



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102492894 A

(43) 申请公布日 2012.06.13

(21) 申请号 201110453850.3

C22B 9/18 (2006.01)

(22) 申请日 2011.12.30

C21D 8/00 (2006.01)

(71) 申请人 重庆材料研究院

地址 400700 重庆市北碚区龙凤桥镇龙凤三村

(72) 发明人 李方 张十庆 王宏 聂尊誉

邹兴政 刘庆宾 赵光明 唐锐

丁渝红 吴承汕

(74) 专利代理机构 重庆创新专利商标代理有限

公司 50125

代理人 宫兆斌

(51) Int. Cl.

C22C 38/48 (2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 10 页

(54) 发明名称

高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢及其钢结构材料制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢及其钢结构材料制备方法,其化学成分按重量百分比计为:C \leq 0.10;Cr:14.0~15.5;Ni:4.2~6.0;Cu:2.0~3.5;Nb:0.2~0.40;Mn \leq 0.7;Mo:0.3~0.8;Si \leq 1.0;P \leq 0.02;S \leq 0.015;其余为Fe。上述钢结构材料制备方法,包括以下步骤:1)、按各化学成分的重量百分比称取各组份;2)、真空感应熔炼;3)、浇注重熔电极棒;4)、电渣重熔获得钢锭;5)、均匀化热处理;6)、锻造丝棒材、板带材的坯料;7)、丝棒材、板带材坯料的精整、探伤、冷加工。本发明是通过高韧性的低碳板条状马氏体的形成和以钼、铜等合金元素作补充强化手段,从而得到高强韧性、高耐腐蚀和耐磨性,满足耐蚀性强、耐磨损性能优异、机械加工性能良好、尺寸稳定性高、铁磁性等要求。

1. 一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢,其特征在于:其化学成分按重量百分比计为: $C \leq 0.10$; $Cr:14.0 \sim 15.5$; $Ni:4.2 \sim 6.0$; $Cu:2.0 \sim 3.5$; $Nb:0.2 \sim 0.40$; $Mn \leq 0.7$; $Mo:0.3 \sim 0.8$; $Si \leq 1.0$; $P \leq 0.02$; $S \leq 0.015$; 余量为 Fe。

2. 一种用权利要求 1 所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法,其特征在于包括以下步骤:

1)、按各化学成分的重量百分比称取各组份;

2)、真空感应熔炼

将步骤 1 中称取各组份加入到真空感应熔炼炉中进行真空感应熔炼,真空感应熔炼采用 2 次精炼工艺;

第一次精炼在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^{\circ}C$ 的温度下,真空度控制在 $3 \sim 8Pa$,精炼 $10 \sim 20$ 分钟;

第 2 次精炼在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^{\circ}C$ 的温度下,真空度控制在 $1 \sim 2 \times 10^{-1}Pa$ 以上,精炼 10 分钟,以控制成分偏析,然后进行电磁搅拌;

3)、浇注重熔电极棒

将经过 2 次真空感应熔炼的钢水采用细流中速均匀浇注,浇注时间为 $12 \sim 18$ 秒,浇注温度控制温度至在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^{\circ}C$,首次获得重熔电极棒;

4)、电渣重熔获得钢锭

采用 $CaF-CaO-MnO-MgO-Al_2O_3$ 五元渣系进行电渣重熔获得钢锭;

5)、均匀化热处理

将钢锭进行均匀化热处理,均匀化热处理的温度为 $1140^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$;

对于直径大于 200mm 的钢锭,根据钢棒的直径大小,按 1mm 保温时间 1.5min 确定总的保温时间;

对于直径小于 200mm 钢锭,保温时间为 5h;

6)、锻造丝棒材、板带材的坯料

将经过均匀化热处理的钢锭在 $1120-1160^{\circ}C$ 温度下保温,保温 $1.5 \sim 5h$,用快锻机锻造,始锻的温度不高于 $1150 \pm 5^{\circ}C$,终锻的温度不低于 $950^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$,将钢锭锻造成丝棒材、板带材的坯料;

对于直径大于 20mm 棒材经过扣圆、校直、表面加工即得棒材成品;

