



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103160756 A

(43) 申请公布日 2013.06.19

(21) 申请号 201310115896.3

(22) 申请日 2013.04.07

(71) 申请人 南京钢铁股份有限公司

地址 210035 江苏省南京市六合区卸甲甸 1 号

(72) 发明人 尹雨群 李强 左秀荣

(74) 专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所
(普通合伙) 32238

代理人 陈扬

(51) Int. Cl.

C22C 38/58 (2006.01)

B21B 37/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢的
制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢及其制造方法。该钢的组份及质量百分比为: C: 0.01~0.06%、Si: 0.05~0.55%、Mn: 1.60~2.00%、P ≤ 0.012%、S ≤ 0.005%、Nb ≤ 0.11%、V ≤ 0.06%、Ti ≤ 0.025%、N ≤ 0.0080%、Cu ≤ 0.50%、Cr ≤ 0.50%, 余量为 Fe 和不可避免的杂质。制造方法为: 经铁水预处理、冶炼、精炼、连铸制备各组份及质量百分比符合要求的板坯; 经热机械控制轧制及控制冷却过程制造钢板, 得到管线钢。本发明晶粒极其细小及适宜的软硬相比例, 在不含 Ni、Mo 等合金元素及较低的 C 含量的情况下, 获得较高的强韧性及优异的变形性能。抗拉强度 $695 \leq R_m \leq 990$, 屈强比 $R_{p0.2}/R_m \leq 0.8$, 均匀变形伸长率 $\geq 5\%$, 夏比冲击功 $\geq 300\text{J}$ 。本发明成本低廉, 得到的钢板具有优异的变形性能、强韧性及优异的焊接性能。

1. 一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢,其特征在于:该钢的组份及质量百分比为:C 0.01~0.06%、Si 0.05~0.55%、Mn 1.60~2.00%、 $P \leq 0.012\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、 $Nb \leq 0.11\%$ 、 $V \leq 0.06\%$ 、 $Ti \leq 0.025\%$ 、 $N \leq 0.0080\%$ 、 $Cu \leq 0.50\%$ 、 $Cr \leq 0.50\%$,余量为 Fe 和不可避免的杂质。

2. 根据权利要求 1 所述的具有高强韧性及高变形能力的管线钢,其特征在于:该钢的组份及质量百分比为:C 0.02~0.05%、Si 0.05~0.30%、Mn 1.70~1.90%、 $P \leq 0.010\%$ 、 $S \leq 0.001\%$ 、 $Nb \leq 0.08\%$ 、 $V \leq 0.03\%$ 、 $Ti \leq 0.020\%$ 、 $N 0.0010 \sim 0.0060\%$ 、 $Cu 0.10 \sim 0.30\%$ 、 $Cr 0.10 \sim 0.30\%$,余量为 Fe 和不可避免的杂质。

3. 根据权利要求 1 所述的具有高强韧性及高变形能力的管线钢,其特征在于:钢中第一相为铁素体,第二相为马氏体和贝氏体;第一相体积百分数为 30~70%,第二相体积百分数为 30~70%。

4. 根据权利要求 3 所述的具有高强韧性及高变形能力的管线钢,其特征在于:铁素体最大晶粒直径小于 $5 \mu m$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的具有高强韧性及高变形能力的管线钢,其特征在于:所述高强韧性及高变形能力的管线钢的抗拉强度 $695 \leq R_m \leq 990$,屈强比 $R_{p0.2}/R_m \leq 0.8$,均匀变形伸长率 $\geq 5\%$,夏比冲击功 $\geq 300J$ 。

6. 一种权利要求 1 所述的具有高强韧性及高变形能力的管线钢的制造方法,其特征在于该方法包含以下步骤:

