和计算,试验设备为HVS-1000型维氏硬度仪,加载载荷为1000g,保荷时间为15s。

[0071] 4. 摩擦磨损性能测试:在MFT-4000往复摩擦磨损试验机上进行样品测试,摩擦副为直径为4mm的Al₂O₃陶瓷球,测试载荷为30N,摩擦速度200mm/min,摩擦长度为5mm,磨损时间为30min。

[0072] 5. 电化学耐腐蚀实验:在电化学工作站 (PGSTAT302N) 上配备饱和甘汞电极和铂辅助电极进行样品测试,腐蚀溶液为3.5wt%的NaCl溶液。

[0073] 各实施例及对比例涂层的性能指标测试结果见表1。

[0074] 表1:涂层性能指标测试结果

[0075]		孔隙率	结合强度 (MPa)	断裂韧性 (MPa·m ^{1/2})	磨损率 (10 ⁻⁵ mm ³ /N·m)	腐蚀电位 (mV)	腐蚀电流 (A/cm ³)
	实施例1	0.85±0.15	81	3.3±0.2	4.9±0.4	-98±7	3.0±0.07×10 ⁻⁶
	实施例2	0.46±0.12	84	3.7±0.1	4.2±0.2	-76±5	2.2±0.05×10 ⁻⁶
	实施例3	0.90±0.17	79	3.2±0.3	4.8±0.3	-104±8	3.8±0.05×10 ⁻⁶
	对比例1	3.03±0.27	64	2.9±0.3	11±0.9	-120±10	7.8±0.09×10 ⁻⁶
	对比例2	3.51±0.36	61	2.7±0.4	13±1.2	-122±11	8.1±0.07×10 ⁻⁶

[0076] 从上表数据可以看出,本发明的涂层组织致密,孔隙率极低能降至0.90±0.17%及以下,最低能达到0.46±0.12%;涂层的结合强度和断裂韧性也显著提升,最高可达84MPa和3.7±0.1MPa·m^{1/2};因此涂层的磨损率也极大地降低,最低至4.2±0.2×10⁻⁵mm³/

$\text{N} \cdot \text{m}$;涂层的腐蚀性能(自腐蚀电位和腐蚀电流)优势,其中自腐蚀电位能增加到至 $-104 \pm 8\text{mV}$ 及以上,最高能达到 $-76 \pm 5\text{mV}$,腐蚀电流能降低到至 $3.8 \pm 0.05 \times 10^{-6} \text{A}/\text{cm}^2$ 及以下,最低能达到 $2.2 \pm 0.05 \times 10^{-6} \text{A}/\text{cm}^2$;相比对比例1和2,实施例涂层的组织更致密,结合强度和断裂韧性也更高,因此掺杂钼后复合涂层的耐磨损和耐腐蚀性能都得到改善,使得本发明制备的涂层对不锈钢能起到很好的保护作用。

[0077] 此外,图1为实施例2制备的含20vol.%钼掺杂的球磨复合粉的HRSEM形貌图;

[0078] 从图1的背散射电子形貌图可观察到,掺杂的钼(灰白色相)通过球磨处理后,几乎都复合在铁基非晶粉表面;同时非晶粉末自身的尺寸和形状并未严重破坏,为之后喷涂发挥钼的导热和增韧等优势创造有利的条件。

[0079] 图2为实施例2和对比例1制备的涂层表面未磨抛的HRSEM形貌图;

[0080] 图3为实施例2制备的复合涂层的截面HRSEM图;

[0081] 图2和图3则说明,经过超音速喷涂后,掺杂钼的复合涂层表面未熔颗粒显著减少,粒子间的结合更为紧密,因此涂层的孔隙率将降低且将有利于降低涂层发生点蚀的倾向;同时复合涂层的截面形貌中掺杂的钼分布均匀,这将有利于后续发挥钼的增韧和自润滑效应。

[0082] 图4为实施例3和对比例1制备的复合涂层的X-射线衍射图谱;

[0083] 图4则证实了非晶粉末及掺杂钼的非晶复合粉末在喷涂后仍能保持非晶相组织,保证了非晶合金的性能优势;再者掺杂钼后,可检测到钼的物相峰,且未与非晶相发生反应。

[0084] 图5为实施例2和对比例1制备的涂层及不锈钢基体的往复试验摩擦曲线图;