对于直径小于 20mm 棒材,先将钢锭锻造成截面边长为 $40 \sim 80mm$ 的方坯,经过表面精整、热轧成 $\phi 8 \sim \phi 14mm$ 的圆条,即为丝棒材坯料;将板带材的坯料锻造成 $300 \sim 400mm$ 宽, $30mm$ 厚的板,即得板带材的板坯;

7)、丝棒材、板带材坯料的精整、探伤、冷加工

采用探伤仪器设备对丝棒材、板带材的坯料进行内外部质量进行检测,使用精整仪进行精整;

精密棒材采用高性能棒材专用车床进行精密加工,控制转速和刀速,保持棒材的高精度、高的光洁度;

将经过精整、探伤的丝棒材、板带材坯料进一步冷加工,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料。

3. 根据权利要求 2 所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法,其特

征在于:所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为热轧板材,将精整、探伤后的板坯在 $(850 \sim 1160) \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下热轧成 $320 \sim 440 \text{ mm}$ 宽, $8 \sim 10$ 厚的板坯;然后进行固溶处理,固溶处理的方法为在 $1040 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的温度下保温时间 $30 \sim 60$ 分钟,然后进行水淬。

4. 根据权利要求3所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法,其特征在于:所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为带材,将在 $(850 \sim 1160) \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下热轧成 $320 \sim 440 \text{ mm}$ 宽, $8 \sim 10$ 厚的板坯,通过固溶处理,进行冷轧,控制轧棍的直径、轧制道次选择在 $3\text{--}4$ 次,根据精度要求选用 4 辊、 12 辊、 20 辊轧机,宽度的尺寸公差控制在 0.10mm 以内,厚度的公差控制在 0.01 以内;每个道次均要进行 $1040 \pm 10^{\circ}\text{C}$, $30 \sim 60$ 分钟的固溶热处理,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢带材。

5. 根据权利要求2所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法,其特征在于:所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为冷加工丝材,将经过表面精整、热轧成 $\phi 8 \sim \phi 14\text{mm}$ 的圆条丝棒材坯料通过精整、探伤后,在 $1040 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 进行固溶热处理,根据丝材的粗细进行保温;控制丝材过程变形度在 $40 \sim 65\%$,成品丝变形量控制在 $30\text{--}40\%$;

对于直径大于 1mm ,按 $10\text{Min}/\text{mm}$ 进行保温;

对于小于 1mm 的丝材采用氢气保护连续热处理按 $1 \sim 2\text{M}/\text{Min}$,经冷加工即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢冷加工丝材。

6. 根据权利要求2所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法,其特征在于:所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为铸件,对于砂型铸造产品,将首次获得的合格重熔电极棒进行大气中频感应炉熔炼,根据零件形状要求制作相应的模具,通过模具进行砂型造型,在空气中浇注成砂型铸件产品,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢砂型铸件;

对于精密铸件,通过制作金属型模具、注射蜡模、拼装蜡模、制作壳型、烧结壳型、真空炼钢、真空浇注,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢精密铸件。

7. 根据权利要求6所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法,其特征在于:对于铸件,还包括精密铸件尺寸稳定性的热处理方法,所述的热处理方法为:将铸件经过精加工后,加热到 $1150 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 2.5h ,空冷至室温;再加热到 $1040 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 1h ;放入冰水中冷却, 10min 后转入干冰中在 $(-60 \sim -70)^{\circ}\text{C}$ 下冷却 30min 后,至室温;再在 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下回火 1 小时;回火后降至室温后转入干冰中冷却 30min 后,冷至室温,再在 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下回火 1 小时, $620 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下回火 4 小时;最后再进行尺寸稳定性试验:在 $(-70 \sim -80)^{\circ}\text{C}$ 的温度下保温 2 小时,深冷处理,再在 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下保温 4 小时,深冷处理,如此共循环三次,完成精密铸件尺寸稳定性的热处理。

高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢及其钢结构材料制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属材料,特别涉及一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢及其钢结构材料制备方法。

背景技术

[0002] 国内研究开发的一种新型仪器仪表系统需使用一种高尺寸精度、高表面光洁度、高尺寸稳定性结构材料,其材料具有良好综合力学性能、耐腐蚀、耐磨损、铁磁性,而国内还未进行该方面的研究。

