

(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
2016年6月23日 (23.06.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/095720 A1

- (51) 国际专利分类号:
C22C 38/58 (2006.01) C22C 38/54 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/096638
- (22) 国际申请日: 2015年12月8日 (08.12.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410810303.X 2014年12月19日 (19.12.2014) CN
- (71) 申请人: 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: 刘刚 (LIU, Gang); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 杨阿娜 (YANG, Ana); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 李自刚 (LI, Zigang); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 宋凤明 (SONG, Fengming); 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, 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, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: HIGH-STRENGTH STEEL WITH YIELD STRENGTH OF 800 MPA AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种屈服强度800MPa级别高强钢及其生产方法

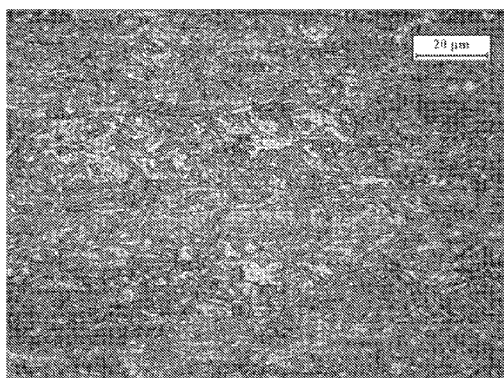


图1 / Fig. 1

(57) Abstract: A high-strength steel with a yield strength of 800 MPa and a production method therefor. The components of the high-strength steel are (by weight percent): C: 0.06% - 0.14%, Si: 0.1% - 0.3%, Mn: 0.8% - 1.6%, Cr: 0.2% - 0.7%, Mo: 0.1% - 0.4%, Ni: 0% - 0.3%, Nb: 0.01% - 0.03%, Ti: 0.01% - 0.03%, V: 0.01% - 0.05%, B: 0.0005% - 0.0030%, Al: 0.02% - 0.06%, Ca: 0.001% - 0.004%, N: 0.002% - 0.005%, P ≤ 0.02%, S ≤ 0.01%, O ≤ 0.008%, with the balance being Fe and inevitable impurities; and 0.40% < Ceq < 0.50%, wherein Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15; 0.7% ≤ Mo + 0.8Ni + 0.4Cr + 6V ≤ 1.1%; 3.7 ≤ Ti/N ≤ 7.0; and 1.0 ≤ Ca/S ≤ 3.0.

(57) 摘要: 一种屈服强度为800MPa级别的高强钢及其生产方法, 其成分重量百分比为: C 0.06~0.14%, Si 0.1~0.3%, Mn 0.8~1.6%, Cr 0.2~0.7%, Mo 0.1~0.4%, Ni 0~0.3%, Nb 0.01~0.03%, Ti 0.01~0.03%, V 0.01~0.05%, B 0.0005~0.0030%, Al 0.02~0.06%, Ca 0.001~0.004%, N 0.002~0.005%, P ≤ 0.02%, S ≤ 0.01%, O ≤ 0.008%, 其余为Fe及不可避免的杂质; 且, 0.40% < Ceq < 0.50%, Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15; 0.7% ≤ Mo + 0.8Ni + 0.4Cr + 6V ≤ 1.1%; 3.7 ≤ Ti/N ≤ 7.0; 1.0 ≤ Ca/S ≤ 3.0。



WO 2016/095720 A1

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种屈服强度 800MPa 级别高强钢及其生产方法

技术领域

本发明涉及一种屈服强度 800MPa 级别高强钢及其生产方法。

背景技术

采用高强度、易焊接结构钢制造工程机械的梁结构、起重机的吊臂和自卸车的车体等移动设备的构件，都会减轻设备自重，减少燃料消耗，提高工作效率。随着国际竞争的加剧，采用高强度易焊接结构钢制造港口机械、矿山机械、挖掘机、装载机的梁结构、起重机的吊臂和自卸车的车体等移动设备的构件已经成为趋势。由于工程机械高性能、大型化、轻量化的发展要求，工程机械用钢的强度级别不断攀升，从 500~600MPa 级快速上升到 700MPa、800MPa 乃至 1000MPa 以上。由于工程机械用超高强钢苛刻的使用环境和受力条件，所以对钢材质量有严格的要求，包括强度性能、冲击性能、折弯性能、焊接性能和板形等。

