

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2013年4月4日 (04.04.2013)



(10) 国际公布号  
WO 2013/044640 A1

- (51) 国际专利分类号: C22C 38/50 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/076049
- (22) 国际申请日: 2012年5月25日 (25.05.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权: 201110287965.X 2011年9月26日 (26.09.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 宝山钢铁股份有限公司 (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 张爱文 (ZHANG, Aiwen) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 焦四海 (JIAO, Sihai) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 袁向前 (YUAN, Xiangqian) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。
- (74) 代理人: 上海专利商标事务所有限公司 (SHANGHAI PATENT & TRADEMARK LAW OFFICE, LLC); 中国上海市桂平路 435 号, Shanghai 200233 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[见续页]

(54) Title: STEEL PLATE WITH LOW YIELD RATIO HIGH TOUGHNESS AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种低屈强比高韧性钢板及其制造方法

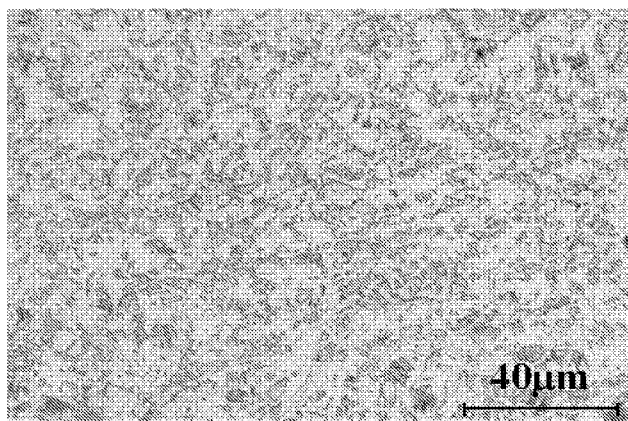


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: A steel plate with a low yield ratio and high toughness. The steel plate comprises components of, by weight: C (0.05-0.08%), Si (0.15-0.30%), Mn (1.55-1.85%), P (less than or equal to 0.015%), S (less than or equal to 0.005%), Al (0.015-0.04%), Nb (0.015-0.025%), Ti (0.01-0.02%), Cr (0.20-0.40%), Mo (0.18-0.30%), N (less than or equal to 0.006%), O (less than or equal to 0.004%), Ca (0.0015-0.0050%), and Ni (less than or equal to 0.40%), a ratio of Ca to S being greater than or equal to 1.5, and the residual being Fe and inevitable impurities.

(57) 摘要: 一种低屈强比高韧性钢板, 钢板化学成分的重量百分比为: C: 0.05-0.08%, Si: 0.15-0.30%, Mn: 1.55-1.85%, P≤0.015%, S≤0.005%, Al: 0.015-0.04%, Nb: 0.015-0.025%, Ti: 0.01-0.02%, Cr: 0.20-0.40%, Mo: 0.18-0.30%, N: ≤0.006%, O≤0.004%, Ca: 0.0015-0.0050%, Ni≤0.40%, 其中, Ca/S≥1.5, 余量为铁和不可避免杂质。



WO 2013/044640 A1

IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, **本国际公布:**  
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。  
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

## 一种低屈强比高韧性钢板及其制造方法

### 发明领域

本发明涉及一种高韧性热轧钢板及其制造方法，具体地涉及一种屈服  
5 强度 500MPa 级、低屈强比高韧性钢板及其制造方法。本发明钢板具有较  
低的屈强比，以此钢板制造的输送用管线适合用于地震高发区，可以抵抗  
较大变形。

### 背景技术

10 传统油气管线输送用钢较多采用 Nb 合金化和控轧，导致管线用钢的  
屈强比较高，通常大于等于 0.85，此类管线钢不适合制作用于地震多发区  
的输送管线。

