



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102021499 A

(43) 申请公布日 2011.04.20

(21) 申请号 200910196094.3

(22) 申请日 2009.09.22

(71) 申请人 宝山钢铁股份有限公司

地址 201900 上海市牡丹江路 1813 号南楼

(72) 发明人 郑磊 章传国 高珊 李冰

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 楼仙英 章承继

(51) Int. Cl.

C22C 38/58 (2006.01)

C22C 38/50 (2006.01)

C21C 5/28 (2006.01)

C21C 5/52 (2006.01)

C21C 7/00 (2006.01)

C21D 1/25 (2006.01)

C21D 8/10 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 7 页

(54) 发明名称

高强度管件用钢及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种管件用钢及其制造方法。所述管件用钢的成分质量百分比含量为：C 0.02-0.12、Si 0.10-0.35、Mn 1.40-2.00、 $P \leq 0.015$ 、 $S \leq 0.005$ 、Ti 0.021-0.05、Cr 0.05-0.40、Mo 0.05-0.30、Cu 0.10-0.30、Ni 0.10-0.24、 $N \leq 0.008$ 、Nb 0.02-0.07、V 0.01-0.08，其余为 Fe 和不可避免的杂质。所述钢具有高强度、优良的低温冲击韧性和焊接性，可以用于石油天然气长输管线、浆体管线、城市管网等的建设。

1. 一种管件用钢，其成分质量百分比含量为：

C 0.02-0.12

Si 0.10-0.35

Mn 1.40-2.00

P \leq 0.015

S \leq 0.005

Ti 0.021-0.05

Cr 0.05-0.40

Mo 0.05-0.30

Cu 0.10-0.30

Ni 0.10-0.24

N \leq 0.008

Nb 0.02-0.07

V 0.01-0.08

余量为 Fe 和不可避免的杂质。

2. 制造如权利要求 1 所述的管件用钢的方法，包括转炉或电炉冶炼、炉外精炼、铸造、板坯再加热、控制轧制、控制冷却、调质处理，其中，所述板坯再加热的温度为 1100-1250℃，所述控制轧制包括再结晶区轧制和非再结晶区轧制，所述调质处理包括淬火和回火。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述再结晶区轧制的温度为 940-1170℃，所述非再结晶区轧制的温度为 740-910℃。

4. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述控制轧制的压缩比为 2-6，其中，压缩比是指控制轧制过程中，中间待温钢坯厚度与成品钢板厚度的比值。

5. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述控制冷却的冷却速度为 5-20℃/s，终止冷却温度为 450-650℃。

6. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述淬火温度为 900-980℃，达到所述淬火温度后的保温系数为 1.0-1.8min/mm；所述回火温度为 500-680℃，达到所述回火温度后的保温系数为 2.5-3.2min/mm。

高强度管件用钢及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于低合金钢制造领域，具体地说，涉及一种厚规格高强度管件用钢及其制造方法。

背景技术

[0002] 管件是用来改变管道方向、改变管径大小、进行管道分支、局部加强从而实现特殊连接等功能的管道元件，其广泛应用于各类压力管道中，如油气输送管道、城市管网管道、热力管道、浆体管道等。常用的管件包括弯头、三通、异径管（大小头）、管帽、管接头、管箍、管嘴等。

[0003] 管件一般经过钢板成型、热处理加工而制成，或通过直接锻造而成。管件通过焊接的方式与直管段或阀门连接，其输送压力须与直管段基本一致，因此对管件的材料选择及设计有一定要求。首先，管件的材质应与直管段相近，以保证良好的焊接性能；其次，其强度设计应与直管道相匹配，一般要求等强或超强设计，以满足输送压力要求；此外，管件形状复杂，往往存在应力集中部位，因此其壁厚应厚于直管道，以防出现应力开裂失效。所以，管件具有厚规格、高强度、易焊接和较好低温韧性等性能特点，因此，对管件用钢提出了较高要求。