[0003] 在铸造不锈钢材料方面我国的高等院校、科研院所针对特定介质耐腐蚀问题进行了研究开发,例如在硫酸、氢氟酸、海水、盐酸、碱、氯离子介质、复合介质中的铸造奥氏体-铁素体双相不锈钢、高钼含氮不锈钢、高硅不锈钢及改型奥氏体不锈钢取得了大量研究成果。而对于本发明所要求同时具有其它综合性能的耐蚀合金还未见研究报道。

[0004] 我国科技工作者对材料尺寸稳定性方面作了研究。通过对工具钢、轴承钢、模具钢的研究表明,组织的不稳定性是造成尺寸不稳定的主要原因。对 LD10、ZL104 铝合金进行循环处理,降低并改善了残余应力分布增强了微观组织的稳定性,从而提高了尺寸稳定性;对 Al-Zn-Mg 铸造合金进行稳定化处理,提高了尺寸稳定性。

[0005] 虽然铸造奥氏体不锈钢耐蚀性优良,应用广泛,但其力学性能和机加工性能较差,耐磨性不好、磁导率较低;而铸造铁素体不锈钢室温及低温韧性差、缺口敏感性高、不耐磨;马氏体不锈钢按组织可分为马氏体型、半奥氏体型和马氏体时效型三种。半奥氏体型铸造不锈钢虽然强度很高,但冲击韧性和尺寸稳定性均相对较差;而对铸造马氏体型不锈钢进行合金化处理,并通过热处理强化,其综合力学性能优良、耐磨损、耐腐蚀、机械加工性能优良、冲击韧性值高、尺寸稳定性佳、且为铁磁性合金。沉淀硬化马氏体不锈钢系列是一种广泛应用的铸造不锈钢材料,具有很高的强度并保持一定的韧性,同时具有较高的耐蚀性和耐磨性,同时满足铁磁性要求;材料的韧性相对较差,但可以通过化学成分的调整以及适当的热处理工艺来改善强韧性。

发明内容

[0006] 本发明的目的就是针对现有技术的不足,提供一种具有很高的强度并保持一定的韧性,同时具有较高的耐蚀性和耐磨性的高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢及其钢结构材料的制备方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢,其特征在于:其化学成分按重量百分比计为: $C \leq 0.10$; $Cr: 14.0 \sim 15.5$; $Ni: 4.2 \sim 6.0$; $Cu: 2.0 \sim 3.5$; $Nb: 0.2 \sim 0.40$; $Mn \leq 0.7$; $Mo: 0.3 \sim 0.8$; $Si \leq 1.0$; $P \leq 0.02$; $S \leq 0.015$;其余为 Fe。

[0008] 本发明钢投料数十炉(每炉 30Kg)材料进行性能试验钢的牌号命名为 CGS,其典型化学成分分析值见表 1。

[0009] 表 1 本发明钢的化学成分 wt%

成分	元素									
	C	Ni	Cr	Cu	Nb	Si	Mn	Mo	P	S
发明材 料成分 范围	≤ 0.10	4.2~ 6.0	14.0 ~ 15.5	2.0~ 3.5	0.2~ 0.40	≤ 1.0	≤ 0.7	0.3 ~ 0.8	≤0.02	≤0.015
GS-1 [#]	0.025	5.49	14.0	2.0	0.20	1.0	0.7	0.3	0.0083	0.0081
GS-2 [#]	0.019	6.0	15.5	3.5	0.30	0.46	0.44	0.57	0.02	0.0078
GS-3	0.10	4.2	14.78	2.35	0.40	0.49	0.37	0.8	0.0087	0.015

(2) 钢中各元素的作用

铬的作用

铬能使钝化并赋予其良好耐蚀性和不锈性。增加铬元素的含量,耐大气腐蚀性提高,引起耐蚀性突变的铬含量为约 12%,但马氏体不锈钢铬含量是受到限制的,其最大含量由合金中奥氏体形成元素的含量来确定。当铬含量超过一定量时,均不能得到淬火马氏体组织。铬还能降低奥氏体向铁素体和碳化物的转变速度,使 C 曲线明显右移,钢的淬透性增加。