CN101962733A 公开了一种低成本、高强韧的 X80 级抗大变形管线钢  
及其生产方法，其中 C: 0.02-0.08%，Si  $\leq$  0.40%，Mn: 1.2-2.0%，P  $\leq$  0.015%，  
15 S  $\leq$  0.004%，Cu  $\leq$  0.40%，Ni  $\leq$  0.30%，Mo: 0.10-0.30%，Nb: 0.03-0.08%，  
Ti: 0.005-0.03%，其生产工艺采用 1200-1250℃ 均热，再结晶区的终轧温  
度 1000-1050℃，精轧开轧温度 880-950℃，终轧温度 780-850℃，两阶段  
空冷 1-3℃/s 至 Ar<sub>3</sub> 以下 20-80℃ 获得 20-40% 铁素体，以 15-30℃/s 层流冷  
却至 250-450℃，获得铁素体 (20-40%) + 贝氏体 + 马氏体 (1-3%)，屈服  
20 强度为 530-630MPa，抗拉强度为 660-800MPa，uEL  $\geq$  10%，屈强比  $\leq$  0.80  
的钢板。其屈强比和延伸率等性能还不能满足地震高发区，可以抵抗较大  
变形的输送用管线的要求。

目前仍需要一种低屈强比高韧性钢板，以制造适合用于地震高发区，  
可以抵抗较大变形的输送用管线。

25

### 发明概述

本发明的目的在于提供一种屈服强度在 500MPa 以上的低屈强比高韧  
性管线用钢板，特别是厚度为 10-25mm 的钢板。这种钢可用于地震高发  
区以及抗大应变输送管线用钢管。

30 为实现上述目的，本发明的屈服强度在 500MPa 以上低屈强比高韧性

钢板，其化学成分的重量百分比为：C：0.05-0.08%，Si：0.15-0.30%，Mn：1.55-1.85%， $P \leq 0.015\%$ ， $S \leq 0.005\%$ ，Al：0.015-0.04%，Nb：0.015-0.025%，Ti：0.01-0.02%，Cr：0.20-0.40%，Mo：0.18-0.30%， $N \leq 0.006\%$ ， $O \leq 0.004\%$ ，Ca：0.0015-0.0050%， $Ni \leq 0.40\%$ ，其中， $Ca/S$

5  $\geq 1.5$ ，余量为铁和不可避免杂质。

优选地，Si：0.16-0.29%。

优选地，Mn：1.55-1.83%。

优选地， $N \leq 0.0055\%$ ，优选地， $N$ ：0.003-0.0045%。

优选地， $P \leq 0.008\%$ ， $S \leq 0.003\%$ 。

10 优选地，Al：0.02-0.035%。

优选地， $Ni \leq 0.25\%$ 。

优选地，Cr：0.24-0.36%。

优选地，Mo：0.19-0.26%。

优选地，Nb：0.018-0.024%。

15 优选地，Ti：0.012-0.019%。

优选地，Ca：0.0030-0.0045%。

本发明中，除非另有指明，含量均为重量百分比含量。

本发明的所述钢板的组织主要为铁素体和回火贝氏体以及可能的少量马氏体。

20 本发明的另一个目的是提供一种由上述低屈强比高韧性钢板制造的钢管。

本发明的又一目的在于提供所述屈服强度在500MPa以上、低屈强比高韧性中厚钢板的制造方法。该方法包括：

本发明所述低屈强比高韧性钢板的制造方法包括以下步骤：

25 钢水经真空脱气处理后进行连铸或模铸，模铸后需经初轧成钢坯；

连铸坯或钢坯于1150-1220℃加热后在奥氏体再结晶区和未再结晶区进行多道次轧制，总压下率 $\geq 80\%$ ，终轧温度 $\geq 850\text{℃}$ ；

轧后钢板以15-50℃/s的冷却速度，快速水冷至Bs-60℃至Bs-100℃温度区间，再空冷5-60s；

30 冷却的钢板进入在线感应加热炉以1-10℃/s的速度快速加热至Bs+20℃，回火40-60s，然后出炉空冷。

根据本发明，贝氏体开始点  $B_s$  按照以下公式计算：

$$B_s = 830 - 270C - 90Mn - 37Ni - 70Cr - 83Mo。$$

优选地，多道次轧制中，再结晶区压下率  $\geq 65\%$ ，未再结晶区压下率  $\leq 63\%$ 。

5 优选地，终轧温度为  $850-880^\circ\text{C}$ ，更优选为  $850-860^\circ\text{C}$ 。

优选地，轧后钢板以  $15-50^\circ\text{C/s}$  的冷却速度，快速水冷至  $510-550^\circ\text{C}$ ，更优选为  $515-540^\circ\text{C}$ 。