[0004] 根据现有标准规定，管件用钢多采用低碳合金化的成分设计方法，且主要以 V、Ti 作为晶粒细化元素，对 Nb 的使用无具体规定。在强度方面，按照现有标准生产的管件用钢的强度均在 70ksi 以下。在制造工艺上，多采用调质处理工艺进行生产。因此，按现有的管件制造标准生产的管件用钢不能适应当前管道的高强度、大口径、厚壁化的发展趋势要求。

[0005] 为了适应该领域的制造要求，针对同类产品，国内外提出了多项专利申请，例如，专利 JP1259125 提出了一种用于高强度且具有良好抗硫化物应力腐蚀的油井管用钢的制造方法，所述钢种在成分设计上采用 C-Mn 成分体系，未添加合金元素，成本较低，但强度级别亦较低，不适宜制造高强度管件；同时该钢种含碳量较高，对焊接性能不利。又如专利申请 JP2002096105 提出了一种无缝钢管的制造方法，采用中碳合金化的成分设计，制造的无缝钢管强度达到 77 公斤级以上。然而该发明制造的钢管含 C 量依然较高，对焊接性能不利。

[0006] 由此可见，现有技术中的同类产品还不能完全满足目前使用和制造的要求，需要开发一种高强度高韧性的管件用钢。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种管件用钢，具有高强度、优良的低温冲击韧性和焊接性，可以用于石油天然气长输管线、浆体管线、城市管网等的建设。

[0008] 为实现上述目的，本发明所提供的管件用钢，其成分质量百分比含量为：C 0.02-0.12、Si 0.10-0.35、Mn 1.40-2.00、P ≤ 0.015、S ≤ 0.005、Ti 0.021-0.05、Cr

0.05-0.40、Mo 0.05-0.30、Cu 0.10-0.30、Ni 0.10-0.24、N \leq 0.008、Nb 0.02-0.07、V 0.01-0.08，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

[0009] 此外，本发明还提供了上述管件用钢的一种制造方法，包括转炉或电炉冶炼、炉外精炼、铸造、板坯再加热、控制轧制、控制冷却、调制处理，其中，所述板坯再加热的温度为 1100-1250℃，所述控制轧制包括再结晶区轧制和非再结晶区轧制，所述调质处理包括淬火和回火。

[0010] 优选地，所述再结晶区轧制的温度为 940-1170℃，所述非再结晶区轧制的温度为 740-910℃。

[0011] 进一步，所述控制轧制的压缩比为 2-6，其中，压缩比是指中间待温钢坯厚度和成品厚度的比值。

[0012] 优选地，所述控制冷却的冷却速度为 5-20℃/s，终止冷却温度为 450-650℃。

[0013] 进一步优选地，所述淬火温度为 900-980℃，达到所述淬火温度后的保温系数为 1.0-1.8min/mm；所述回火温度为 500-680℃，达到所述回火温度后的保温系数为 2.5-3.2min/mm。

[0014] 下面将进一步说明本发明。

[0015] 管件用钢要求具有较高的强度，同时具有良好的冲击韧性和焊接性能。本发明在成分设计上采用低 C 微合金化的成分设计方法，通过添加适量的合金元素，保证制造的管件具有高强度高韧性特征；减少了 Cr、Mo 和淬透性元素 B 的添加量，可保证具有良好的焊接性能；同时通过合适的控轧工艺和热处理工艺，得到高强度高韧性的综合力学性能。

[0016] 以下将本发明合金成分的设计进行说明：

[0017] 碳 C：最基本的强化元素。碳溶解在钢中形成间隙固溶体，起固溶强化的作用，与强碳化物形成元素形成碳化物析出，则起到沉淀强化的作用。但太高的 C 对钢的延性、韧性和焊接性能不利；C 含量太低降低发明钢热处理后的强度性能，有利于改善材料的韧性，需结合其它强化机制实现良好的强韧性匹配。所以 C 控制在 0.02%~0.12%。