[0085] 对比图5中实施例2和对比例1的摩擦曲线可知,掺杂钼后的复合涂层摩擦系数降低了约0.1,表明钼对涂层的润滑作用致使摩擦力以及磨球与涂层的接触面积降低;而不锈钢基体由于硬度低,摩擦初期发生重度的磨粒磨损摩擦系数较高,随后稳定到较低水平。

[0086] 再者,图6为实施例2和对比例1制备的涂层表面磨抛后接触角图;

[0087] 对比图6中实施例2和对比例1制备的涂层表面的接触角发现,掺杂钼后,涂层的表面润湿性降低,疏水性提高,可有效地阻碍腐蚀介质的附着和渗入,从而有效地提高涂层在盐溶液中的抗腐蚀性能。

[0088] 图7为实施例2和对比例2制备的涂层及不锈钢基体的电化学极化曲线;

[0089] 图7中实施例2、对比例2和304不锈钢基板的极化曲线明显地表明,掺杂钼的铁基非晶合金涂层的腐蚀电位升高,且腐蚀电流极大降低。这主要因为加入钼后,涂层熔化更充分,涂层的孔隙率降低,不仅降低涂层发生点蚀的程度;且由于涂层的表面疏水性的提升,降低了腐蚀介质渗透的速度。因此,本发明制备的钼掺杂铁基非晶合金复合涂层能同时改善304钢类不锈钢在实际应用工况下的耐磨和耐腐蚀性能,减少因断裂和点蚀等方式的失效,延长其服役寿命。