本发明通过合适的成分设计和加热、轧制及轧后快速冷却和在线快速加热短时间回火工艺，获得组织为铁素体+回火贝氏体以及可能的少量马氏体的低屈强比高韧性管线用钢板。10-25mm 厚钢板屈服强度  $\geq 500\text{MPa}$ ，屈强比  $\leq 0.75$ ，延伸率  $A_{50} \geq 20\%$ ， $-60^\circ\text{C}$  的  $A_{KV} \geq 200\text{J}$ ，冷弯性能优良，满足抗大应变管线用钢板的较高要求。本发明的低屈强比高韧性钢板，适合用于抗大应变管线输送用钢管，特别是地震高发区的抗大应变管线输送用钢管。

15

#### 附图说明

图 1 是本发明实施例 1 的 10mm 厚钢板的典型金相组织照片。

图 2 是本发明实施例 5 的 25mm 厚钢板的典型金相组织照片。

#### 20 发明的详细说明

下面，通过结合实施例对本发明的特点和性质进行较为详细的说明。

为了实现本发明的提供一种屈服强度在  $500\text{MPa}$  以上的低屈强比高韧性管线用钢板的目的，对钢板的化学成分进行如下控制：

25 碳：确保钢板强度的关键元素。一般管线用钢碳含量小于  $0.11\%$ 。碳通过固溶和析出强化来提高钢板强度，但碳对钢的韧性、塑性和焊接性有明显的害处，因此管线钢的发展总是伴随着碳含量的不断降低。对于韧性要求较高的管线用钢，一般碳含量低于  $0.08\%$ 。为了获得较高的低温冲击韧性，本发明采用较低的碳含量  $0.05-0.08\%$ 。

30 硅：钢中加硅能提高钢质纯净度和脱氧。硅在钢中起固溶强化作用。但硅含量过高会使钢板加热时的氧化皮粘度较大，出炉后除鳞困难，导致轧后钢板表面红色氧化皮严重，表面质量较差。且高硅不利于焊接性能。

综合考虑硅各方面的影响，本发明硅含量 0.15-0.30%，优选地，Si: 0.16-0.29%。

5 锰：为了补偿碳含量的降低导致的强度损失，提高锰含量是最廉价直接的办法。但锰具有较高的偏析倾向，所以其含量不能太高，一般低碳微合金钢中锰含量不超过 2.0%。锰的加入量主要取决于钢的强度级别。本发明锰的含量应控制在 1.55-1.85%，优选地，Mn: 1.55-1.83%。

10 氮：在管线钢中氮主要与铌复合形成氮化铌或碳氮化铌析出强化。为了发挥铌的抑制再结晶的作用，希望在轧制时铌以固溶形态抑制再结晶，故管线钢中一般要求不添加过多的氮，使得钢坯在常规加热温度下（1200℃左右）铌的碳氮化物能大部分溶解。一般管线钢中氮含量不超过 60ppm，优选不超过 0.0055%，更优选为 0.003-0.0045%。

15 硫和磷：硫在钢中与锰等化合形成塑性夹杂物硫化锰，尤其对钢的横向塑性和韧性不利，因此硫的含量应尽可能地低。磷也是钢中的有害元素，严重损害钢板的塑性和韧性。对于本发明而言，硫和磷均是不可避免的杂质元素，应该越低越好，考虑到钢厂实际的炼钢水平，本发明要求  $P \leq 0.015\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ ，优选地， $P \leq 0.008\%$ 、 $S \leq 0.003\%$ 。

20 铝：本发明中铝作为强脱氧元素。为了保证钢中的氧含量尽量地低，铝的含量控制在 0.015-0.04%。脱氧后多余的铝和钢中的氮元素能形成 AlN 析出物，提高强度并且在热处理加热时能细化钢的元素奥氏体晶粒度。优选地，Al: 0.02-0.035%。

25 铌：能显著提高钢的再结晶温度和细化晶粒。热轧过程中铌的碳化物应变诱导析出能阻碍形变奥氏体的回复和再结晶，经控轧和控冷后的形变奥氏体组织得到细小的相变产物。现代管线钢铌含量一般大于 0.02%，TMCP 管线钢一般具有较高的屈强比和各向异性。本发明中为了得到低屈强比的抗大应变管线用钢，采用较低的铌含量，铌减少引起的强度损失由 Mn、Cr、Mo 来补偿，并通过快速冷却和在线快速回火工艺析出弥散细小的碳化物增加析出强化效果。因此，本发明中铌含量控制在 0.015-0.025%，优选 Nb: 0.018-0.024%。