[0018] 锰 Mn：是低合金高强钢种最基本的合金元素，通过固溶强化提高钢的强度，以补偿钢中因 C 含量降低而引起强度损失。Mn 还是扩大 γ 相区的元素，可降低钢的 $\gamma \rightarrow \alpha$ 相变温度，有助于获得细小的相变产物，可提高钢的韧性。本钢种 Mn 含量为 1.40%~2.00%。

[0019] S 硫、P 磷：不可避免的钢中有害杂质元素，易形成偏析、夹杂等缺陷，恶化材料的焊接性能，且易引起回火脆性。因此，本发明中厚规格 X80 管线钢中控制 P \leq 0.015、S \leq 0.005，且须通过 Ca 处理夹杂物改性技术，使夹杂物形态球化且分布均匀，减少其对韧性和腐蚀性的影响。

[0020] 铌 Nb：在微合金钢中是控制再结晶最有效的合金元素，结合控制轧制、控制冷却工艺，能有效降低轧机载荷，同时有利于细化晶粒。在调质处理过程中，固溶的 Nb 再以 NbC 的形式弥散析出，提高强度且不损失韧性。太低的 Nb 对再结晶控制不明显，无法起到细化晶粒的作用；另外由于受 C 含量的限制及加热温度的影响，太高的 Nb 无法固溶，同样发挥不了作用且增加成本；此外，在 C 高、Nb 高时易产生焊接裂纹，有损材料

的焊接性能。因此本发明中 Nb 含量控制在 0.020%~0.070%。

[0021] 钛 Ti：是强的固 N 元素，Ti/N 的化学计量比为 3.42，利用 0.02%左右的 Ti 就可固定钢中 60ppm 以下的 N，在板坯连铸时可形成细小的高温稳定的 TiN 析出相，这种细小的 TiN 粒子可有效地阻碍板坯再加热时的奥氏体晶粒长大，同时对改善焊接热影响区的冲击韧性有明显作用；此外，固溶的钛在调质处理后可起到析出强化的作用，提高材料的强韧性。但 Ti 含量太高易出现粗大的析出相，对韧性不利。所以 Ti 含量限定在 0.021%~0.050%。

[0022] 铬 Cr：提高钢的淬透性的重要元素，因此对于厚规格的钢而言需添加较高的 Cr 提高淬透性以弥补厚度带来的强度损失，提高钢的强度改善厚度方向上性能的均匀性；且 Cr 含量在 0.20%以上时，能改善钢的耐腐蚀性能；但太高的铬和锰同时加入钢中，会导致低熔点 Cr-Mn 复合氧化物形成，在热加工过程中形成表面裂纹，同时会严重恶化焊接性能。因此本发明中 Cr 含量应限定在 0.05%~0.40%。

[0023] 钼 Mo：提高淬透性的元素，作用仅次于 Mn，因此能有效提高强度；此外在低合金钢中添加少量的 Mo 能延长珠光体的孕育期，降低相变温度，降低贝氏体转变的临界冷速，有利于在较宽的冷速范围得到组织细小的贝氏体组织；同时，一定含量的 Mo 有利于改善钢材的回火脆性，提高材料的强韧性；但 Mo 太高，增加制造成本。本发明中 Mo 含量控制在 0.05%~0.30%。

[0024] 钒 V：典型的细化晶粒和析出强化元素，同时加入适量的 V 有利于提高调质后材料硬度的稳定性；但如含量太高，析出物易聚集长大，恶化材料冲击韧性，且成本增加显著。本发明中 V 含量控制在 0.010%~0.080%。

[0025] 铜、镍 (Cu、Ni)：可通过固溶强化作用提高钢的强度，同时 Cu 还可改善钢的耐蚀性，Ni 的加入主要是改善 Cu 在钢中易引起的热脆性，且对韧性有益。本发明中 Cu、Ni 含量范围分别控制为 0.10%~0.30%、0.10%~0.24%。

