



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118268556 B

(45) 授权公告日 2025.03.07

(21) 申请号 202410436050.8	B22F 3/22 (2006.01)
(22) 申请日 2024.04.11	B22F 3/10 (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号	B22F 3/24 (2006.01)
申请公布号 CN 118268556 A	C21D 6/04 (2006.01)
(43) 申请公布日 2024.07.02	B82Y 30/00 (2011.01)
(73) 专利权人 中山市新泰兴粉末冶金有限公司	B82Y 40/00 (2011.01)
地址 528434 广东省中山市阜沙镇阜沙工	(56) 对比文件
业园	CN 106591711 A, 2017.04.26
(72) 发明人 徐学军 张志辉	CN 109604584 A, 2019.04.12
(74) 专利代理机构 深圳维启专利代理有限公司	CN 114423541 A, 2022.04.29
44827	WO 2006120803 A1, 2006.11.16
专利代理师 刘洁	审查员 董琼
(51) Int. Cl.	
B22F 1/103 (2022.01)	
C22C 33/02 (2006.01)	

权利要求书1页 说明书8页

(54) 发明名称

一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料及其制备方法

(57) 摘要

本申请涉及金属材料领域,具体公开了一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料及其制备方法。一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,包括以下重量份的原料:100份不锈钢粉末、6-8份粘结剂、0.1-0.4份钛粉、0.2-1份铝粉和0.15-0.2份石墨烯,不锈钢粉末包括质量比为7-9:1-3的17-4PH不锈钢粉末和304不锈钢粉末。本申请的改性17-4PH高韧性不锈钢材料通过将304不锈钢粉末和17-4PH不锈钢粉末配合作用,能结合奥氏体不锈钢材料和马氏体沉淀硬化不锈钢材料的优点,制成的不锈钢材料具有较好的韧性和塑性,而且耐腐蚀性强。

1. 一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,其特征在于,包括以下重量份的原料:100份不锈钢粉末、6-8份粘结剂、0.1-0.4份钛粉、0.2-1份铝粉和0.15-0.2份石墨烯,不锈钢粉末包括质量比为7-9:1-3的17-4PH不锈钢粉末和304不锈钢粉末;

所述石墨烯经过以下改性预处理:

将石墨烯加入到无水乙醇中,加入分散剂,超声分散,制得石墨烯悬浮液;

向石墨烯悬浮液中加入纳米氮化钛和氧化钇,超声分散20-30min,球磨20-24h,真空干燥,石墨烯、纳米氮化钛和氧化钇的质量比为1:10-15:0.15-0.2;

所述粘结剂包括质量比为7-8:2-3:1-1.5:0.5-1的聚乙二醇、聚偏氟乙烯、硅酸钠和硬脂酸;

所述粘结剂中还包括辅助浸润剂,辅助浸润剂与聚乙二醇的质量比为0.2-0.8:1,所述辅助浸润剂的制备方法如下:

将硅粉和鳞片石墨混合后研磨15-20min,加入混合均匀的NaCl-NaF混合盐后继续研磨15-20min,然后在氩气气氛下升温至1300-1350°C,保温2.5-3h,冷却至室温,用蒸馏水洗涤,在100-110°C下干燥12-14h,硅粉和鳞片石墨的质量比为1:2-3;

所述改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,包括以下步骤:

将钛粉和石墨烯加入到无水乙醇中,超声混合后球磨,然后升温至550-600°C,在40-50MPa的压力下,保温4-6min,制得预混料;

将所述预混料与不锈钢粉末、铝粉混合均匀,在100-160°C下密炼20-30min,制得混合粉末;

将混合粉末与粘结剂混合,在160-165°C下搅拌,然后制粒、注射成型、脱脂、热处理;

所述热处理的具体方法为:在925-1040°C下固溶处理1-2h,在(-10~0)°C下深冷处理1-2h。

2. 根据权利要求1所述的改性17-4PH高韧性不锈钢材料,其特征在于:所述钛粉添加量为钛粉和铝粉总质量的9%~30%。

3. 根据权利要求1所述的改性17-4PH高韧性不锈钢材料,其特征在于:所述硅粉粒径为1-9 μm ,鳞片石墨粒径为45-75 μm 。

4. 根据权利要求1所述的改性17-4PH高韧性不锈钢材料,其特征在于:所述17-4PH不锈钢粉末的粒径为15-53 μm 。

5. 根据权利要求1所述的改性17-4PH高韧性不锈钢材料,其特征在于:所述304不锈钢粉末的振实密度为3.9-4.2g/cm³,流动性 \leq 30s/50g,压缩性 \geq 6.55g/cm³。