[0010] 镍的作用

镍是 γ 相形成元素,扩大奥氏体稳定区,镍含量越高, γ 圈向右移动,钢中的铬含量可以提高,而不形成单一的铁素体组织,从而解决了耐蚀性与合金硬度的矛盾。马氏体镍铬不锈钢中的镍含量也不能过高,否则由于扩大 γ 相区和降低 M_s 点温度的双重作用,将使钢成为单相奥氏体不锈钢而丧失淬火能力;镍还能起到降低钢中铁素体的作用,从而提高钢的硬度;镍可以提高钢的淬透性和可淬性;镍提高铁-铬合金的钝化倾向,改善了钢在还原性介质中的耐蚀性。

[0011] 碳的影响

碳是奥氏体强烈形成元素,因此随着碳含量增加,硬度强度提高,塑性降低。碳还使钢的耐蚀性降低。本项目中采用以镍代替碳,从而得到超低碳镍铬马氏体不锈钢不仅强度高,而且还具有相当的韧性。

[0012] 铜的作用

加入铜改善合金的耐蚀性,在沉淀硬化马氏体不锈钢中主要起到二次硬化效应。

[0013] 钼的作用

在马氏体镍铬不锈钢中,加入钼能增加回火稳定性和强化二次硬化效应,提高耐蚀性,同时增加钢的强度,而韧性并不降低。但过高的钼将促进铁素体的形成,对钢带来不利的影响。

[0014] Mn 是扩大 γ 相区的元素,亦称奥氏体稳定化元素,在合金中能起到脱氧、净化合金的作用。但 Mn 等元素加入到一定量后,可使 γ 相区扩大到室温以下,使 α 相区消失。

因此 Mn 的范围控制为 0.70% 以内。

[0015] Si 是缩小 γ 相区元素,一定的硅能起到脱氧、净化合金的作用,但 Si 含量偏高,将增加合金材料的脆性,使得材料的加工性能降低,因此 Si 在发明马氏体不锈钢中加以控制,本马氏体设计 Si 的含量控制在 $\leq 1.0\%$ 。

[0016] 铌的作用

铌是最有效的细化晶粒微合金化元素,在控轧和正火等热处理过程中,它对延缓奥氏体再结晶和细化晶粒的作用极其强烈,对于低碳马氏体钢来说,通过加入少量的铌,就可以在普通轧机上实现控轧而达到晶粒细化。这是铌的重要优点之一。在马氏体钢,加入少量铌强化效果显著。

[0017] 上述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料的制备方法,其特征在于包括以下步骤:

1)、按各化学成分的重量百分比称取各组份;

2)、真空感应熔炼

将步骤 1 中称取各组份加入到真空感应熔炼炉中进行真空感应熔炼,真空感应熔炼采用 2 次精炼工艺;

第一次精炼在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下,真空度控制在 $3 \sim 8\text{Pa}$,精炼 $10 \sim 20$ 分钟;

第 2 次精炼在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下,真空度控制在 $1 \sim 2 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 以上,精炼 10 分钟,以控制成分偏析,然后进行电磁搅拌;

3)、浇注重熔电极棒

将经过 2 次真空感应熔炼的钢水采用细流中速均匀浇注,浇注时间为 $12 \sim 18$ 秒,浇注温度控制温度至在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^\circ\text{C}$,首次获得重熔电极棒;

4)、电渣重熔获得钢锭

采用 $\text{CaF}-\text{CaO}-\text{MnO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 五元渣系进行电渣重熔获得钢锭;

5)、均匀化热处理

将钢锭进行均匀化热处理,均匀化热处理的温度为 $1140^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$;

对于直径大于 200mm 的钢锭,根据钢棒的直径大小,按 1mm 保温时间 1.5min 确定总的保温时间;

对于直径小于 200mm 钢锭,保温时间为 5h;

6)、锻造丝棒材、板带材的坯料

将经过均匀化热处理的钢锭在 $1120-1160^\circ\text{C}$ 温度下保温,保温 $1.5 \sim 5\text{h}$,用快锻机锻造,始锻的温度不高于 $1150 \pm 5^\circ\text{C}$,终锻的温度不低于 $950^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,将钢锭锻造成丝棒材、板带材的坯料;

