

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102618801 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 01

(21) 申请号 201110429722. 5

(22) 申请日 2011. 12. 20

(71) 申请人 振石集团东方特钢股份有限公司

地址 314000 浙江省嘉兴市南湖区新丰镇经济开发区

(72) 发明人 申鹏 颜海涛 杨振 袁辉

邱隆鹏 刘腾飞 李杰 刘晓亚

(74) 专利代理机构 杭州天欣专利事务所 33209

代理人 董力平

(51) Int. Cl.

C22C 38/58(2006. 01)

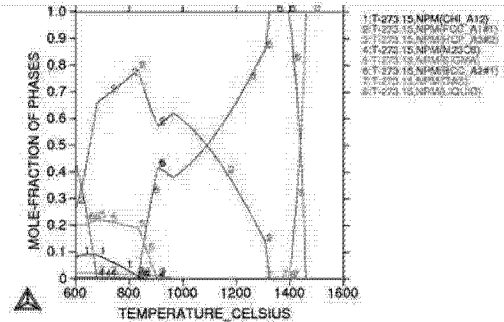
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

热加工性能好的低镍双相不锈钢

(57) 摘要

本发明涉及一种热加工性能好的低镍双相不锈钢,属于金属材料领域。该热加工性能好的低镍双相不锈钢,其化学成分的重量百分比为:C:0.01-0.04;Si:0.2-1.0;Mn:4-6;Cr:21-23;Ni:1.0-2.0;S:0-0.005;P:0-0.040;N:0.15-0.25;Cu:0-1;Mo:0.2-1.0;Ti和/或Nb,其中,Ti:0.01-0.1;Nb:0.02-0.3;其余为Fe和不可避免的杂质元素。本发明具有配方设计合理、镍金属含量低、成本低、具有良好热加工性能能和较好耐腐蚀性、两相组织稳定的优点。



1. 一种热加工性能好的低镍双相不锈钢,其化学成分的重量百分比为:  
C :0.01-0.04 ;Si :0.2-1.0 ;Mn :4-6 ;Cr :21-23 ;Ni :1.0-2.0 ;S :0-0.005 ;P :0-0.040 ;  
N :0.15-0.25 ;Cu :0-1 ;Mo :0.2-1.0 ;Ti 和 / 或 Nb,其中,Ti :0.01-0.1 ;Nb0.02-0.3 ;其余为  
Fe 和不可避免的杂质元素。
2. 根据权利要求1所述的热加工性能好的低镍双相不锈钢,其特征是 :所述的杂质中,  
Cu 的质量百分含量为 :0-1。
3. 根据权利要求1或2所述的热加工性能好的低镍双相不锈钢,其特征是 :所述的杂  
质中,S 的质量百分含量为 :0-0.005。
4. 根据权利要求3所述的热加工性能好的低镍双相不锈钢,其特征是 :所述的杂质中,  
P 的质量百分含量为 :0-0.040。

## 热加工性能好的低镍双相不锈钢

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种热加工性能好的低镍双相不锈钢,属于金属材料领域。

### 背景技术

[0002] 双相不锈钢是指在其固溶组织由铁素体与奥氏体双相组成,而且其中一相比比例约45%~55%(量少相至少占30%)的不锈钢。由于两相组织的特征使双相不锈钢兼有铁素体不锈钢和奥氏体不锈钢的优点,与铁素体不锈钢比,其韧性高、脆性转变温度低、耐晶间腐蚀和焊接性能好,同时保留了铁素体钢导热系数高、膨胀系数小的优点。与奥氏体不锈钢相比,其屈服强度是奥氏体不锈钢的两倍,耐氯化物应力腐蚀断裂能力均明显高于300系列的奥氏体不锈钢。双相不锈钢由于其优异的力学性能和耐腐蚀性能广泛应用于油气、石化、化肥、桥梁、建筑以及化学品船等行业。

[0003] 近年来,随着镍价的不断上涨和大幅波动,为了充分发挥双相不锈钢资源节约的优势,双相不锈钢开始向低镍的方向发展。低镍双相不锈钢是指铬含量在23%以下,且含镍量低,同时不含钼或含少量钼的双相不锈钢,其设计开发思路是采用锰和氮代替镍,保证双相不锈钢的两相比比例。该钢成本较低,是取代传统奥氏体不锈钢的理想材料。