[0090] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

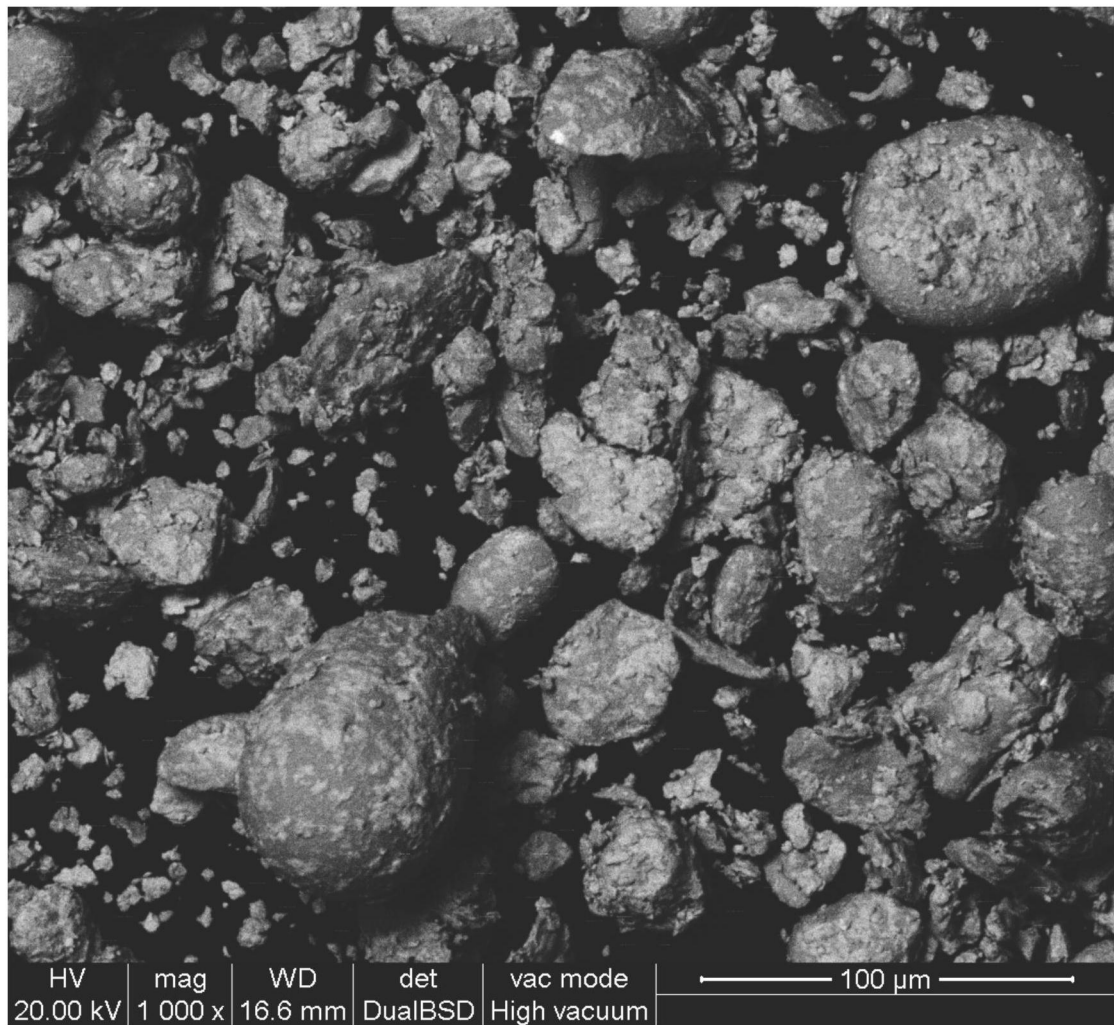