对于直径大于 20mm 棒材经过扣圆、校直、表面加工即得棒材成品;

对于直径小于 20mm 棒材,先将钢锭锻造成截面边长为 $40 \sim 80\text{mm}$ 的方坯,经过表面精整、热轧成 $\phi 8 \sim \phi 14\text{mm}$ 的圆条,即为丝棒材坯料; $\phi 8 \sim \phi 14\text{mm}$ 都可以,但越粗越不利于丝材拉拔,小于 $\phi 8$ 后,不利于表面的精整。

[0018] 将板带材的坯料锻造成 $300 \sim 400\text{mm}$ 宽,30mm 厚的板,即得板带材的板坯;

7)、丝棒材、板带材坯料的精整、探伤、冷加工

采用探伤仪器设备对丝棒材、板带材的坯料进行内外部质量进行检测,使用精整仪进行精整;

精密棒材采用高性能棒材专用车床进行精密加工,控制转速和刀速,保持棒材的高精度、高的光洁度;

将经过精整、探伤的丝棒材、板带材坯料进一步冷加工,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料。

[0019] 优选的,所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为热轧板材,将精整、探伤后的板坯在 $(850 \sim 1160) \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下热轧成 $320 \sim 440 \text{ mm}$ 宽, $8 \sim 10$ 厚的板坯;然后进行固溶处理,

固溶处理的方法为在 $1040 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的温度下保温时间 $30 \sim 60$ 分钟,然后进行水淬;钢在冷加工过程中必须适时进行固溶处理以消除冷作硬化,固溶处理的温度不能超过 1180°C ,温度高出 1180°C ,钢的晶粒粗化,影响性能。

[0020] 进一步优选的,所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为带材,将在 $(850 \sim 1160) \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下热轧成 $320 \sim 440 \text{ mm}$ 宽, $8 \sim 10$ 厚的板坯,通过固溶处理,进行冷轧,控制轧棍的直径、轧制道次选择在 $3\text{-}4$ 次,根据精度要求选用 4 棍、 12 棍、 20 棍轧机,宽度的尺寸公差控制在 0.10mm 以内,厚度的公差控制在 0.01 以内;每个道次均要进行 $1040 \pm 10^{\circ}\text{C}$, $30 \sim 60$ 分钟的固溶热处理,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢带材。

[0021] 优选的,所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为冷加工丝材,将经过表面精整、热轧成 $\phi 8 \sim \phi 14\text{mm}$ 的圆条丝棒材坯料通过精整、探伤后,在 $1040 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 进行固溶热处理,根据丝材的粗细进行保温;控制丝材过程变形度在 $40 \sim 65\%$,成品丝变形量控制在 $30\text{-}40\%$;

对于直径大于 1mm ,按 $10\text{Min}/\text{mm}$ 进行保温;

对于小于 1mm 的丝材采用氢气保护连续热处理按 $1 \sim 2\text{M}/\text{Min}$,经冷加工即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢冷加工丝材。可根据需求加工成各种不同规格的丝材。

[0022] 优选的,所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为铸件,对于砂型铸造产品,将首次获得的合格重熔电极棒进行大气中频感应炉熔炼,根据零件形状要求制作相应的模具,通过模具进行砂型造型,在空气中浇注成砂型铸件产品,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢砂型铸件;

对于精密铸件,通过制作金属型模具、注射蜡模、拼装蜡模、制作壳型、烧结壳型、真空炼钢、真空浇注,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢精密铸件。

[0023] 进一步优选的,其特征在于:对于铸件,还包括精密铸件尺寸稳定性的热处理方法,所述的热处理方法为:将铸件经过精加工后,加热到 $1150 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 2.5h ,空冷至室温;再加热到 $1040 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 1h ;放入冰水中冷却, 10min 后转入干冰中在 $(-60 \sim -70)^{\circ}\text{C}$ 下冷却 30min 后,至室温;再在 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下回火 1 小时;回火后降至室温后转入干冰中冷却 30min 后,冷至室温,再在 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下回火 1 小时, $620 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下回火 4 小时;最后再进行尺寸稳定性试验:在 $(-70 \sim -80)^{\circ}\text{C}$ 的温度下保温 2 小时,深冷处理,再在 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下保温 4 小时,深冷处理,如此共循环三次,完成精密铸件尺寸稳定性的热处理。