[0004] 欧洲专利WO 02/27056 A1公开了一种低镍双相不锈钢,其成分范围为(重量%):0.005-0.07%C、0.1-2.0%Si、3-8%Mn、19-23%Cr、0.5-1.7%Ni、0.15-0.30%N、0-1.0%Cu、0-1.0%Mo,该专利镍含量比较低,为了保证两相的比例接近1:1,提高了锰和氮的含量,降低了材料的热加工性能。

[0005] 中国专利201010505097.3公开了一种双相不锈钢,相对于专利WO 02/27056 A1,提高镍的含量到1.5-2.5%,适当降低锰的含量到0.5-2%,此专利存在两相组织稳定性差的问题。

[0006] 中国专利200810200580.3:该专利与专利201010505097.3相比,提高了镍含量,降低了锰含量,但镍含量增加太多,最高增加到4%,镍含量的提高对双相不锈钢的组织稳定是有利的,但成本也大大增加,其市场竞争力比较弱。并且其热加工性能也是比较差的,容易出现边裂问题。

[0007] 根据上述分析可知,虽然已经出现了较多的低镍双相不锈钢,其成本已经有了较大的下降,但这些专利存在的共同问题是热加工性比较差,加工时容易出现边裂缺陷。

### [0008] 发明内容

为了解决上述技术问题,本发明的目的在于提供一种配方设计合理、镍金属含量低、成本低、具有良好热加工性能能和较好耐腐蚀性、两相组织稳定的热加工性能好的低镍双相不锈钢。

[0009] 为达到上述目的,本发明提供了一种热加工性能好的低镍双相不锈钢,其化学成分的重量百分比为:

C:0.01-0.04;Si:0.2-1.0;Mn:4-6;Cr:21-23;Ni:1.0-2.0;S:0-0.005;P:0-0.040;N:0.15-0.25;Cu:0-1;Mo:0.2-1.0;Ti和/或Nb,其中,Ti:0.01-0.1;Nb:0.02-0.3;其余为

Fe 和不可避免的杂质元素。

[0010] 作为优选,本发明所述的杂质中,Cu 的质量百分含量为 :0-1。

[0011] 作为优选,本发明所述的杂质中,S 的质量百分含量为 :0-0.005。

[0012] 作为优选,本发明所述的杂质中,P 的质量百分含量为 :0-0.040。

[0013] 本发明的设计思路是降镍,保证必要的铬含量,以确保耐腐蚀性能和降低成本 ;选择合适的锰和氮含量,以稳定双相不锈钢的两相组织。添加钛或铌的一种或两种,提高钢的热加工性能 ;上述各元素的作用如下 :

C :碳是一种间隙元素,能够强烈形成并稳定奥氏组织并扩大奥氏体区。碳形成奥氏体的能力约为镍的 30 倍,但过多的碳会与钢中的铬形成  $Cr_{23}C_6$  型碳化物,使钢的耐腐蚀性能特别是耐晶间腐蚀性能下降。从耐腐蚀性角度考虑,一般要求碳越低越好,但过低的碳会使双相钢的两相组织不稳定,而且增加冶炼成本。因此兼顾双相不锈钢的组织 and 耐蚀性,控制碳在 0.01-0.04%。

[0014] Si :硅是脱氧元素,另外也是提高抗高温氧化性能的有效元素,但是硅是强烈的铁素体形成元素。为了获得稳定的两相组织,控制在 0.2-1.0%。

[0015] Mn :锰是较弱的奥氏体形成元素,但可增加氮在奥氏体钢中的溶解度,锰、氮的复合加入可替代钢中昂贵的镍元素,但锰的加入会与钢中的杂质元素硫形成 MnS 而降低钢的耐蚀性,过高的锰还降低钢的焊接性能,因此锰控制在 4-6%。

[0016] Cr :铬是双相不锈钢中的主要元素,增加铬含量能够提高不锈钢的耐蚀性,但是铬含量过多会导致在不锈钢中形成过多的铁素体,破坏两相的平衡,因此铬含量控制在 21-23%。

[0017] Ni :镍的主要作用是形成并稳定奥氏体组织,它促进铬的钝化,其本身不是耐蚀元素。镍可改善冷热加工性能,使强度、塑性和韧性很好的配合,但其价格也是比较昂贵的,因此,在保证不锈钢综合性能的前提下,尽可能降低镍,控制其在 1.0-2.0%。