图1

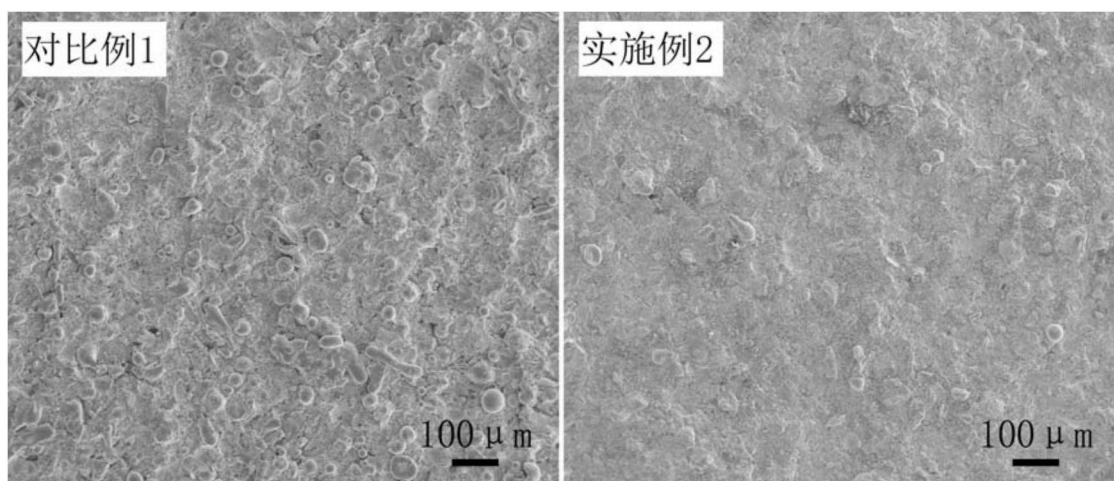


图2