一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本申请涉及金属材料技术领域,更具体地说,它涉及一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 17-4PH不锈钢是一种典型的马氏体沉淀硬化不锈钢,具有优异的耐腐蚀、耐高温、耐磨损、抗蠕变以及良好的外观光泽等特性,且成型强度高,同时能够满足大尺寸3D打印件的加工要求,在医疗器械、汽车、军工、航空、核工业等众多领域均具有广泛的用途。

[0003] 金属注射成型(MIM)是一种将金属粉末与粘结剂的混合料注射于模型中的成形方法,首先是将所选用的金属粉末与粘结剂进行混合,然后将混合料进行制粒,再注射成形所需要的形状。粘结剂将其粘性流动的特征赋予混合料,而有助于成形、模腔填充和粉末装填的均匀性。成形以后排除粘结剂,再对脱脂坯进行烧结,烧结产品进行进一步致密化处理、热处理或机加工。烧结产品不仅具有与塑料注射成形法所得制品一样的复杂形状和高精度,而且具有与锻件接近的物理、化学与机械性能。MIM技术结合了粉末冶金与塑料注射成形两大技术的优点,突破了传统金属粉末模压成形工艺在产品形状上的限制,同时利用了塑料注射成形技术能大批量、高效率成形具有复杂形状的零件的特点,成为现代制造高质量精密零件的一项成形技术,具有常规粉末冶金、机加工和精密铸造等加工方法无法比拟的优势。

[0004] 但由于17-4PH的组织特性,使得其韧性较差,刚性强,整形不易纠正变形,因此注射成形后,进行修坯时,会因为坯体较脆、韧性低而出现产品断裂,使得不良率增大,影响作业效率。

发明内容

[0005] 为了提高17-4PH材料的韧性,改善制品的整形效果,提高作业效率,本申请提供一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料及其制备方法。

[0006] 第一方面,本申请提供一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,采用如下的技术方案:

[0007] 一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,包括以下重量份的原料:100份不锈钢粉末、6-8份粘结剂、0.1-0.4份钛粉、0.2-1份铝粉和0.15-0.2份石墨烯,不锈钢粉末包括质量比为7-9:1-3的17-4PH不锈钢粉末和304不锈钢粉末。

[0008] 通过采用上述技术方案,使用17-4PH不锈钢粉末和304不锈钢粉末的混合物作为基材,17-4PH不锈钢粉末具有较好的强度和硬度,而304不锈钢粉末属于奥氏体不锈钢材料,具有较高的韧性和塑性,因此能改善17-4PH不锈钢制品的韧性和塑性,降低脆性,另外石墨烯的引入能起到阻碍晶界迁移,细化晶粒的效果,而且当不锈钢材料发生断裂时,石墨烯的折断、裂纹片转换和石墨烯的拔出,均能使石墨烯在材料内部以多种形式消耗裂纹的扩展能,从而增加不锈钢材料中裂纹扩展路径,提高开裂扩展阻力,提高断裂韧性,改善不锈钢材料的致密度,提高硬度和抗冲击性,钛粉能充分强化基体,铝粉能与17-4PH不锈钢粉

末中的镍反应,经过较强的键结合和复杂的原子排列,由无序变成有序金属化合物在不锈钢材料中析出,从而获得具有较高塑性和韧性,而且铝粉在热处理时能发生氧化作用,形成三氧化二铝致密氧化层,能改善不锈钢材料的抗氧化能力;钛粉和铝粉配合,能有效改善不锈钢材料的韧性;而且钛粉和石墨烯在烧结后能形成碳化钛,呈准连续网络分部,能承受荷载并强化晶界,实现较大程度的塑性变形,保证了良好的界面强度,网络结构具有良好的承载能力,能够承载主要荷载,提高强度和弹性模量。

[0009] 可选的,所述石墨烯经过以下改性预处理:

[0010] 将石墨烯加入到无水乙醇中,加入分散剂,超声分散,制得石墨烯悬浊液;

[0011] 向悬浮液中加入纳米氮化钛和氧化钇,超声分散20-30min,球磨20-24h,真空干燥,石墨烯、纳米氮化钛和氧化钇1:10-15:0.15-0.2。