[0018] N :氮是非常强烈形成并稳定奥氏体且扩大奥氏体相区的元素,其形成奥氏体的能力与碳相当,约为镍的 30 倍。氮主要作用是作为固溶强化元素提高双相不锈钢的强度,但并不显著降低钢的塑性和韧性,同时 N 还可以显著提高不锈钢的综合耐蚀性能。但氮含量过高,会导致钢的热加工性能下降。因此,控制氮在 0.15-0.25%。

[0019] Cu :铜是弱奥氏体形成元素,能显著降低钢的冷作硬化倾向,适量的铜可以提高钢的冷加工成形性。但铜过高会降低奥氏体不锈钢的热塑性,从而影响钢的热加工性能。因此铜控制在 1% 以下。

[0020] P, S :磷和硫是不可避免的杂质元素,对性能有不利的影响,尽量降低磷和硫的含量,但考虑的冶炼的成本,因此控制  $P \leq 0.040\%$ ,  $S \leq 0.005\%$ 。

[0021] Mo :钼在奥氏体不锈钢中的主要作用是提高钢的耐还原介质的腐蚀性能和耐点蚀、耐缝隙腐蚀等的性能。但钼是铁素体形成元素,为使双相不锈钢保持两相平衡,随着钢中钼含量的增加,奥氏体形成元素也要相应增加,同时也会增加合金的成本,综合考虑,钼控制在 0.2-1.0%。

[0022] Ti :钛是本发明的可选元素之一,钛形成的细小析出物可以增加钢液凝固时的形核点,提高凝固组织中的等轴晶的比例,改善材料的加工性能。当钛含量太多时,形成尺寸比较大的 TiN,并且钢液浇铸时容易结瘤。因此钛控制在 0.01-0.1%。

[0023] Nb :铌也是本发明的可选元素之一,铌是一种稳定铁素体的元素,可以稳定铁素体结构中的碳化物,从而提高点蚀性能,另外铌还可以细化晶粒,但过多的铌会引起热裂纹,因此铌控制在 0.02-0.3%。

[0024] 在钢种成分设计中,考虑了铬、镍当量及相平衡,铬、镍当量的计算公式如下:

$$\text{铬当量 } \%Cr_{eq} = \%Cr + \%Mo + 1.5 \times \%Si + 2 \times \%Ti + \%Nb$$

$$\text{镍当量 } \%Ni_{eq} = \%Ni + 30 \times (\%C + \%N) + 0.5 \times \%Mn + 0.3\%Cu$$

以上公式主要用于成分设计时,确保合适的铬当量和镍当量,只有铬镍当量比较合适,才能保证稳定的两相组织。

[0025] 本发明同已有的技术相比,具有以下优点和特点:

本发明者通过不断的摸索,调整了钢中各元素及其配比,本发明的成分配比,使得产品既具有良好耐腐蚀性能,又具有良好热加工性能,是一种新型的低成本的低镍双相不锈钢。相对现有技术来说,全面优化后的成分和含量,在低成本条件下,保证了良好热加工性能、良好耐腐蚀性能和两相的稳定性,整体的实用价值更好。

[0026] 本发明在成分设计时单独添加了钛或铌,或复合添加了钛和铌,选定了合适的铬当量和镍当量,使双相不锈钢保持了两相的稳定性。本发明专利产品耐腐蚀性能优于传统的 304 不锈钢,在某些领域可以代替 304 不锈钢。