1) 经铁水预处理、冶炼、精炼、连铸制备各组份及质量百分比符合要求的板坯;其中,C 0.01~0.06%、Si 0.05~0.55%、Mn 1.60~2.00%、 $P \leq 0.012\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、 $Nb \leq 0.11\%$ 、 $V \leq 0.06\%$ 、 $Ti \leq 0.025\%$ 、 $N \leq 0.0080\%$ 、 $Cu \leq 0.50\%$ 、 $Cr \leq 0.50\%$,余量为 Fe 和不可避免的杂质;

2) 经热机械控制轧制及控制冷却过程制造钢板,工艺为:粗轧終了温度为 $1000 \sim 1100^\circ C$,粗轧厚度方向压下率为 45~65%;精轧开始温度为 $820 \sim 860^\circ C$,粗轧終了到精轧开始的冷却速度为 $10 \sim 20^\circ C / s$,终轧温度为 $700 \sim 720^\circ C$,精轧厚度方向压下率为 65~85%;热轧后以 $\geq 16^\circ C / s$ 速度冷至 $100 \sim 300^\circ C$,得到具有高强韧性及高变形能力的管线钢。

一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢的制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于钢铁材料制造领域,涉及一种管线钢,具体地说是一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着西气东输二线天然气输送管道的建设,我国在 X80 高强度管线钢管的开发和应用上取得了重大进展。目前,我国已经将西气东输三线铺设高钢级、高输送压力的试验段进行规划。这将会带动 X90、X100 等更高钢级管线钢制造技术的不断提高,并由此将会推动我国高钢级焊管的批量化生产及应用,使我国输送石油天然气管线钢的制造迎来新一轮的高潮。

[0003] 同一管线所用管材,钢级每提高一个等级,可以减少用钢量约 8~12%,管线建设总费用可节省 3~5%。但高于 X80 管线钢的钢级,断裂韧性要求更高,韧性指标高于 250J 难度较大,强韧性矛盾比较突出。因此,在成分设计及控轧控冷工艺(TMCP)控制上必须有所突破,才能保证较高的强韧性配合。

[0004] 由于油气输送管道不断向永久冻土或地震区域延伸,管线钢在地震或地质灾害引起各种地层运动时应具有较高的大变形能力,即应具有低屈强比、高均匀变形伸长率等特点。高性能管线钢的组织类型通常为针状铁素体型、粒状贝氏体型或下贝氏体型,钢的强韧性优异,但变形能力较差。因此,变形性能、强度及韧性相互制约,较难达到平衡。此外,随着管线钢钢级的增加,强度指标要求增加,合金元素 Mn、Cr、Ni、Mo、Cu 等均有所增加,更易出现焊接裂纹,导致焊接性能降低。本发明管线钢采用铁素体加马氏体/贝氏体双相组织类型,具有较高的变形能力。

[0005] 晶粒细化可同时提高管线钢的强度和韧性,但传统 TMCP 细化晶粒效果有限,仅能达到 10 μm 左右。形变诱导铁素体相变,是在 $A_{e3}-A_{r3}$ 的温度区间内通过动态变形,从而诱导形成 1-2 μm 的细小铁素体晶粒。热变形条件(变形温度、变形速度及变形量)对铁素体晶粒大小及体积分数均有影响。

发明内容

[0006] 为了得到性能优异的管线钢,本发明的目的是提供一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢及其制备方法。该管线钢由于晶粒极其细小及适宜的软硬相比例,具有较大的均匀变形伸长率和较低的屈强比,因而具有比普通管线钢更高的变形能力。并能在不含 Ni、Mo 等合金元素及较低的 C 含量的情况下获得较高的强韧性及优异的变形性能的平衡。该制备方法成本低廉,制备的管线钢具有优异的焊接性能。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢,其特征在于:该钢的组份及质量百分比为:
C 0.01~0.06%、Si 0.05~0.55%、Mn 1.60~2.00%、P ≤ 0.012%、S ≤ 0.005%、Nb ≤ 0.11%、V ≤ 0.06%、Ti ≤ 0.025%、N ≤ 0.0080%、Cu ≤ 0.50%、Cr ≤ 0.50%,余量为 Fe 和不可避免的