[0012] 通过采用上述技术方案,使用聚乙烯吡咯烷酮作为分散剂,其通过静电分散机理、空间位阻分散机理协同作用,能改善石墨烯的分散效果,纳米氮化钛能促进晶粒生长,阻碍裂纹扩展,增强材料韧性,氧化钇能起到钉扎作用,抑制晶粒的晶界扩散和表面扩散,从而抑制晶粒的长大,因此利用纳米氮化钛和氧化钇,能改善石墨烯对于不锈钢材料的促进晶粒生长的效果,有利于提高不锈钢材料的综合性能,而且氧化钇还能起到强化粘结相的作用,从而改善不锈钢材料的耐腐蚀能力。

[0013] 可选的,所述钛粉添加量为钛粉和铝粉总质量的9%~30%。

[0014] 通过采用上述技术方案,使钛粉和铝粉的用量在以上范围内,能有效降低不锈钢材料的脆性,增加韧性和塑性。

[0015] 可选的,所述粘结剂包括质量比为7-8:2-3:1-1.5:0.5-1的聚乙二醇、聚偏氟乙烯、硅酸钠和硬脂酸。

[0016] 通过采用上述技术方案,液态硅酸钠具有润滑作用和防腐蚀效果,在与不锈钢粉末混合时,能与不锈钢粉末成分亲润,使不锈钢粉末具有更好的流动性和润滑性,更适合注射成形,成形出的生坯形貌完整,内部孔洞较少,内部结构规整,且经脱脂后仍能保持原始形状且无外部缺陷,但硅酸钠属于亲水型结构,过高的吸湿性会影响不锈钢材料的长效防腐行为,所以使用疏水性结构的聚偏氟乙烯配合硅酸钠,聚偏氟乙烯在潮湿环境下不会发生吸湿现象,所以二者在耐湿性和耐腐蚀性方面互补,提升不锈钢材料耐腐蚀的同时,降低吸湿率。

[0017] 可选的,所述粘结剂中还包括辅助浸润剂,辅助浸润剂与聚乙二醇的质量比为0.2-0.8:1,所述辅助浸润剂的制备方法如下:

[0018] 将硅粉和鳞片石墨混合后研磨15-20min,加入混合均匀的NaCl-NaF混合盐后继续研磨15-20min,然后在氩气气氛下升温至1300-1350°C,保温2.5-3h,冷却至室温,用蒸馏水洗涤,在100-110°C下干燥12-14h,硅粉和鳞片石墨的质量比为1:2-3。

[0019] 通过采用上述技术方案,以熔盐为介质,基于硅在熔盐中的溶解,显著提高传质速度的同时,均匀扩散到石墨表面并原位生成纳米碳化硅,碳化硅对石墨粉进行包覆,由于碳化硅包覆石墨表面存在大量的碳化硅晶核,改善了不锈钢粉末与粘结剂之间的浸润性,提高不锈钢粉末与粘结剂之间的结合力,经热处理后形成牢固结合,对不锈钢材料具有增强增韧效果,在不锈钢材料受到外力时,由于内部纳米碳化硅的脱粘,裂纹偏转、桥接和拔出等可以有效增加裂纹的扩展路径,所以能增大不锈钢材料的力学性能。

[0020] 可选的,所述硅粉粒径为1-9 μm ,鳞片石墨粒径为45-75 μm 。

[0021] 通过采用上述技术方案,粒径较小的硅粉在熔盐介质下,能较快扩散至粒径较大的鳞片石墨上,在其表面原位生长,形成碳化硅晶须。

[0022] 可选的,所述17-4PH不锈钢粉末的粒径为15-53 μm 。

[0023] 可选的,所述304不锈钢粉末的振实密度为3.9-4.2g/cm³,流动性 $\leq 30\text{s}/50\text{g}$,压缩性 $\geq 6.55\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0024] 第二方面,本申请提供一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,采用如下的技术方案:

[0025] 一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,包括以下步骤:

[0026] 将钛粉和石墨烯加入到无水乙醇中,超声混合后球磨,然后升温至550-600 $^{\circ}\text{C}$,在40-50MPa的压力下,保温4-6min,制得预混料;

[0027] 将所述预混料与不锈钢粉末、铝粉混合均匀,在100-160 $^{\circ}\text{C}$ 下密炼20-30min,制得混合粉末;