目前，国内生产屈服 800MPa 级别的高强度钢板的企业很少。中国专利 201210209649.5 公开了一种抗拉 800MPa 级别高强度钢板的生产方法，不添加 Ni 元素，采用在线淬火+回火工艺（DQ+T），得到回火马氏体+回火下贝氏体组织，其屈服强度只有 700MPa。中国专利 2011100343384.3 公开了一种 750~880MPa 级车辆用高强钢及其生产方法，采用 TMCP 工艺在 560-600℃ 卷取生产热轧高强钢卷。

目前，采用回火马氏体+回火下贝氏体组织生产的 800MPa 级高强钢不同厚度规格的各项组织比例差异较大，厚规格强度较低，容易出现性能不合。采用 560~600℃ 高温卷取生产的析出强化型高强钢，受析出物颗粒大小和数量的影响，带钢头、中、尾强度波动较大，不能满足 -40℃ 冲击要求。

发明内容

本发明的目的是提供一种屈服强度 800MPa 级别高强钢及其生产方法，采用在线淬火+回火工艺生产，该高强钢的屈服强度为 800~950MPa，

抗拉强度为 850~1000MPa，延伸率>12%，-40℃冲击功>40J。

为达到上述目的，本发明的技术方案是：

一种屈服强度 800MPa 级别高强钢，其成分重量百分比为：C：0.06~0.14%，Si：0.10~0.30%，Mn：0.80~1.60%，Cr：0.20~0.70%，Mo：0.10~0.40%，Ni：0~0.30%，Nb：0.010~0.030%，Ti：0.010~0.030%，V：0.010~0.050%，B：0.0005~0.0030%，Al：0.02~0.06%，Ca：0.001~0.004%，N：0.002~0.005%，P≤0.020%，S≤0.010%，O≤0.008%，其余为 Fe 及不可避免的杂质；且上述元素同时需满足如下关系： $0.40\% < C_{eq} < 0.50\%$ ， $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ ； $0.7\% \leq Mo + 0.8Ni + 0.4Cr + 6V \leq 1.1\%$ ； $3.7 \leq Ti/N \leq 7.0$ ； $1.0 \leq Ca/S \leq 3.0$ 。

进一步，所述高强钢的屈服强度为 800~950MPa，抗拉强度为 850~1000MPa，延伸率>12%，-40℃冲击功>40J。

所述高强钢的的显微组织为回火马氏体。

在本发明钢的成分设计中：

C：固溶强化，调整马氏体组织的强度和塑韧性，低碳马氏体的在线淬火态抗拉强度与 C 含量呈如下关系： $R_m = 2940C (\%) + 820 (\text{MPa})$ ， R_m 为抗拉强度，C 含量在 0.06% 以上可以保证淬火态抗拉强度大于 900MPa，再通过回火进一步调整、降低抗拉强度到 850MPa 以上，改善韧性；C 含量较高会导致整体 C 当量的提高，焊接时容易产生裂纹。因此，本发明的 C 含量范围为 0.06~0.14%。

Si：0.10% 以上的 Si 可以起到较好的脱氧作用，Si 超过 0.30% 容易产生红铁皮，Si 含量较高时容易恶化马氏体高强钢的韧性。因此，本发明的 Si 含量范围为 0.10~0.30%。

Mn：Mn 含量在 0.8% 以上可以提高钢的淬透性，Mn 含量超过 1.6% 容易产生偏析和 MnS 等夹杂物，恶化马氏体高强钢的韧性。因此，本发明的 Mn 含量范围为 0.80~1.60%。

Cr：Cr 含量在 0.2% 以上可以提高钢的淬透性，有利于在淬火时形成全马氏体组织。在回火温度 400~550℃ 范围内，Cr 会形成 Cr 的碳化物，具有抗中温回火软化的作用，Cr 含量超过 0.70%，在焊接时会出现较大的火花，影响焊接质量。因此，本发明的 Cr 含量范围为 0.20~0.70%。

Mo: 0.10%以上的 Mo 元素可提高钢的淬透性，有利于在淬火时形成全马氏体组织；在 400℃以上的高温下，Mo 会与 C 反应形成化合物颗粒，具有抗高温回火软化和焊接接头软化的作用，Mo 含量太高会导致碳当量提高，恶化焊接性能，同时 Mo 属于贵金属，会提高成本。因此，本发明的 Mo 含量范围为 0.10~0.40%。

Ni: Ni 元素具有细化马氏体组织、改善钢的韧性的作用，Ni 含量太高会导致碳当量提高，恶化焊接性能，同时 Ni 属于贵金属，会提高成本。因此，本发明的 Ni 含量范围为 0~0.30%。