杂质。

[0008] 进一步优化,该钢的组份及质量百分比为:C 0.02~0.05%、Si 0.05~0.30%、Mn 1.70~1.90%、 $P \leq 0.010\%$ 、 $S \leq 0.001\%$ 、 $Nb \leq 0.08\%$ 、 $V \leq 0.03\%$ 、 $Ti \leq 0.020\%$ 、 $N 0.0010\sim 0.0060\%$ 、 $Cu 0.10\sim 0.30\%$ 、 $Cr 0.10\sim 0.30\%$,余量为 Fe 和不可避免的杂质。

[0009] 本发明中,钢中第一相为铁素体,第二相为马氏体/贝氏体;第一相体积百分数为 30~70%,第二相体积百分数为 30~70%。铁素体最大晶粒直径小于 $5\mu m$ 。

[0010] 所述具有高强韧性及高变形能力管线钢的抗拉强度 $695 \leq R_m \leq 990$, 屈强比 $R_{p0.2}/R_m \leq 0.8$, 均匀变形伸长率 $\geq 5\%$, 夏比冲击功 $\geq 300J$ 。

[0011] 一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢的制备方法,具体为:

1) 经铁水预处理、冶炼、精炼、连铸制备各组份及质量百分比符合要求的板坯;其中,C 0.01~0.06%、Si 0.05~0.55%、Mn 1.60~2.00%、 $P \leq 0.012\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、 $Nb \leq 0.11\%$ 、 $V \leq 0.06\%$ 、 $Ti \leq 0.025\%$ 、 $N \leq 0.0080\%$ 、 $Cu \leq 0.50\%$ 、 $Cr \leq 0.50\%$,余量为 Fe 和不可避免的杂质;

2) 经热机械控制轧制及控制冷却过程(TMCP)制造钢板,工艺为:粗轧终了温度为 $1000\sim 1100^\circ C$,粗轧厚度方向压下率为 45~65%。精轧开始温度为 $820\sim 860^\circ C$,粗轧终了到精轧开始的冷却速度为 $10\sim 20^\circ C/s$,终轧温度为 $700\sim 720^\circ C$,精轧厚度方向压下率为 65~85%;热轧后以 $\geq 16^\circ C/s$ 速度冷至 $100\sim 300^\circ C$,得到本发明所述的具有高强韧性及高变形能力的管线钢。

[0012] 本发明利用形变诱导铁素体相变生成超细晶铁素体加马氏体/贝氏体管线钢,由于采用双相组织类型,使钢具有较大的均匀伸长率和较低的屈强比,因而具有比普通管线钢更高的变形能力。同时由于铁素体晶粒尺寸小于 $5\mu m$,且马氏体/贝氏体岛尺寸均匀细小,钢的强度更高,低温韧性更优异。本发明在较低的碳和合金元素含量情况下,就能得到极高的强度及韧性,同时,变形性能并未降低。

[0013] 本发明中 $Ae_3\text{-}Ar_3$ 的温度区间的变形条件及冷却条件满足一定要求,最终组织及性能能满足要求。

[0014] 与现有技术相比,本发明的优点在于:1、合金元素含量低,且不含有 Ni、Mo 元素,成本低廉;2、变形性能及强韧性配合较好;3、制备方法成本低廉,制备的管线钢具有优异的焊接性能。

具体实施方式

[0015] 下面结合实施例对本发明作进一步描述,但不局限于下列实施例。实施例中管线钢的化学成分如表 1 所示,轧制工艺如表 2 所示,管线钢的铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 所示。

[0016] 表 1 管线钢成分(质量分数,%)