[0024] (4)与国内外材料相比,本发明钢具有的优良性能

不同时效热处理温度,材料的力学性能见表 2。

[0025] 表 2 不同时效热处理温度材料的力学性能

工艺	性能			
	R _m (MPa)	R _{0.2} (MPa)	A ₅ (%)	Z (%)
480℃×4h	1370	1220	8.0	22.5
560℃×1.5h	1010	905	14.5	59.5
560℃×4h	1100	1080	10.5	19.0
560℃×5h	1070	1010	8.5	27.0
620℃×4h(1)	970	905	25.5	55.5
620℃×4h(2)	990	885	24.5	58.0
620℃×4h(3)	925	765	26.5	57.0
620℃×4h(4)	935	810	26.5	58.0
620℃×4h(5)	980	840	27.5	57.5
620℃×4h(6)	980	770	24.5	61.5
620℃×4h(7)	985	765	29.5	62.0
760℃×2h后 620℃×4h	922	713	22.5	55.0

本发明材料耐蚀性试验

表 3 材料的人工海水均匀腐蚀率对比试验

合金材料	试验材料			对比材料		
材料名称	CGS-1	CGS-2	13-4	ZG1Cr18Ni9T 1	35号钢	1Cr18Ni9Ti
腐蚀率 R(mm/a)	2.38 $\times 10^{-4}$	2.49 \times 10^{-4}	8.18 \times 10^{-4}	2.78 $\times 10^{-3}$	4.23 \times 10^{-3}	1.41 $\times 10^{-4}$

表 4 试样经 24h 中性盐雾试验检验结果

试样名称	材料	试样编号	腐蚀面积 (%)	等级
研 制 材 料	CGS1*	1-1	0	10
		1-2	0	10
	CGS2*	2-1	2%	8
		2-2	2%	8
对 比 材 料	1Cr18Ni9Ti	3-1	8%	6
		3-2	8%	6
	35*钢	4-1	100%	0
		4-2	100%	0

本发明材料的磁性能及弹性性能

本发明材料经均匀化热处理、淬火、时效热处理后，按 GB/T3657 标准加工成 ($\Phi 30-\Phi 40$) $\times 5$ 的标准试样对磁导率进行测试， μ_{100} 为 81.5Gs/Oe， μ_m 为 109Gs/Oe。发明材料为铁磁性材料。

[0026] 对研制材料的铸造合金试块进行线切割、表面精模，加工成 $10 \times 0.7 \times 175$ 的标准试样，对弹性极限进行测试， $\sigma_{0.001}$ 为 139MPa。

[0027] 本发明材料尺寸稳定性性能

国内外现有的马氏体钢材料尺寸稳定性保持在尺寸变化率为 3.7×10^{-5} 。发明材料的尺寸稳定性远远优于该水平，如表 5 为发明材料尺寸稳定性试验分析。

[0028] 表 5 发明材料尺寸稳定性实验分析

试样号	CGS1-1	CGS1-2	CGS2-1	CGS2-2	CGS3-1	CGS3-2
首次测量 试件尺寸	90mm -4.94 μ m	90mm -3.81 μ m	90mm -3.84 μ m	90mm -2.88 μ m	90mm -1.56 μ m	90mm -3.74 μ m
一月后偏差 (μ m)	-0.15	-0.10	-0.08	-0.03	-0.16	-0.31
二月后偏差 (μ m)	-0.09	-0.13	-0.15	-0.02	-0.14	-0.31
三月后偏差 (μ m)	-0.09	-0.08	-0.05	-0.02	-0.14	-0.35
四月后偏差 (μ m)	-0.04	-0.07	-0.05	-0.03	-0.26	-0.42
五月后偏差 (μ m)	-0.28	-0.20	-0.24	-0.2	-0.29	-0.47
九月后偏差 (μ m)	-0.24	-0.21	-0.29	-0.18	-0.35	0.44
最大变化量 ΔL_{max} (μ m)	0.28	0.21	0.29	0.23	0.35	0.47
尺寸 变化率	3.11 \times 10^{-6}	2.33 \times 10^{-6}	3.22 \times 10^{-6}	2.55 \times 10^{-6}	3.89 \times 10^{-6}	5.22 \times 10^{-6}