30 钛：钛是强碳化物形成元素，钢中加入微量的 Ti 有利于固定钢中的 N，形成的 TiN 能使钢坯加热时奥氏体晶粒不过分粗化，细化原始奥氏体晶粒度。钛在钢中还可分别与碳和硫化合，生成 TiC、TiS、Ti<sub>4</sub>C<sub>2</sub>S<sub>2</sub> 等，

它们以夹杂物和第二相粒子的形式存在。钛的这些碳氮化物析出物在焊接时还可阻止热影响区晶粒长大，改善焊接性能。本发明中钛含量控制在0.01-0.02%，优选地，Ti: 0.012-0.019%。

5 铬：铬提高钢的淬透性，增加钢的回火稳定性。铬在奥氏体中溶解度很大，稳定奥氏体，淬火后在马氏体中大量固溶，并在随后的回火过程中会析出  $\text{Cr}_{23}\text{C}_7$ 、 $\text{Cr}_7\text{C}_3$  等碳化物，提高钢的强度和硬度。为了保持钢的强度级别，铬可以部分代替锰，减弱高锰的偏析倾向。配合在线快速感应加热回火技术的细小碳化物析出，可相应降低 Nb 的合金含量，故本发明可添加 0.20-0.40% 的铬，优选 0.24-0.36%。

10 钼：钼能显著地细化晶粒，提高强度和韧性。钼能减少钢的回火脆性，同时回火时还能析出非常细小的碳化物，显著强化钢的基体。由于钼是非常昂贵的战略合金元素，所以本发明中仅添加 0.18-0.30% 的钼，优选 0.19-0.26%。

15 镍：稳定奥氏体的元素，对提高强度没有明显的作用。钢中加镍尤其是在调质钢中加镍能大幅提高钢的韧性尤其是低温韧性，同时由于镍属于贵重合金元素，所以本发明可选择性添加不超过 0.40% 的镍元素，优选不超过 0.25%。

20 钙：本发明的管线钢进行钙处理主要是改变硫化物形态，改善钢的厚向、横向性能和冷弯性能。对于硫含量很低的钢亦可不进行钙处理。本发明钙含量的高低视硫含量而定，控制 Ca/S 比  $\geq 1.5$ ，Ca: 0.0015-0.0050%，更优选 Ca: 0.0030-0.0045%。

上述低屈强比高韧性管线用钢板，按照如下工艺制造：

25 转炉吹炼和真空处理：目的是确保钢液的基本成分要求，去除钢中的氧、氢等有害气体，并加入锰、钛等必要的合金元素，进行合金元素的调整。

连铸或模铸：保证铸坯内部成分均匀和表面质量好，其中模铸的钢锭需轧制成钢坯。

30 加热和轧制：连铸坯或钢坯在 1150-1220℃ 的温度下加热，一方面获得均匀的奥氏体化组织，另一方面使铌、钛、铬、钼等合金元素的化合物部分溶解。在奥氏体再结晶区和未再结晶区进行多道次轧制，再结晶区压下率  $\geq 65\%$ ，未再结晶区压下率  $\leq 63\%$ ，总压下率  $\geq 80\%$ ，终轧温度  $\geq 850$

°C，优选为 850-880°C；

快速冷却：轧后钢板以 15-50°C/s 的冷却速度快速水冷至 Bs-60°C 至 Bs-100°C 温度区间，空冷 5-60s；在快速冷却过程中，大部分的合金元素被固溶到马氏体中。

5 在线回火：冷却的钢板进入在线感应加热炉以 1-10°C/s 的速度快速加热至 Bs+20°C，回火 40-60s，然后出炉空冷。回火有助于消除快冷时钢板产生的内应力以及消除贝氏体条束内或之间的微裂纹，弥散析出部分碳化物强化，提高强塑型、韧性和冷弯性能。

10 超快冷和快速在线回火工艺可以有效降低管线钢的屈强比和各向异性。在线热处理（回火）工艺除了可以缩短工艺流程，节省能源外，更主要的是使原先用 TMCP 工艺生产的钢板性能得到充分的提高，特别是解决了微合金钢由于未再结晶轧制导致的各向异性和屈强比过高的弊病，从而为生产可大变形的管线钢和低屈强比的高强度建筑用钢以及要求高性能的钢板创造了条件。