#### 附图说明

[0027] 图 1 为本发明实施例 1 的热力学计算相比比例图。

[0028] 图 2 为本发明实施例 1 的金相图。

#### 具体实施方式

[0029] 下面结合实施例对本发明做进一步的详细说明,以下实施例是对本发明的解释而本发明并不局限于以下实施例。

[0030] 实施例。

[0031] 表 1 为本发明实施例 1-10 与比较例 1-2 的成分列表 :wt%。

[0032] 表 1 单位:重量百分比。

	化学成分%												
	C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	N	Cu	Mo	Ti	Nb	C <sub>req</sub> / N <sub>req</sub>
实施例 1	0.031	0.48	4.5	22.3	1.83	0.028	0.0015	0.18	0.38	0.54	0.03	-	2.24
实施例 2	0.03	0.43	4.8	21.4	1.95	0.03	0.0014	0.16	0.33	0.46	0.04	-	2.23
实施例 3	0.021	0.35	4.9	21.2	1.26	0.025	0.0011	0.22	0.55	0.68	0.08	-	2.03
实施例 4	0.025	0.24	5.1	21.4	1.14	0.034	0.0009	0.24	0.54	0.56	-	0.08	1.90
实施例 5	0.031	0.44	5.8	22.6	1.07	0.031	0.0012	0.23	0.57	0.43	-	0.13	1.99
实施例 6	0.023	0.37	4.5	22.5	1.31	0.025	0.0015	0.21	0.39	0.34	-	0.29	2.22
实施例 7	0.025	0.43	4.9	21.3	1.92	0.032	0.0008	0.19	0.43	0.66	0.03	0.03	2.07
实施例 8	0.031	0.34	5.9	22.4	1.95	0.031	0.0013	0.18	0.53	0.7	0.07	0.15	2.10
实施例 9	0.027	0.29	4.7	21.5	1.81	0.024	0.0015	0.17	0.42	0.57	0.09	0.25	2.25
实施例 10	0.025	0.28	4.8	21.3	1.86	0.026	0.0014	0.18	0.45	0.47	0.01	0.09	2.11
比较例 1 (2101)	0.030	0.22	5.0	21.2	1.50	0.025	0.0030	0.20	0.24	0.62	-	-	2.02
比较例 2 (304)	0.030	0.32	0.9	18.1	8.02	0.030	0.0070	0.05	-	-	-	-	1.62

[0033] 表 2 为上表中实施例 1-10 与比较例 1-2 的性能参数,表中 Rp0.2 表示规定非比例延伸强度, R<sub>m</sub> 表示抗拉强度, A 表示断后伸长率。

[0034] 表 2

编号	铁素体 含量%	R <sub>p0.2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A (%)	硬度 (Hv)	腐蚀速率 [g/(m <sup>2</sup> ·h)]	热轧边裂情况
实施例 1	49	475	700	42	219	6.67	无边裂
实施例 2	51	475	695	41	216	5.95	无边裂
实施例 3	47	465	695	39	215	7.23	无边裂
实施例 4	53	460	685	39	214	6.48	无边裂
实施例 5	50	480	705	40	220	6.40	无边裂
实施例 6	51	485	695	42	217	7.78	无边裂
实施例 7	45	465	680	39	213	7.84	无边裂
实施例 8	46	465	685	37	214	6.84	无边裂
实施例 9	50	475	690	43	216	7.65	无边裂
实施例 10	53	485	710	42	222	6.90	无边裂
比较例 1	49	470	695	44	217	7.76	轻微边裂
比较例 2	2.1	335	655	55	205	21.2	无边裂

表 3 为本发明实施例 11-20 的成分列表: wt%。

[0035] 表 3

	化学成分%												
	C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	N	Cu	Mo	Ti	Nb	Cr+Ni
实施例 11	0.034	0.78	4.2	22.9	1.03	0.038	0.0015	0.18	0.98	0.24	0.02	0.02	2.48
实施例 12	0.03	0.63	4	21.6	1.97	0.03	0.0014	0.16	0.33	0.83	0.04	0.04	2.41
实施例 13	0.02	0.55	4.4	21.7	1.66	0.025	0.0011	0.22	0.55	0.2	0.05	0.27	2.06
实施例 14	0.04	0.2	5.2	23	1.34	0.034	0.0039	0.24	0.54	0.27	0.06	0.08	1.9
实施例 15	0.036	1.0	4.8	22.2	1.87	0.031	0.0012	0.15	0.57	0.73	-	0.13	2.45
实施例 16	0.013	0.84	5.7	23	1.38	0.025	0.0015	0.21	0.89	0.88	0.08	-	2.26
实施例 17	0.015	0.88	5.4	21.1	1.42	0.032	0.0048	0.19	0.43	0.76	-	0.03	2.23
实施例 18	0.01	0.96	6	21	1.95	0.031	0.0013	0.18	0.53	1.0	0.05	0.22	2.2
实施例 19	0.012	0.72	5.6	21.7	1.0	0.024	0.0035	0.17	0.72	0.70	0.1	-	2.50
实施例 20	0.018	0.58	4.1	21.9	1.46	0.020	0.0014	0.25	0.65	0.27	-	0.3	1.99