[0026] 硅 (Si)：能通过固溶强化作用提高钢的强度。同时硅能有效抑制碳化物转变，促进残留奥氏体生成，改善钢的韧性。Si 为钢中脱氧元素，过高的硅对钢的塑性不利。因此，限定其质量百分比含量为 0.10%~0.35%。

[0027] 氮 (N)：属于杂质元素，过高的 N 含量会对钢的时效冲击韧性不利，因此控制其质量百分含量 $\leq 0.008\%$ 。

[0028] 根据上述成分设计，炼钢工艺采用纯净钢冶炼技术，热轧工艺采用控制轧制和控制冷却的轧制技术，以进行最终产品的组织控制；同时配合合理的热处理工艺，来生产具有细小显微组织的厚规格钢。本发明的钢可用来制造高强度、高韧性和良好焊接性能的管件。

[0029] 与现有管件用钢相比，本发明具有以下有益效果：

[0030] (1) 本发明的钢主要以 C-Mn 为基础成分，添加合适的 Ti 元素，以细化管件用钢的晶粒尺寸，同时在热处理过程中起到抑制晶粒长大和析出强化的作用；此外，添加适量的 Cr、Mo 等合金，以提高材料强度性能和改善回火脆性，添加适量的 Cu、Ni 以改善钢的韧性及耐蚀性。结合合理的调质热处理工艺，本发明制造的厚规格钢可以用来制造高强度管件，生产成本较低。

[0031] (2) 采用本发明钢制造的管件具有优良的力学性能：

[0032] 屈服强度 $R_{p0.2}$: $> 550\text{MPa}$;

[0033] 抗拉强度 R_m : $> 625\text{MPa}$;

[0034] 低温冲击韧性 : -30°C 下 $AK_v > 50\text{J}$;

[0035] (3) 本发明钢具有较低的焊接裂纹敏感性指数 P_{cm} ($P_{cm} = C + Si/3 + (Mn + Cu + Cr) / 20 + Mo/15 + Ni/60 + V/10 + 5B$) , 焊接性能十分优良, 有利于成型、焊接及现场实施。

具体实施方式

[0036] 按照本发明钢种的化学成分要求, 并结合所述的制造工艺, 以制造不同厚度规格的管件。具体成分如下:

[0037] 表 1 本发明各实施例的化学成分 (wt%)

[0038]

编号	C	Mn	Si	S	P	Nb	Ti	Cu	Ni	Mo	Cr	V	N
1	0.054	1.93	0.250	0.0021	0.009	0.052	0.045	0.23	0.17	0.13	0.07	0.035	0.0060
2	0.113	1.45	0.260	0.0030	0.009	0.023	0.022	0.21	0.11	0.14	0.22	0.015	0.0070
3	0.092	1.54	0.320	0.0020	0.012	0.065	0.025	0.18	0.15	0.28	0.22	0.065	0.0040
4	0.025	1.73	0.230	0.0034	0.011	0.027	0.037	0.28	0.24	0.15	0.25	0.042	0.0040
5	0.076	1.62	0.20	0.0012	0.008	0.035	0.026	0.22	0.12	0.22	0.18	0.045	0.0040
6	0.045	1.81	0.250	0.0030	0.007	0.045	0.042	0.3	0.24	0.08	0.38	0.032	0.0030

[0039] 实施例 1：用于制造厚度规格为 25.7mm 厚的 X80 级管线钢厚板

[0040] 加热温度：1170±20℃，再结晶区轧制温度范围 1130～980℃，中间待温钢坯厚度（即完成再结晶区轧制后的钢坯厚度）110mm，非再结晶区温度范围 890～750℃。

终止冷却温度 450 ~ 500℃。冷却速度 15 ~ 20℃ /s。淬火温度：910±10℃，淬火保温时间：40min；回火温度：550±10℃；回火保温时间：70min。