15 本发明通过对冷却终冷温度的区间控制以及在线的快速感应加热短时间回火及温度的适当选择，使得钢板的组织类型得到精确控制，因而获得较低的屈强比；并且钢板内部碳化物细小弥散析出，获得了强度与韧性的良好匹配。

20 本发明通过合适的成分设计和加热、轧制及轧后快速冷却和在线快速加热短时间回火工艺，获得组织为铁素体（F）+贝氏体（B）以及可能的少量马氏体（MA）的低屈强比高韧性管线用钢板。10-25mm 厚钢板屈服强度  $\geq 500\text{MPa}$ ，屈强比  $\leq 0.75$ ，延伸率  $A_{50} \geq 20\%$ ，-60°C 的  $A_{kv} \geq 200\text{J}$ ，冷弯性能优良，满足了抗大应变管线用钢板的较高要求。

25 实施例

实施例 1

30 将按表 1 配比冶炼完成的钢水经真空脱气处理后进行连铸或模铸，板坯厚度 80mm，所得坯料于 1200°C 加热后，在奥氏体再结晶温度范围内经多道次轧制，轧制成厚度为 10mm 的钢板，总压下率为 88%，终轧温度为 860°C，然后以 35°C/s 的速度水冷至 535°C，再在线快速加热至 640°C 回火，然后空冷至室温；

实施例 2-5 的详细成分见表 1, 工艺过程如实施例 1, 工艺参数见表 2。

表 1 本发明实施例 1-5 的化学成分、Ceq (wt%)、Pcm

实施例	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	Ca	N	Ceq*	Pcm**
1	0.050	0.25	1.75	0.007	0.003	0.025		0.3	0.21	0.021	0.015	0.0049	0.0036	0.44	0.17
2	0.053	0.28	1.62	0.008	0.003	0.031		0.32	0.23	0.02	0.014	0.0048	0.0038	0.43	0.17
3	0.062	0.25	1.75	0.007	0.002	0.021		0.35	0.19	0.023	0.018	0.0031	0.0037	0.46	0.19
4	0.074	0.26	1.81	0.008	0.003	0.034	0.25	0.31	0.25	0.02	0.016	0.0045	0.0034	0.51	0.21
5	0.080	0.16	1.55	0.007	0.002	0.028	0.22	0.25	0.22	0.018	0.013	0.0032	0.004	0.45	0.19

\*  $Ceq=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/14$

5 \*\*  $Pcm=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B$

表 2 本发明实施例 1-5 的工艺参数及钢板厚度

实施例	加热温度/°C	终轧温度/°C	压下率/%	冷速/°C/s	终冷温度/°C	回火温度/°C	回火时间/s	板厚/mm
1	1150	860	88	35	535	640	45	10
2	1150	850	80	25	540	640	50	15
3	1200	850	80	25	530	625	50	15
4	1200	850	75	20	515	615	55	20
5	1220	850	70	15	540	640	60	25

试验例 1: 力学性能

10 按照 GB/T228-2002 金属材料室温拉伸试验方法、GB 2106-1980 金属夏比 V 型缺口冲击试验方法, GB/T 8363-2007 落锤撕裂试验标准测定本发明实施例 1-5 钢板的各项力学性能, 其结果见表 3。

表 3 本发明实施例钢板的力学性能

实施 例	Rt <sub>0.5</sub> /MPa	Rm /MPa	屈强 比	A <sub>50</sub> /%	E <sub>cvn-60°C</sub>			SA% <sub>-15°C</sub> DWTT
					冲击值/J	SA%	50%FATT	
1	535	760	0.70	21	211	100	<-60°C	100
2	553	785	0.71	24.8	240	100	<-60°C	100

3	580	795	0.73	26	235	100	<-60℃	100
4	583	800	0.73	25.8	205	100	<-60℃	100
5	575	805	0.71	28	221	100	<-60℃	100

$E_{cvn-60℃}$ : -60℃夏比 V 型缺口试样冲击功

$SA\%_{-15℃}$ : -15℃DWTT 断裂试样断口剪切面积

DWTT: 落锤撕裂试验

50%FATT: 50%韧脆转变温度

5

试验例 2: 弯曲性能

按照 GB/T 232-2010 金属材料弯曲试验方法, 对本发明实施例 1-5 钢板进行横向冷弯  $d=2a, 180^\circ$  试验, 其结果全部实施例钢板完好, 均无表面裂纹。