[0028] 将混合粉末与粘结剂混合,在160-165 $^{\circ}\text{C}$ 下搅拌,然后制粒、注射成型、脱脂、热处理。

[0029] 通过采用上述技术方案,石墨烯存在较强的层间范德华力,与钛粉、铝粉等之间具有较差的化学相容性和浸润性,使得石墨烯容易团聚、分散不均,因此难以保证不锈钢材料的致密先,所以将石墨烯先与钛粉进行混合,经低温烧结后,晶粒能细化,细化的晶粒一方面起到细晶强化作用,另一方面能提高塑性,粉末颗粒边界通常演变为晶界,所以粉末颗粒表面的石墨烯烧结后常位于晶界处,晶界处的石墨烯阻碍晶界迁移,使石墨烯增强钛粉,因此能在改善石墨烯均匀性的同时,还能进一步增加钛粉的塑性,从而改善不锈钢材料的承载能力,提高韧性。

[0030] 可选的,所述热处理的具体方法为:在925-1040 $^{\circ}\text{C}$ 下固溶处理1-2h,在(-10~0) $^{\circ}\text{C}$ 下深冷处理1-2h。

[0031] 通过采用上述技术方案,经热处理后脱脂后制品的孔隙率降低,能更加细化晶粒,有利于阻碍位错的运动,使其强度提高,抗腐蚀效果增大。

[0032] 综上所述,本申请具有以下有益效果:

[0033] 1、由于本申请采用304不锈钢粉末改善17-4PH不锈钢粉末的韧性,并添加一定的钛粉、铝粉和石墨烯,钛粉与石墨烯能形成碳化钛,在不锈钢材料中呈现连续网络分部,改善不锈钢材料的承载能力,而且钛粉能充分强化基体,铝粉能行层有序金属化合物,并在高温混合时,生成致密三氧化二铝保护层,改善不锈钢材料的塑性和断裂韧性。

[0034] 2、本申请中优选采用纳米氮化钛和氧化钇对石墨烯进行预处理,氮化钛和氧化钇均能细化晶粒,不锈钢材料的组织更加均匀致密,从而提高材料的硬度和断裂韧性,而且氧化钇还能进一步改善材料的抗腐蚀能力。

[0035] 3、本申请中优选采用聚乙二醇、聚偏氟乙烯和硅酸钠、硬脂酸制备粘结剂,能改善不锈钢粉末的流动性和填充性,硅酸钠混合聚偏氟乙烯配合还能提高不锈钢材料的抗腐蚀能力,另外还在粘结剂中添加一定的辅助浸润剂,能改善粘结剂对不锈钢粉末的浸润能力,提高界面粘结作用,改善致密度。

具体实施方式

[0036] 以下实施例对本申请作进一步详细说明。

实施例

[0037] 实施例1:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,其原料用量如表1所示,其中不锈钢粉末包括80kg 17-4PH不锈钢粉末混合20kg 304不锈钢粉末,17-4PH不锈钢粉末的粒径为53 μm ,且包括以下质量百分比的成分:Cr17.5wt%、Ni5wt%、Cu5wt%、Nb0.45wt%、C0.07wt%、Si1.0wt%、Mn1.0wt%、P0.04wt%、S0.03wt%、余量为Fe,304不锈钢粉末的振实密度为4.2g/cm³,流动性 $\leq 30\text{s}/50\text{g}$,压缩性 $\geq 6.55\text{g}/\text{cm}^3$,且包括以下质量百分比的成分:Cr20wt%、Ni12wt%、Mn0.2wt%、Si0.8wt%、C $< 0.03\text{wt}\%$ 、P $< 0.03\text{wt}\%$ 、S $< 0.02\text{wt}\%$ 、O $< 0.3\text{wt}\%$ 、余量为Fe,粘结剂包括质量比为7:2:1的聚乙二醇20000、聚乙烯醇缩丁醛和硬脂酸,聚乙二醇20000选自江苏茂亨化工有限公司,货号为P045,粘结剂的制法为:将7kg聚乙二醇加入到水中,形成浓度为70%的溶液,加入2kg的聚乙烯醇缩丁醛和1kg的硬脂酸,混合均匀,钛粉添加量为钛粉和铝粉总重量的0.99%;

[0038] 上述改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,包括以下步骤:

[0039] S1、将钛粉和石墨烯加入到无水乙醇中,超声混合后球磨,然后升温至600 $^{\circ}\text{C}$,在40MPa的压力下,保温6min,制得预混料;