Nb、Ti 和 V: Nb、Ti 和 V 为微合金元素，与 C、N 等元素形成纳米级析出物，在加热时抑制奥氏体晶粒的长大；Nb 可以提高未再结晶临界温度 T_{nr} ，扩大生产窗口；Ti 的细小析出物颗粒可以改善焊接性能；V 在回火过程中与 N 和 C 反应析出纳米级 V(C,N)颗粒，可以提高钢的强度；本发明的 Nb 含量范围为 0.01~0.03%，Ti 含量范围为 0.01~0.03%，V 含量范围为 0.01~0.05%。

B: 微量的 B 可以提高钢的淬透性，提高钢的强度，超过 0.0030%的 B 容易产生偏析，形成碳硼化合物，严重恶化钢的韧性。因此，本发明的 B 含量范围为 0.0005~0.0030%。

Al: Al 用作脱氧剂，钢中加入 0.02%以上的 Al 可细化晶粒，提高冲击韧性，Al 含量超过 0.06%容易产生 Al 的氧化物夹杂缺陷。因此，本发明的 Al 含量范围为 0.02~0.06%。

Ca: 在钢冶炼过程中，超过 0.001%的微量 Ca 元素可以起到净化剂作用，改善钢的韧性；Ca 含量超过 0.004%时，容易形成尺寸较大的 Ca 的化合物，反而会恶化韧性。因此，本发明 Ca 含量范围为 0.001~0.004%。

N: 本发明要求严格控制 N 元素的含量范围。在回火过程中，0.002%以上的 N 元素可以与 V 和 C 反应形成纳米级的 V(C, N)粒子，起到析出强化的作用，在焊接过程中也可以通过析出强化抵抗热影响区软化；N 含量超过 0.005%则容易导致形成粗大的析出物颗粒，恶化韧性。因此，本发明 N 含量范围为 0.002~0.005%。

P、S 和 O: P、S 和 O 作为杂质元素影响钢的塑、韧性，本发明的这四种元素的控制范围为 $P \leq 0.02\%$ ， $S \leq 0.01\%$ ， $O \leq 0.008\%$ 。

对于在线淬火型屈服 800MPa 高强钢的碳当量 C_{eq} 需满足： $0.40\% < C_{eq} < 0.50\%$ ， $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/150$ ， C_{eq} 太低容易出现焊接接头软化， C_{eq} 太高容易出现焊接微裂纹。

本发明控制 $0.7\% \leq Mo + 0.8Ni + 0.4Cr + 6V \leq 1.1\%$ ，主要用于保证 800MPa 高强钢的等强匹配焊接，调节焊接热影响区的强度和低温韧性，达到与母材钢板强度和低温韧性的最佳匹配。其中，Mo、Ni 和 Cr 元素都可以降低钢的临界冷却速度，提高钢的淬透性，提高焊接接头的强度；Mo 在高温下与 C 反应形成化合物，具有抵抗焊接接头软化的作用；Mo 和 Ni 元素都具有细化组织，改善韧性的作用；V 与 N 反应生成纳米级 V(C, N) 颗粒可以抵抗接头软化；Mo、Ni、Cr 和 V 元素的搭配可以根据母材强度调节焊接热影响区的强度和韧性。本发明要求 Mo、Ni、Cr 和 V 的复合添加量应满足 $0.7\% \leq Mo + 0.8Ni + 0.4Cr + 6V \leq 1.1\%$ ，低于 0.70% 时，焊接接头的强度和低温韧性都较低；高于 1.1% 时，焊接接头强度偏高，容易产生焊接裂纹。

本发明控制 $3.7 \leq Ti/N \leq 7.0$ ，可以保护钢中的 B 原子，使得 B 充分固溶，提高淬透性。

本发明控制 $1.0 \leq Ca/S \leq 3.0$ ，可以使钢种的硫化物球化，改善钢的低温韧性和焊接性能。

本发明的屈服强度 800MPa 级别高强钢的生产方法，其包括如下步骤：

1) 冶炼、铸造

按上述成分采用转炉或电炉炼钢，精炼，铸造成铸坯；

2) 铸坯加热

将铸坯于 1150~1270℃ 的炉中加热，待铸坯心部到温后开始保温，保温时间 > 1.5h；

3) 轧制

采用单机架往复轧制或多机架热连轧将铸坯轧至目标厚度，终轧温度为 820~920℃，同时终轧温度 T_f 满足： $Ar_3 < T_f < T_{nr}$ ，其中， Ar_3 为亚共析钢奥氏体向铁素体转变开始温度： $Ar_3 = 901 - 325C - 92Mn - 126Cr - 67Ni - 149Mo$ ， T_{nr} 为未再结晶临界温度： $T_{nr} = 887 + 464C + (6445Nb - 644\sqrt{Nb}) + (732V - 230\sqrt{V}) + 890Ti + 363Al - 357Si$ ；轧制最后一道次轧制压下率 > 15%；