10

试验例 3: 金相组织

图 1 是本发明实施例 1 的 10mm 厚钢板的金相组织图。

图 2 是本发明实施例 5 的 25mm 厚钢板的金相组织图。

从图中可见, 钢板的组织为铁素体和回火贝氏体以及少量的马氏体。

15

其他实施例也能得到类似的金相组织图。

20

从以上实施例结果可以看出, 采用本发明的成分设计、加热和轧制工艺、快冷及在线的快速加热回火工艺得到的钢板实现了细晶强化、相变强化、析出强化, 提高了钢板的强度、硬度, 具有很高的低温韧性, 尤其是使钢板获得较低的屈强比, 组织呈现为铁素体和回火贝氏体以及可能的少量马氏体和弥散碳化物强化。10-25mm 厚钢板的纵向、横向屈服强度  $\geq 500\text{MPa}$ , 屈强比  $\leq 0.75$ , 延伸率  $A_{50} \geq 20\%$ , -60℃的  $A_{kv} \geq 200\text{J}$ , 冷弯性能优良, 满足了抗大应变管线输送用钢要求。另外, 从表 1 中可见本发明钢的  $C_{eq}$  较低以及  $P_{cm}$  值较低, 说明本发明钢板的焊接性和抗裂纹敏感性能比较好。

25

## 权 利 要 求 书

1. 一种低屈强比高韧性钢板，其化学成分的重量百分比为：C: 0.05-0.08%，Si: 0.15-0.30%，Mn: 1.55-1.85%， $P \leq 0.015\%$ ， $S \leq 0.005\%$ ，  
5 Al: 0.015-0.04%，Nb: 0.015-0.025%，Ti: 0.01-0.02%，Cr: 0.20-0.40%，  
Mo: 0.18-0.30%，N:  $\leq 0.006\%$ ， $O \leq 0.004\%$ ，Ca: 0.0015-0.0050%，Ni  
 $\leq 0.40\%$ ，其中， $Ca/S \geq 1.5$ ，余量为铁和不可避免杂质。
2. 如权利要求 1 所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，Si:  
0.16-0.29%。
- 10 3. 如权利要求 1 或 2 所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，Mn:  
1.55-1.83%。
4. 如权利要求 1-3 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，N  
 $\leq 0.0055\%$ ，优选地，N: 0.003-0.0045%。
5. 如权利要求 1-4 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，P  
15  $\leq 0.008\%$ ， $S \leq 0.003\%$ 。
6. 如权利要求 1-5 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，  
Al: 0.02-0.035%。
7. 如权利要求 1-6 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，  
Ni  $\leq 0.25\%$ 。
- 20 8. 如权利要求 1-7 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，  
Cr: 0.24-0.36%。
9. 如权利要求 1-8 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，  
Mo: 0.19-0.26%。
10. 如权利要求 1-9 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，  
25 Nb: 0.018-0.024%。
11. 如权利要求 1-10 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，  
Ti: 0.012-0.019%。
12. 如权利要求 1-11 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其特征在于，  
Ca: 0.0030-0.0045%。
- 30 13. 如权利要求 1-11 任一所述的低屈强比高韧性钢板，其组织主要  
为铁素体和回火贝氏体以及可能的少量马氏体。

14. 如权利要求 1-13 任一所述的低屈强比高韧性钢板, 厚度为 10-25mm, 屈服强度  $\geq 500\text{MPa}$ , 屈强比  $\leq 0.75$ , 延伸率  $A_{50} \geq 20\%$ ,  $-60^\circ\text{C}$  的  $A_{kv} \geq 200\text{J}$ 。

5 15. 如权利要求 1-14 任一所述的低屈强比高韧性钢板的制造方法, 包括:

钢水经真空脱气处理后进行连铸或模铸, 模铸后需经初轧成钢坯;

连铸坯或钢坯于  $1150-1220^\circ\text{C}$  加热后在奥氏体再结晶区和未再结晶区进行多道次轧制, 总压下率  $\geq 80\%$ , 终轧温度  $\geq 850^\circ\text{C}$ ;