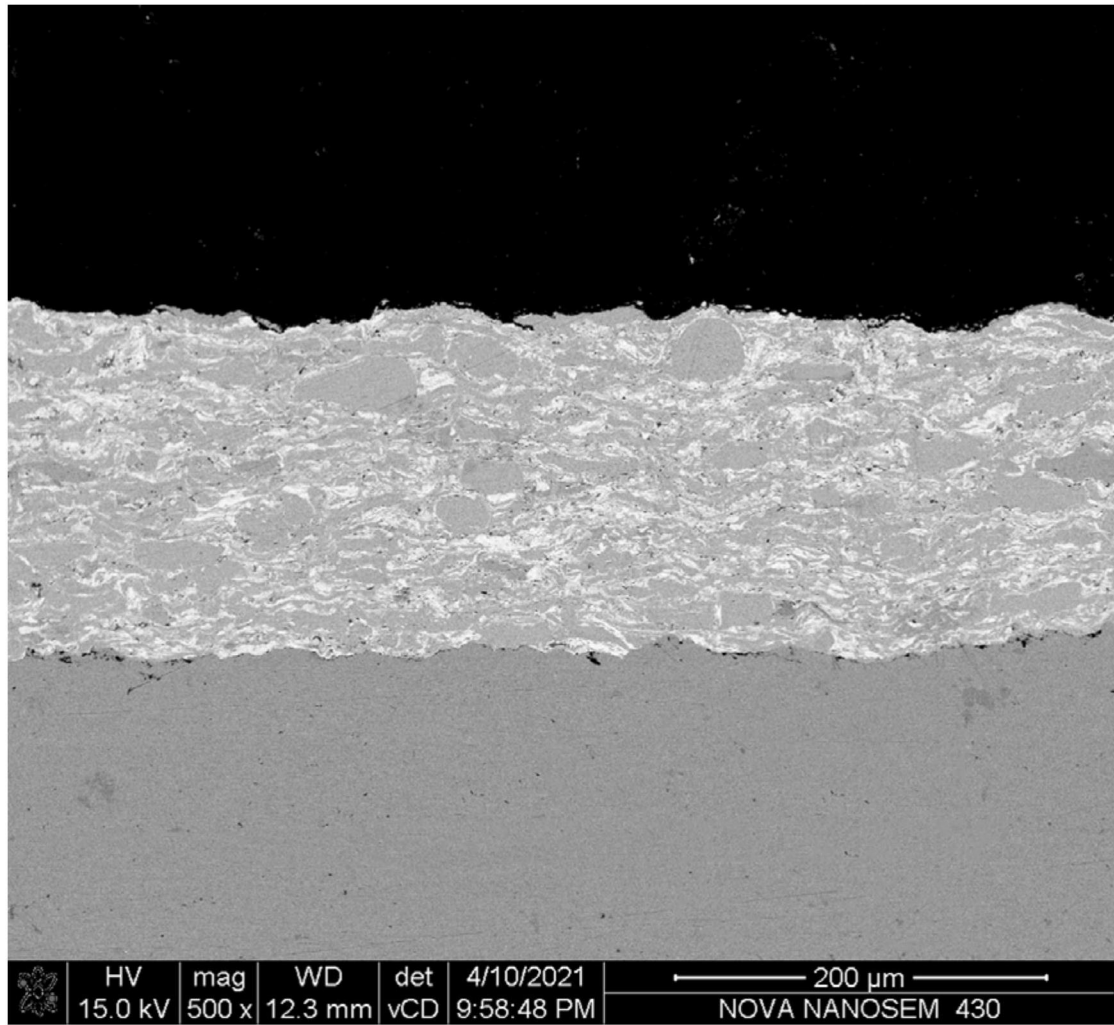


图3

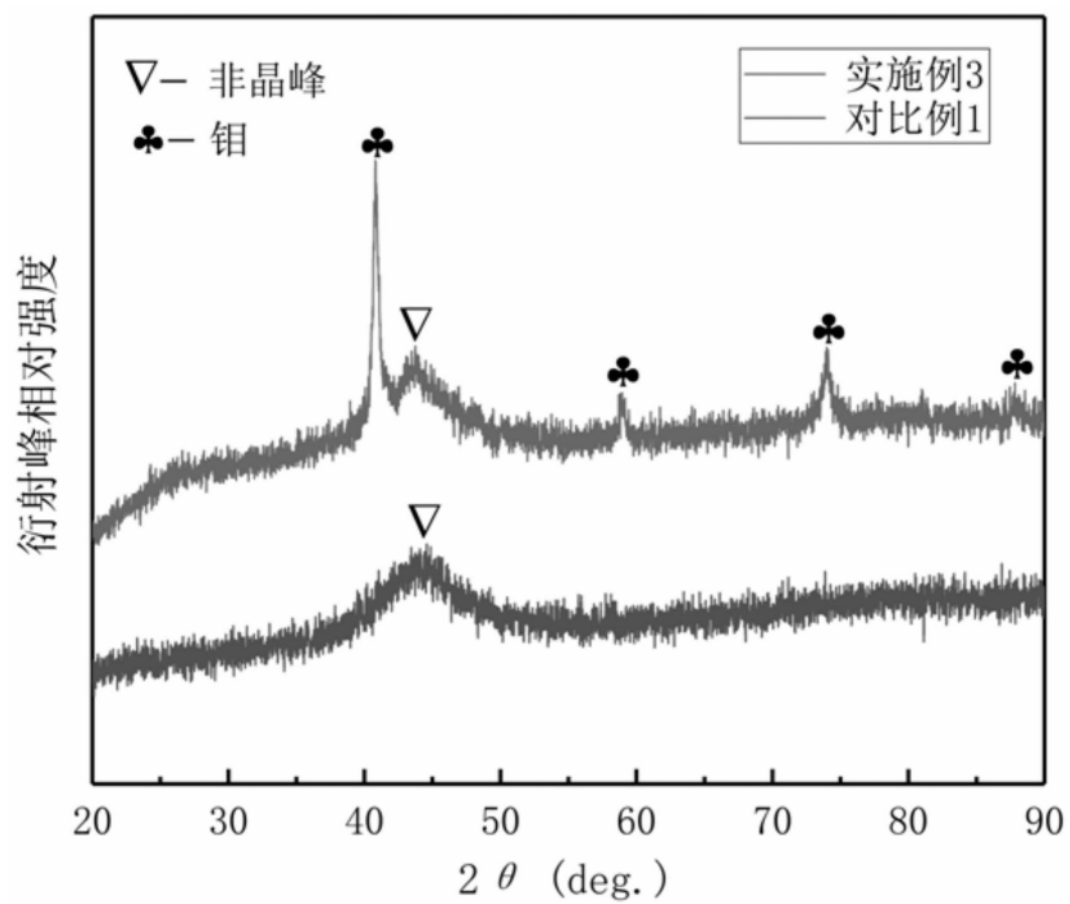


图4