[0041] 实施例 2：用于制造厚度规格为 32.0mm 厚高强度管件用钢

[0042] 加热温度：1130±20℃，再结晶区轧制温度范围 1120 ~ 950℃，中间待温钢坯厚度 120mm，非再结晶区温度范围 870 ~ 780℃。终止冷却温度 580 ~ 620℃。冷却速度 12 ~ 17℃ /s。淬火温度：960±10℃，淬火保温时间：50min；回火温度：600±10℃；回火保温时间：90min。

[0043] 实施例 3：用于制造厚度规格为 47.0mm 厚高强度管件用钢

[0044] 加热温度：1150±20℃，再结晶区轧制温度范围 1100 ~ 960℃，中间待温钢坯厚度 100mm，非再结晶区温度范围 890 ~ 750℃。终止冷却温度 450 ~ 500℃。冷却速度 8 ~ 12℃ /s。淬火温度：910±10℃，淬火保温时间：40min；回火温度：580±10℃；回火保温时间：100min。

[0045] 实施例 4：用于制造厚度规格为 42.0mm 厚高强度管件用钢

[0046] 加热温度：1180±20℃，再结晶区轧制温度范围 1150 ~ 980℃，中间待温钢坯厚度 140mm，非再结晶区温度范围 850 ~ 800℃。终止冷却温度 500 ~ 550℃。冷却速度 10 ~ 13℃ /s。淬火温度：930±10℃，淬火保温时间：70min；回火温度：660±10℃；回火保温时间：110min。

[0047] 实施例 5：用于制造厚度规格为 44.0mm 厚高强度管件用钢

[0048] 加热温度：1190±20℃，再结晶区轧制温度范围 1160 ~ 1000℃，中间待温钢坯厚度 155mm，非再结晶区温度范围 900 ~ 820℃。终止冷却温度 600 ~ 650℃。冷却速度 5 ~ 10℃ /s。淬火温度：960±10℃，淬火保温时间：80min；回火温度：520±10℃；回火保温时间：120min。

[0049] 实施例 6：用于制造厚度规格为 52.0mm 厚高强度管件用钢

[0050] 加热温度：1130±20℃，再结晶区轧制温度范围 1050 ~ 950℃，中间待温钢坯厚度 110mm，非再结晶区温度范围 850 ~ 800℃。终止冷却温度 530 ~ 580℃。冷却速度 4 ~ 9℃ /s。淬火温度：970±10℃，淬火保温时间：80min；回火温度：620±10℃；回火保温时间：150min。

[0051] 采用上述工艺进行轧制，并对成品板进行直径为 12.7mm 的圆棒拉伸、全尺寸夏比冲击等性能检验，得到的性能结果如表 2、3 所示。

[0052] 表 2 本发明各实施例钢的力学性能

[0053]

编号	拉伸性能			-30℃冲击功/J	钢板 厚度/mm
	R _{p0.2}	R _m	A _{50.8} %		
1	657	734	19.5	183	25.7
2	642	724	18.5	208	32.0
3	732	793	16.4	137	47.0
4	623	690	20.0	185	42.0
5	695	755	17.0	191	44.0
6	735	795	16.5	129	52.0

[0054] 表 3 本发明各实施例钢的焊接裂纹敏感性指数

[0055]

编号	焊接裂纹敏感性指数 P _{cm}
1	0.189
2	0.228
3	0.227
4	0.164
5	0.20
6	0.190

[0056] 可见，本发明钢经过淬火、回火调质处理后，其强度和韧性均满足屈服强度级别为 80ksi 及以上钢级的管道用管件的性能要求。与现有的管件用钢相比，本发明采用适宜的成分，生产的钢板可以用做厚规格管件用钢；同时，较低的焊接裂纹敏感性指数保证本发明的钢具有优良的焊接性能，为管件成型和现场施工焊接提供良好的条件。