10 轧后钢板以  $15-50^\circ\text{C/s}$  的冷却速度, 快速水冷至  $B_s-60^\circ\text{C}$  至  $B_s-100^\circ\text{C}$  温度, 再空冷 5-60s;

冷却的钢板进入在线感应加热炉以  $1-10^\circ\text{C/s}$  的速度快速加热至  $B_s+20^\circ\text{C}$ , 回火 40-60s, 然后出炉空冷;

其中贝氏体开始点  $B_s$  为:  $B_s = 830-270\text{C}-90\text{Mn}-37\text{Ni}-70\text{Cr}-83\text{Mo}$ 。

15 16. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 多道次轧制中, 再结晶区压下率  $\geq 65\%$ , 未再结晶区压下率  $\leq 63\%$ 。

17. 如权利要求 15 或 16 所述的方法, 其特征在于, 终轧温度为  $850-880^\circ\text{C}$ 。

18. 如权利要求 15-17 任一所述的方法, 其特征在于, 轧后钢板以  $15-50^\circ\text{C/s}$  的冷却速度, 快速水冷至  $510-550^\circ\text{C}$ 。

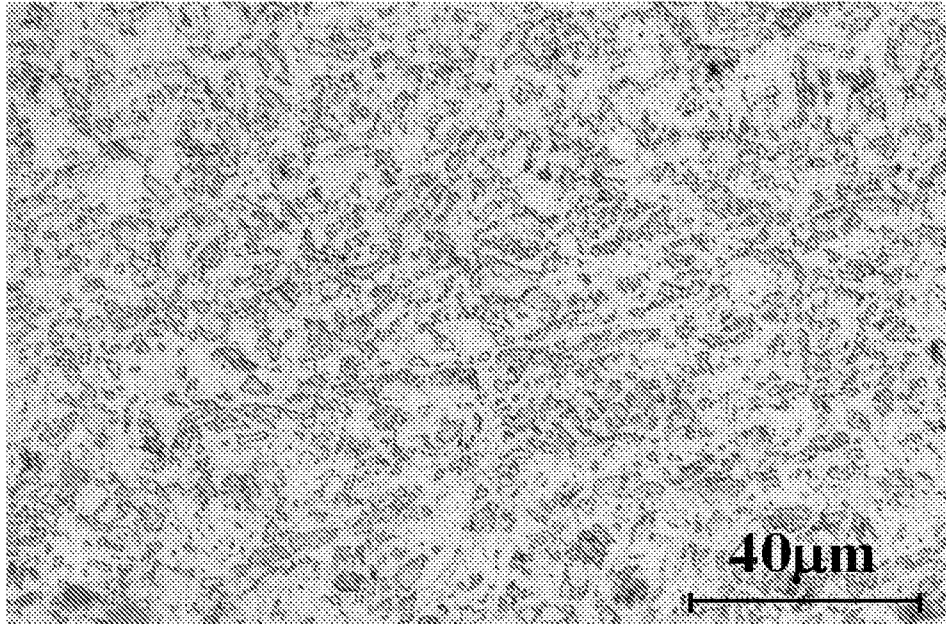


图 1

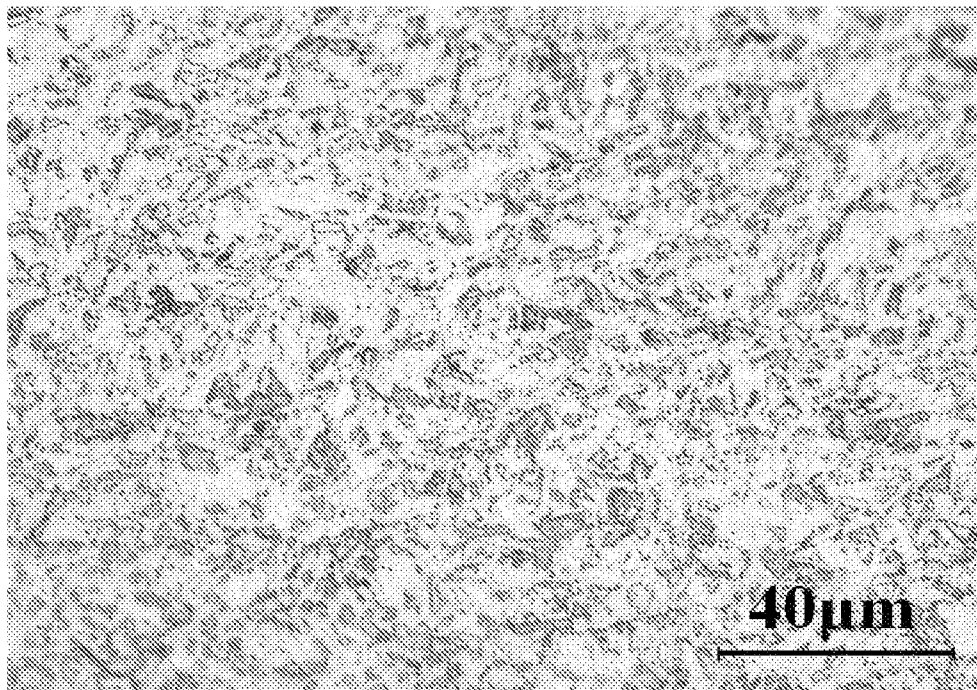


图 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2012/076049**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/50 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: C22C 38/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CN-PAT, CNKI: low yield ratio, low, yield+ ratio+, Nb, niobium, Ti, titanium, Cr, chrome, chromium, Mo, molybdenum

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101985725 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY), 16 March 2011 (16.03.2011), description, paragraphs 0003, 0005 and 0006	1-18
A	CN 102021494 A (BAOSTEEL GROUP CORP.), 20 April 2011 (20.04.2011), the whole document	1-18
A	WO 2009048838 A1 (NUCOR CORP.), 16 April 2009 (16.04.2009), the whole document	1-18
A	JP 2005-36295 A (KOBE STEEL LTD.), 10 February 2005 (10.02.2005), the whole document	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
18 July 2012 (18.07.2012)

Date of mailing of the international search report  
**20 September 2012 (20.09.2012)**

Name and mailing address of the ISA/CN:  
State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China  
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer  
**YAN, Xiaoming**  
Telephone No.: (86-10) **62084044**

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/CN2012/076049**

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101985725 A	16.03.2011	None	