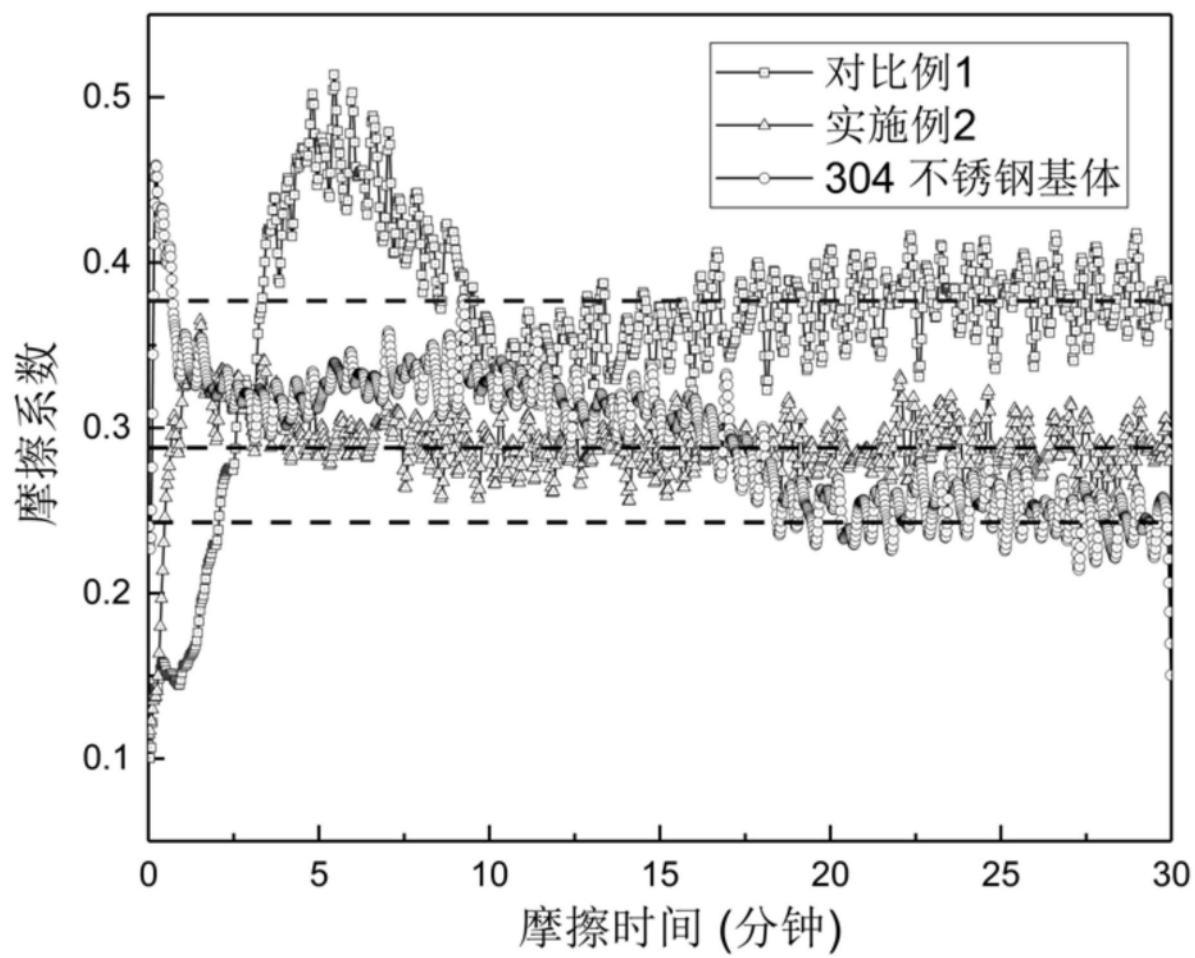


图5



图6

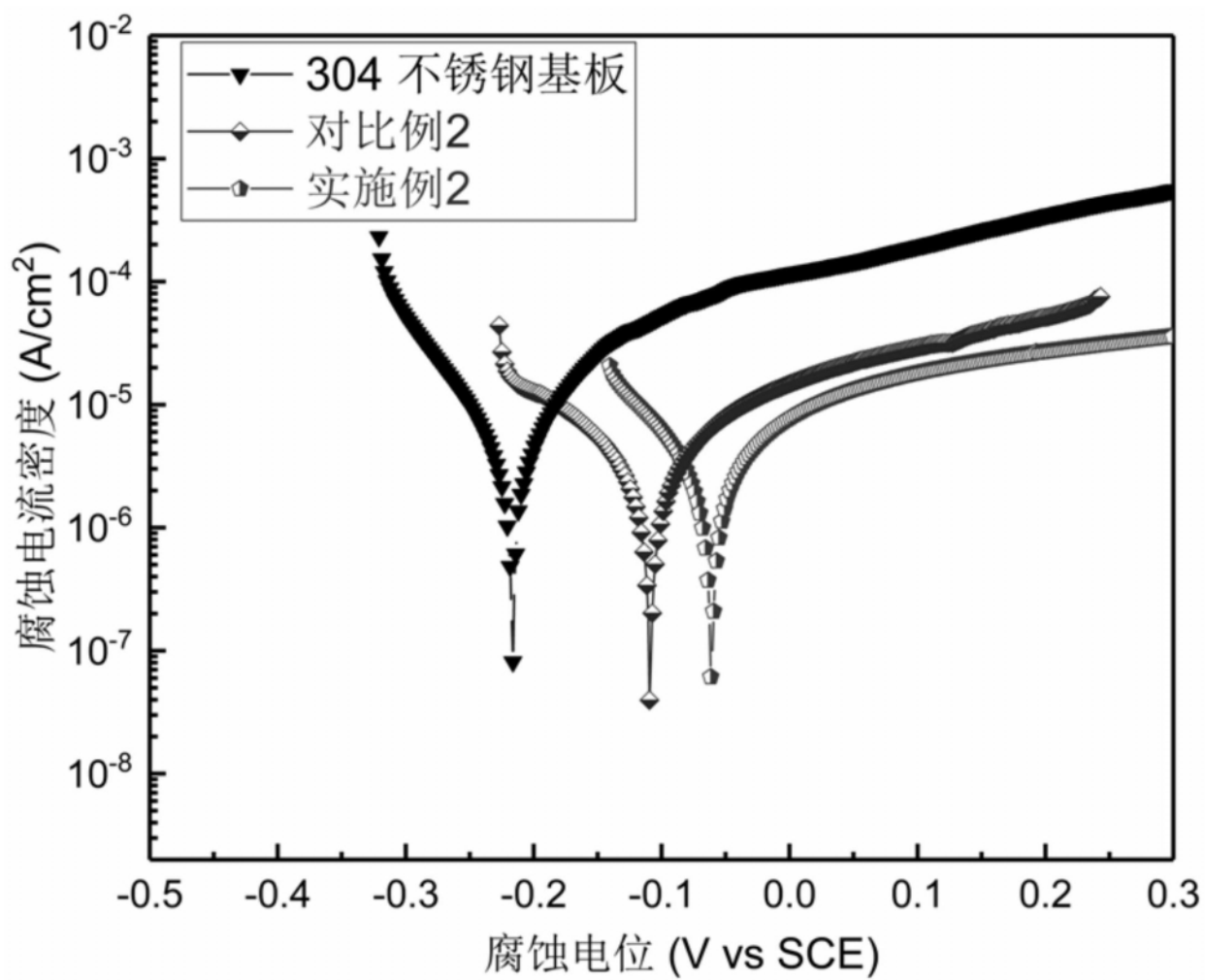


图7