本发明一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢及其钢结构材料的制备方法的有益效果是，不采用高碳马氏体与形成碳化物的手段，而是通过高韧性的低碳板条状马氏体的形成和以钼、铜等合金元素作补充强化手段，从而得到高强韧性、高耐腐蚀和耐磨性，不仅具备良好

的综合力学性能,而且需满足耐蚀性强、耐磨损性能优异、机械加工性能良好、尺寸稳定性高、铁磁性等要求。

具体实施方式

[0029] 下面对本发明作进一步的说明,但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。

[0030] 实施例 1

一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢,其化学成分按重量百分比计为:C:0.025;Cr:14.0;Ni:5.49;Cu:2.0;Nb:0.2;Mn:0.7;Mo:0.3;Si:1.0; $P \leq 0.0083$; $S \leq 0.0081$;余量为Fe,通过真空熔炼再真空浇注成精密铸件,经机械加工成高尺寸稳定性仪器仪表用结构部件。

[0031] 上述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料的制备方法,其特征在于包括以下步骤:

1)、按各化学成分的重量百分比称取各组份;

2)、真空感应熔炼

将步骤 1 中称取各组份加入到真空感应熔炼炉中进行真空感应熔炼,真空感应熔炼采用 2 次精炼工艺;

第一次精炼在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下,真空度控制在 $3 \sim 8\text{Pa}$,精炼 $10 \sim 20$ 分钟;

第 2 次精炼在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下,真空度控制在 $1 \sim 2 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 以上,精炼 10 分钟,以控制成分偏析,然后进行电磁搅拌;

3)、浇注重熔电极棒

将经过 2 次真空感应熔炼的钢水采用细流中速均匀浇注,浇注时间为 $12 \sim 18$ 秒,浇注温度控制温度至在 $(1530 \sim 1560) \pm 5^\circ\text{C}$,首次获得重熔电极棒;

4)、电渣重熔获得钢锭

采用CaF-CaO-MnO-MgO-Al₂O₃五元渣系进行电渣重熔获得钢锭;

5)、均匀化热处理

将钢锭进行均匀化热处理,均匀化热处理的温度为 $1140^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$;

对于直径大于 200mm 的钢锭,根据钢棒的直径大小,按 1mm 保温时间 1.5min 确定总的保温时间;

对于直径小于 200mm 钢锭,保温时间为 5h;

6)、锻造丝棒材、板带材的坯料

将经过均匀化热处理的钢锭在 $1120 \sim 1160^\circ\text{C}$ 温度下保温,保温 $1.5 \sim 5\text{h}$,用快锻机锻造,始锻的温度不高于 $1150 \pm 5^\circ\text{C}$,终锻的温度不低于 $950^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,将钢锭分别锻造成直径为 22mm、直径为 32mm、直径为 42mm 棒材,再经过扣圆、校直、表面加工即得直径为 20mm、直径为 30mm、直径为 40mm 的棒材成品。

[0032] 实施例 2

其他同实施例 1,只是先将钢锭分别锻造成截面边长为 40mm、60mm、80mm 的方坯,经过表面精整、热轧成 $\phi 8 \sim \phi 14\text{mm}$ 的圆条,同时也是丝棒材坯料。

[0033] 采用探伤仪器设备对丝棒材的坯料进行内外部质量进行检测,使用精整仪进行精整;

将经过表面精整、热轧成 $\phi 8 \sim \phi 14\text{mm}$ 的圆条丝棒材坯料通过精整、探伤后,在 $1040 \pm 5^\circ\text{C}$ 进行固溶热处理,根据丝材的粗细进行保温;控制丝材过程变形度在 $40 \sim 65\%$,成品丝变形量控制在 $30\sim 40\%$;

将经过精整、探伤的丝棒材坯料进一步冷加工,分别加工成 $\phi 2\text{mm}$ 、 $\phi 1\text{mm}$ 、 $\phi 0.5 \text{ mm}$ 、 $\phi 0.25 \text{ mm}$,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢丝。