CN 102021494 A	20.04.2011	None	
WO 2009048838 A1	16.04.2009	US 2009098408 A1	16.04.2009
		INCHENP 201002005 E	10.09.2010
		AU 2008311043 A1	16.04.2009
		CA 2701903 A1	16.04.2009
		EP 2209926 A1	28.07.2010
		MX 2010003835 A	31.05.2010
JP 2005-36295 A	10.02.2005	JP 4025263 B2	19.12.2007

国际检索报告

国际申请号  
**PCT/CN2012/076049**

<b>A. 主题的分类</b>		
C22C38/50(2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
<b>B. 检索领域</b>		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
IPC: C22C38/-		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
WPI, EPODOC, CN-PAT, CNKI: 低屈服强, 铌, 钛, 铬, 钼, low, yield+ ratio+, Nb, niobium, Ti, titanium, Cr, chrome, chromium, Mo, molybdenum		
<b>C. 相关文件</b>		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN101985725A(东北大学) 16.3 月 2011(16.03.2011) 说明书第 0003, 0005, 0006 段	1-18
A	CN102021494A(宝山钢铁股份有限公司) 20.4 月 2011(20.04.2011) 全文	1-18
A	WO2009048838A1(NUCOR CORP) 16.4 月 2009(16.04.2009) 全文	1-18
A	JP2005-36295A(KOBE STEEL LTD) 10.2 月 2005(10.02.2005) 全文	1-18
<input type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型:		“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件		“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利		“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)		“&” 同族专利的文件
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件		
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件		
国际检索实际完成的日期 18.7 月 2012(18.07.2012)	国际检索报告邮寄日期 <b>20.9 月 2012 (20.09.2012)</b>	
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451	受权官员  <b>闫晓明</b>  电话号码: (86-10) <b>62084044</b>	

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
**PCT/CN2012/076049**

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101985725A	16.03.2011	无	
CN102021494A	20.04.2011	无	
WO2009048838A1	16.04.2009	US2009098408 A1	16.04.2009
		INCHENP201002005E	10.09.2010
		AU2008311043A1	16.04.2009
		CA2701903 A1	16.04.2009
		EP2209926 A1	28.07.2010
		MX2010003835 A	31.05.2010
JP2005-36295A	10.02.2005	JP4025263B2	19.12.2007