表 4 为上表中实施例 11-20 的性能参数。

[0036] 表 4

编号	铁素体含量%	R <sub>p0.2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A (%)	硬度(Hv)	腐蚀速率[g/(m <sup>2</sup> ·h)]	热轧边裂情况
实施例 11	50	485	710	41	222	7.57	无边裂
实施例 12	54	480	700	40	219	6.95	无边裂
实施例 13	46	475	695	40	217	6.22	无边裂
实施例 14	52	470	690	42	216	7.48	无边裂
实施例 15	51	470	700	41	219	6.67	无边裂
实施例 16	50	485	725	38	227	7.58	无边裂
实施例 17	46	465	690	41	216	7.64	无边裂
实施例 18	48	475	695	41	217	6.94	无边裂
实施例 19	51	475	690	42	216	6.65	无边裂
实施例 20	52	485	715	40	223	6.70	无边裂

从图 1 可见,通过热力学理论计算,此成分体系可以得到两相接近 1:1 的合金。

[0037] 从图 2 可见,不锈钢热轧板经过 1070℃ 热处理后,两相的比例接近 1:1,其中浅色的组织为奥氏体组织、深色的为铁素体组织。

[0038] 从表 1 可见,实施例 1-10 的铬镍当量比在 1.90-2.30 之间,保证了两相组织的稳定性。

[0039] 从表 2 可见,实施例 1-10 的力学性能和腐蚀性能与比较例 1 相差不大,但实施例 1-10 的热轧边裂情况好于比较例 1。实施例 1-10 的热加工性能与比较例 2 相当,但实施例 1-10 的强度和耐腐蚀性能好于比较例 2。

[0040] 本发明的冶炼方法,与普通双相不锈钢的冶炼方法相同。

[0041] 此外,需要说明的是,本说明书中所描述的具体实施例,其配方、工艺所取名称等

可以不同。凡依本发明专利构思所述的构造、特征及原理所做的等效或简单变化,均包括于本发明专利的保护范围内。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,只要不偏离本发明的结构或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

[0042] 虽然本发明已以实施例公开如上,但其并非用以限定本发明的保护范围,任何熟悉该项技术的技术人员,在不脱离本发明的构思和范围内所作的更动与润饰,均应属于本发明的保护范围。



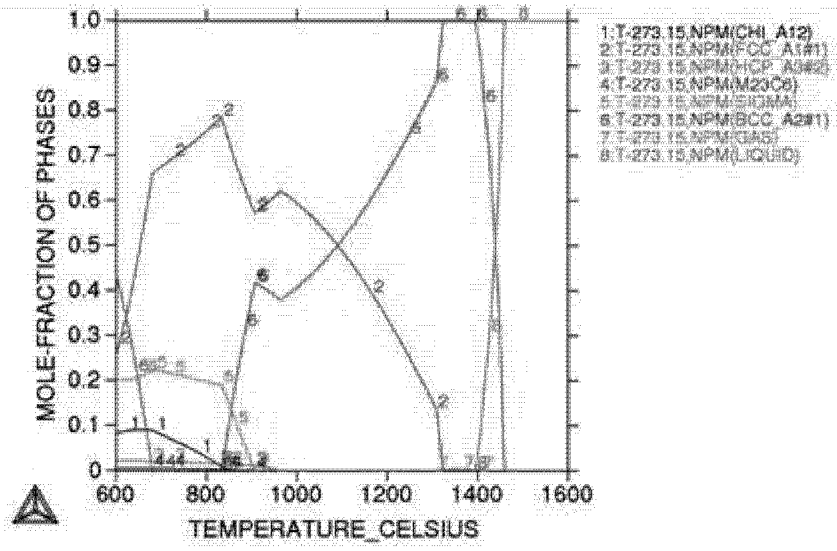


图 1

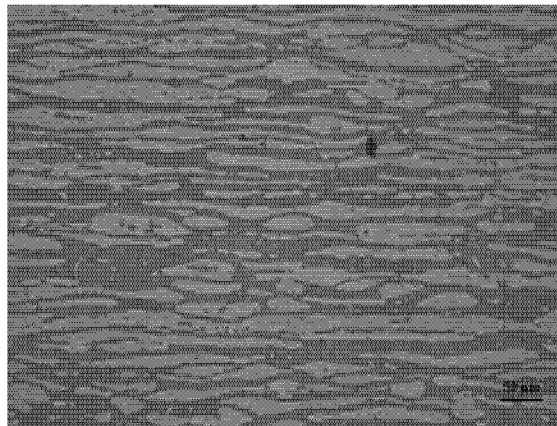


图 2