[0040] S2、将预混料与不锈钢粉末、铝粉混合均匀,在160 $^{\circ}\text{C}$ 下密炼20min,制得混合粉末;

[0041] S3、将混合粉末与粘结剂混合,在160 $^{\circ}\text{C}$ 下搅拌,然后制粒,获得振实密度为4.68g/cm³的备用料;

[0042] S4、将备用料在注射机上注射成形,获得注射坯件,注射温度为200 $^{\circ}\text{C}$,注射压力为100MPa,模具温度为120 $^{\circ}\text{C}$;

[0043] S5、将注射坯件用硝酸催化脱脂,获得脱脂坯件,脱脂温度为110 $^{\circ}\text{C}$,通酸量为3.5ml/min,通酸时间为2h;

[0044] S6、将脱脂坯件进行热处理,热处理工艺为:在1040 $^{\circ}\text{C}$ 下固溶处理1h,在0 $^{\circ}\text{C}$ 下深冷处理1h。

[0045] 表1 实施例1-4中改性17-4PH不锈钢材料的原料用量

原料/kg	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
不锈钢粉末	100	100	100	100
粘结剂	8	8	8	6
钛粉	0.1	0.4	0.4	0.1
铝粉	1	1	0.2	0.2
石墨烯	0.2	0.2	0.2	0.15

[0047] 实施例2-4:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例1的区别在于,原料用量如表1所示。

[0048] 实施例5:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例1的区别在于,石墨烯经过以下改性预处理:

[0049] 将0.2kg石墨烯加入到5kg无水乙醇中,加入0.02kg分散剂,超声分散,制得石墨烯悬浊液,分散剂为聚乙烯吡咯烷酮;

[0050] 向悬浮液中加入纳米氮化钛和氧化钇,以200W的功率超声分散30min,球磨24h,球料比为5:1,球磨转速为300r/min,在100°C下真空干燥2h,石墨烯、纳米氮化钛和氧化钇1:15:0.2,纳米氮化钛的粒径为20nm,氧化钇粒径为1.5 μ m。

[0051] 实施例6:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例1的区别在于,石墨烯经过以下改性预处理:

[0052] 将0.2kg石墨烯加入到5kg无水乙醇中,加入0.02kg分散剂,超声分散,制得石墨烯悬浊液,分散剂为聚乙烯吡咯烷酮;

[0053] 向悬浮液中加入纳米氮化钛和氧化钇,以200W的功率超声分散20min,球磨20h,球料比为5:1,球磨转速为300r/min,在100°C下真空干燥2h,石墨烯、纳米氮化钛和氧化钇1:10:0.15,纳米氮化钛的粒径为20nm,氧化钇粒径为1.5 μ m。

[0054] 实施例7:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例5的区别在于,对石墨烯进行改性预处理时,未添加纳米氮化钛

[0055] 实施例8:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例5的区别在于,对石墨烯进行改性预处理时,未添加氧化钇。

[0056] 实施例9:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例5的区别在于,粘结剂包括质量比为7:2:1.5:1的聚乙二醇、聚偏氟乙烯、硅酸钠和硬脂酸,聚乙二醇20000选自江苏茂亨化工有限公司,货号为P045,粘结剂的制法为:将7kg聚乙二醇加入到水中,形成浓度为70%的溶液,加入2kg的聚乙烯醇缩丁醛、1.5kg液态的硅酸钠和1kg的硬脂酸,混合均匀。

[0057] 实施例10:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例5的区别在于,粘结剂包括质量比为8:3:1:0.5的聚乙二醇、聚偏氟乙烯、硅酸钠和硬脂酸,聚乙二醇20000选自江苏茂亨化工有限公司,货号为P045,粘结剂的制法为:将8kg聚乙二醇加入到水中,形成浓度为70%的溶液,加入3kg的聚偏氟乙烯、1kg液态的硅酸钠和0.5kg的硬脂酸,混合均匀。

[0058] 实施例11:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例9的区别在于,粘结剂的制法为:将7kg聚乙二醇加入到水中,形成浓度为70%的溶液,加入2kg的聚乙烯醇缩丁醛、1.5kg液态的硅酸钠和1kg的硬脂酸,混合均匀,然后加入辅助浸润剂,混匀,辅助浸润剂与聚乙二醇的质量比为0.8:1,辅助浸润剂的制法如下:

[0059] 将硅粉和鳞片石墨混合后研磨15min,加入混合均匀的NaCl-NaF混合盐后继续研磨15min,然后在氩气气氛下升温至1300°C,保温3h,冷却至室温,用蒸馏水洗涤反复洗涤至盐消失,在110°C下干燥12h,硅粉和鳞片石墨的质量比为1:3,硅粉粒径为9 μ m,鳞片石墨的粒径为45 μ m。

[0060] 实施例12:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例9的区别在于,粘结剂的制法为:将7kg聚乙二醇加入到水中,形成浓度为70%的溶液,加入2kg的聚乙烯醇缩丁醛、1.5kg液态的硅酸钠和1kg的硬脂酸,混合均匀,然后加入辅助浸润剂,混匀,辅助浸润剂与聚乙二醇的质量比为0.2:1,辅助浸润剂的制法如下:

[0061] 将硅粉和鳞片石墨混合后研磨20min,加入混合均匀的NaCl-NaF混合盐后继续研磨20min,然后在氩气气氛下升温至1350°C,保温2.5h,冷却至室温,用蒸馏水洗涤反复洗涤至盐消失,在100°C下干燥14h,硅粉和鳞片石墨的质量比为1:2,硅粉粒径为9 μ m,鳞片石墨的粒径为45 μ m。

[0062] 对比例

[0063] 对比例1:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例1的区别在于,未添加钛粉、铝粉和石墨烯。

[0064] 对比例2:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例1的区别在于,未添加石墨烯。

[0065] 对比例3:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料,与实施例1的区别在于,未添加铝粉。

[0066] 对比例4:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,与实施例1的区别在于,步骤S1为:将钛粉和石墨烯混合均匀,制得预混料。

[0067] 对比例5:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,与实施例1的区别在于,未进行步骤S6热处理。

[0068] 对比例6:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,与实施例1的区别在于,步骤S6中热处理时,未进行深冷处理。

[0069] 对比例7:一种改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制备方法,与实施例1的区别在于,步骤S6中热处理工艺为:在1040°C下固溶处理1h,在550°C下失效处理1h。

[0070] 对比例8:一种不锈钢混合材料喂料的制备方法,(1)取304不锈钢粉末1kg、17-4PH不锈钢粉末19kg,两类材料之间的粒径差小于100 μ m,混合均匀后倒入混炼机,在180°C下预热25min,同时搅拌混合均匀;(2)加入1.6kg粘结剂(聚甲醛树脂POM:高密度聚乙烯:乙烯-醋酸乙烯酯:蜡:硬脂酸=88:7:2:2:1),密炼40min后挤出切粒,制成喂料。

[0071] 性能检测试验

[0072] 按照实施例和对比例中方法进行改性17-4PH高韧性不锈钢材料的制作,并在注射成形时,制成51mm \times 34mm \times 12mm的试样,然后按照以下方法对每组的试样进行性能检测,每个实施例或对比例均取5个试样,测试结果取平均值,将测试结果记录于表2中。

[0073] 1、拉伸强度:参照GB/T228.1-2010《金属材料拉伸试验1部分:室温测试方法》,在WDW-300E拉伸试验机上进行测试;

[0074] 2、断后延伸率:参照GB/T228.1-2010《金属材料拉伸试验1部分:室温测试方法》进行检测;

[0075] 3、屈服强度:参照GB/T228.1-2010《金属材料拉伸试验1部分:室温测试方法》进行检测;

[0076] 4、电化学腐蚀性能:从试样中线切割尺寸为 ϕ 16mm \times 2mm的圆片,对测试面进行打磨、抛光至镜面,并安装在压片式电化学池中,使用德国Zahner Zennium Peo电化学工作站进行电化学阻抗及动电位极化测试,采用经典的三电极体系,将铂网作为点对电极(CE),饱和甘汞电极(SCE)作为参比电极(RE),试样作为工作电极(WE),测试扫描速度为1mV/s,工作电极暴露面积为1cm²。在测试前将开路电位(OCP)时间设置为3000s,EIS测试起始交联正频(AC)为5mV,扫描频率范围为10⁵~10⁻²Hz。使用的防腐介质为质量分数为3.5wt%的氯化钠溶液,采用超纯水和分子纯氯化钠配制而成,未经除氧处理。实验在室温(25°C)下进行,阻抗图谱的数据通过软件分析处理,每组实验在相同的环境下重复测试3次,以保证试验数据的可靠性,电流密度越小,耐腐蚀性越强。