[0034] 对于直径大于 1mm ,按 $10\text{Min}/\text{mm}$ 进行保温;

对于小于 1mm 的丝材采用氢气保护连续热处理按 $1 \sim 2\text{M}/\text{Min}$,经冷加工即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢冷加工丝材。

[0035] 实施例 3

其他同实施例 1,只是先将板带材的坯料锻造成宽度分别为 300 mm 、 350 mm 、 400mm 宽, 30mm 厚的板,即得板带材的板坯;

采用探伤仪器设备对板带材的坯料进行内外部质量进行检测,使用精整仪进行精整;

将经过精整、探伤的板带材坯料进一步冷加工,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料。

[0036] 所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为热轧板材,将精整、探伤后的板坯在 $(850 \sim 1160) \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下热轧成 $320 \sim 440 \text{ mm}$ 宽, $8 \sim 10$ 厚的板坯;然后进行固溶处理,固溶处理的方法为在 $1040 \pm 10^\circ\text{C}$ 的温度下保温时间 $30 \sim 60$ 分钟,然后进行水淬。

[0037] 所述高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢结构材料为带材,将在 $(850 \sim 1160) \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下热轧成 $320 \sim 440 \text{ mm}$ 宽, $8 \sim 10$ 厚的板坯,通过固溶处理,进行冷轧,控制轧棍的直径、轧制道次选择在 $3\sim 4$ 次,根据精度要求选用 4 棍、 12 棍、 20 棍轧机,宽度的尺寸公差控制在 0.10mm 以内,厚度的公差控制在 0.01 以内;每个道次均要进行 $1040 \pm 10^\circ\text{C}$, $30 \sim 60$ 分钟的固溶热处理,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢带材。

[0038] 实施例 4

一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢,其化学成分按重量百分比计为:C:0.019;Cr:15.5;Ni:6.0;Cu:3.5;Nb:0.3;Mn:0.044;Mo:0.57;Si:0.46;P \leq 0.02;S \leq 0.0078;余量为 Fe,通过真空熔炼再真空浇注成精密铸件。

[0039] 高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法同实施例 1;

制作砂型造型:

将首次获得的合格重熔电极棒进行大气中频感应炉熔炼,根据零件形状要求制作相应的模具,通过模具进行砂型造型,在空气中浇注成砂型铸件产品,即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢砂型铸件。

[0040] 实施例 5

一种高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢,其化学成分按重量百分比计为:C:0.10;Cr:14.78;Ni:4.2;Cu:2.35;Nb:0.4;Mn:0.37;Mo:0.8;Si:0.49;P \leq 0.0087;S \leq 0.015;余量为 Fe,通过真空熔炼再真空浇注成精密铸件。高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢制备钢结构材料的方法同实施例 1;

制作精密铸件:

将首次获得的合格重熔电极棒进行大气中频感应炉熔炼，首先制作精密铸件的金属型模具，注射蜡模、拼装蜡模、制作壳型、烧结壳型、真空炼钢、真空浇注，即得高尺寸稳定性耐腐蚀马氏体钢精密铸件。

[0041] 精密铸件尺寸稳定性的热处理方法，所述的热处理方法为：将铸件经过精加工后，加热到 $1150 \pm 5^\circ\text{C}$ ，保温 2.5h，空冷至室温；再加热到 $1040 \pm 5^\circ\text{C}$ ，保温 1h；放入冰水中冷却，10min 后转入干冰中在 $(-60 \sim -70)^\circ\text{C}$ 下冷却 30min 后，至室温；再在 $160 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下回火 1 小时；回火后降至室温后转入干冰中冷却 30min 后，冷至室温，再在 $160 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下回火 1 小时， $620 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下回火 4 小时；最后再进行尺寸稳定性试验：在 $(-70 \sim -80)^\circ\text{C}$ 的温度下保温 2 小时，深冷处理，再在 $160 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下保温 4 小时，深冷处理，如此共循环三次，完成精密铸件尺寸稳定性的热处理。

[0042] 上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解，本发明型不受上述实施例的限制，上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理，在不脱离本发明精神和范围的前提下，本发明还会有各种变化和改进，这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。