实施例	C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	N	Cu	Cr
实施例 1	0.018	0.20	1.65	0.008	0.002	0.034	0.05	0.017	0.0004	0.2	0.21
实施例 2	0.041	0.12	1.78	0.006	0.003	0.065	0.006	0.006	0.0005	0.4	0.05
实施例 3	0.059	0.05	1.91	0.011	0.004	0.01	0.001	0.005	0.0015	0.1	0.08
实施例 4	0.028	0.16	1.61	0.004	0.001	0.072	0.007	0.012	0.0035	0.45	0.14
实施例 5	0.050	0.50	1.82	0.012	0.002	0.051	0.012	0.015	0.0001	0.2	0.27
实施例 6	0.043	0.29	1.68	0.007	0.001	0.086	0.045	0.010	0.0045	0.3	0.32
实施例 7	0.055	0.55	1.84	0.001	0.004	0.096	0.019	0.018	0.0055	0.15	0.45
实施例 8	0.026	0.35	1.92	0.01	0.003	0.043	0.032	0.0018	0.007	0.03	0.38
实施例 9	0.034	0.40	1.89	0.002	0.0006	0.09	0.009	0.002	0.0065	0.34	0.17
实施例 10	0.011	0.09	1.98	0.009	0.0008	0.11	0.025	0.022	0.0080	0.09	0.02

表 2 管线钢轧制工艺

实施例	粗轧终了温度℃	粗轧厚度方向压下率 %	粗轧终了到精轧开始的冷却速度℃/s	精轧开始温度℃	终轧温度℃	精轧厚度方向压下率 %	冷却速度℃/s	终冷温度℃
实施例 1	1000	45	10	826	709	82	16	100
实施例 2	1055	65	20	820	700	65	19	300
实施例 3	1100	64	14	835	715	69	28	125
实施例 4	1030	57	19	844	719	74	17	276
实施例 5	1072	55	17	825	706	79	35	152
实施例 6	1043	60	15	840	718	72	24	289
实施例 7	1060	64	18	855	719	67	30	174
实施例 8	1085	53	11	860	720	80	39	253
实施例 9	1096	46	12	830	710	84	42	199
实施例 10	1014	50	16	850	718	78	46	234

表 3 管线钢的铁素体体积百分数、晶粒直径及性能

实施例	屈强比 $R_{p0.2}/R_m$	均匀变形伸长率, %	抗拉强度 R_m , MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$, MPa	夏比冲击功, J	铁素体体积百分数, %	最大晶粒直径小于, μm
实施例 1	0.67	6.2	695	466	321	70	4.2
实施例 2	0.68	7.5	771	524	333	60	3.1
实施例 3	0.72	5.4	840	605	342	52	2.2
实施例 4	0.75	6.6	990	743	352	30	3.5
实施例 5	0.78	5.5	800	624	362	58	4.1
实施例 6	0.66	7.5	718	474	378	66	1.6
实施例 7	0.76	6.0	961	730	342	37	2.3
实施例 8	0.70	6.8	878	615	387	49	1.8
实施例 9	0.67	7.2	745	499	412	62	1.9
实施例 10	0.73	6.2	930	679	392	38	2.7

实施例 1

一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢, 目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 1 所示。按表 2 中实施例 1 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 1 所示。

[0017] 实施例 2

又一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢, 目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 2 所示。按表 2 中实施例 2 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 2 所示。

[0018] 实施例 3

又一种具有高强韧性及高变形能力的管线钢, 目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 3 所示。按表 2 中实施例 3 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 3 所示。

[0019] 实施例 4

目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 4 所示。按表 2 中实施例 4 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 4 所示。

[0020] 实施例 5

目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 5 所示。按表 2 中实施例 5 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 5 所示。

[0021] 实施例 6

目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 6 所示。按表 2 中实施例 6 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 6 所示。

[0022] 实施例 7

目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 7 所示。按表 2 中实施例 7 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 7 所示。

[0023] 实施例 8

目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 8 所示。按表 2 中实施例 8 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 8 所示。

[0024] 实施例 9

目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 9 所示。按表 2 中实施例 9 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 9 所示。

[0025] 实施例 10

目标产物中各元素的质量分数如表 1 中实施例 10 所示。按表 2 中实施例 10 所示工艺进行轧制。铁素体体积百分数、晶粒直径及性能如表 3 中实施例 10 所示。