[0077] 表2

[0078]

项目	拉伸强度/MPa	屈服强度/MPa	断后延伸率/%	腐蚀电流密度(μ A/cm ²)
----	----------	----------	---------	-----------------------------------

实施例1	971	751	12.4	0.587
实施例2	966	748	12.1	0.592
实施例3	953	740	11.3	0.597
实施例4	961	745	11.7	0.589
实施例5	1044	837	15.4	0.434
实施例6	1039	833	15.2	0.438
实施例7	997	795	13.8	0.436
实施例8	1011	804	14.3	0.521
实施例9	1074	959	16.8	0.345
实施例10	1072	955	16.5	0.349
实施例11	1257	1074	18.2	0.215
实施例12	1251	1068	18.0	0.218
对比例1	786	568	9.7	0.768
对比例2	812	638	10.5	0.704
对比例3	802	594	10.1	0.731
对比例4	838	684	10.7	0.623
对比例5	787	583	8.9	0.798
对比例6	821	675	10.8	0.654
对比例7	813	654	10.7	0.641
对比例8	765	554	8.5	0.842

[0079] 由表1中数据可以看出,实施例1中钛粉质量/(钛粉质量+铝粉质量)为9.09%,实施例2中钛粉质量/(钛粉质量+铝粉质量)为28.57%,而实施例3中钛粉质量/(钛粉质量+铝粉质量)为66.67%,实施例4中钛粉质量/(钛粉质量+铝粉质量)为33.33%,对比可知,实施例1和实施例2制备的改性17-4PH不锈钢材料具有更高的拉伸强度和屈服强度,韧性和抗裂性更强。

[0080] 实施例5和实施例6与实施例1相比,还采用纳米氮化钛和氧化钇对石墨烯进行预处理,由此获得的改性17-4PH不锈钢材料具有更优异的拉伸强度、屈服强度和断后延伸率,可见韧性更好,而且腐蚀电流密度减小,耐腐蚀性增强。

[0081] 实施例7和实施例8与实施例5相比,预处理石墨烯时分别未添加纳米氮化钛和氧化钇,实施例7中腐蚀电流密度变化不大,但韧性降低明显,而实施例8中腐蚀电流密度增大,拉伸强度等性能均有所下降,说明纳米氮化钛和氧化钇对石墨烯进行预处理不仅能改善改性17-4PH不锈钢材料的韧性,还能提高其耐腐蚀效果。

[0082] 实施例9和实施例10与实施例5相比,采用聚偏氟乙烯、硅酸钠、聚乙二醇和硬脂酸制备粘结剂,表2内显示,实施例9和实施例10制备的改性17-4PH不锈钢材料得到拉伸强度和屈服强度等力学性能增强,韧性得到改善,而且腐蚀电流密度减小,防腐蚀效果提高。

[0083] 实施例11和实施例12与实施例9相比,还在粘结剂中加入了辅助浸润剂,表2内显示,实施例11和实施例12制备的改性17-4PH不锈钢材料各项力学性能得到改善,抗腐蚀能力增强。

[0084] 对比例1中未添加钛粉和铝粉、石墨烯,对比例2中未添加石墨烯,对比例3未添加

铝粉,表2内显示,对比例1-3制备的改性17-4PH不锈钢材料力学性能下降,抗腐蚀能力减弱。

[0085] 对比例4中未将钛粉和石墨烯进行球磨和低温烧结,制成的改性17-4PH不锈钢材料防腐性能下降,说明对钛粉和石墨烯进行预处理,能改善二者的分散性,增加密实度。

[0086] 对比例5与实施例1相比,未对制成的脱脂坯件进行热处理,可见制成的改性17-4PH不锈钢材料拉伸强度等性能显著下降。

[0087] 对比例6与实施例1相比,未进行深冷处理,而对比例7与实施例1相比,采用高温失效替代低温深冷处理,表2内显示,实施例6和实施例7制备的改性17-4PH不锈钢材料拉伸强度、屈服强度等性能显著下降。

[0088] 对比例8为现有技术制备的不锈钢混合材料喂料的拉伸强度等不及实施例1,说明其韧性和防腐效果不佳。

[0089] 本具体实施例仅仅是对本申请的解释,其并不是对本申请的限制,本领域技术人员在阅读完本说明书后可以根据需要对本实施例做出没有创造性贡献的修改,但只要在本申请的权利要求范围内都受到专利法的保护。