4) 淬火热处理工艺

轧后在线淬火至 (M_s-150) °C 以下； M_s 为马氏体转变开始温度， $M_s=539-423C-30.4Mn-17.7Ni-12.1Cr-11.0Si-7.0Mo$ ；层流冷却系统控制冷却速度 $V>e^{(5.3-2.53c-0.16Si-0.82Mn-0.95Cr-1.87Mo-160B)}$ °C/s，保证形成全马氏体组织。

5) 回火热处理工艺

回火热处理：回火温度为 400~550°C，钢板心部达到炉温后开始保温，保温 20~180min。

在本发明的生产方法中：

本发明步骤（2）铸坯加热至 1150~1270°C，心部保温时间>1.5h：加热温度大于 1150°C、心部保温时间>1.5h 可以保证合金元素充分固溶；加热温度超过 1270°C，奥氏体晶粒过度长大，引起晶间结合力减弱，在轧制时容易产生裂纹；另外加热温度超过 1270°C 容易引起钢坯表面脱碳，对成品力学性能造成影响。

本发明步骤（3）轧制的终轧温度大于 Ar_3 是为了保证在奥氏体区轧制，终轧温度小于 T_{nr} 是为了保证在奥氏体未再结晶区轧制，在奥氏体未再结晶区轧制可以细化奥氏体晶粒和冷却后的组织，从而改善钢的强韧性。

本发明步骤（3）轧制最后一道次压下率>15%，大压下率轧制是为了在未再结晶区形成足够的变形能，在 $Ar_3\sim T_{nr}$ 温度范围内诱发奥氏体再结晶，细化晶粒。

本发明步骤（5）回火热处理：该成分体系的钢回火温度超过 400°C 并保持钢板心部达到回火温后保温 20min 以上时，淬火马氏体中的过饱和碳原子脱溶形成球状 Fe_3C 渗碳体，合金 Mo 和 V 在该温度下会与 C 反应并形成细小的合金碳化物，可以改善钢的塑性和韧性，同时有效去除钢的内应力；回火温度超过 550°C 或高保温时间过长，球状 Fe_3C 渗碳体和合金碳化物发生粗化，反而会恶化钢的韧性，并降低钢的强度；通过调整回火温度和回火时间可以保证强、韧性实现最佳匹配。

本发明涉及的关系式：

$0.40\%<C_{eq}<0.50\%$ ， $C_{eq}=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15$ ；
 $0.7\%\leq Mo+0.8Ni+0.4Cr+6V\leq 1.1\%$ ； $3.7\leq Ti/N\leq 7.0$ ； $1.0\leq Ca/S\leq 3.0$ 中元素符号表示对应元素的重量百分含量。

本发明涉及的计算公式：

$$Ar_3=901-325C-92Mn-126Cr-67Ni-149Mo;$$

$$T_{nr}=887+464C+(6445Nb-644\sqrt{Nb})+(732V-230\sqrt{V})+890Ti+363Al-357Si;$$

$$M_s=539-423C-30.4Mn-17.7Ni-12.1Cr-11.0Si-7.0Mo;$$

$$e^{(5.3-2.53C-0.16Si-0.82Mn-0.95Cr-1.87Mo-160B)};$$

上述公式中元素符号表示对应元素的重量百分含量 $\times 100$ 。

本发明的有益效果：

本发明采用控轧控冷和在线淬火+回火工艺，从化学成分设计、母材组织、淬火加热温度、回火加热温度等方面进行控制，保证在实现超高强度的同时，获得良好的延伸率、低温冲击韧性等性能。

与现有工艺相比，采用本发明的成分、工艺生产的 800MPa 高强钢具有均一的回火马氏体组织，不同厚度规格、钢卷（钢板）头、中、尾性能波动小；低温冲击韧性也有大幅提高。

附图说明

图 1 为本发明钢实施例 1 的金相组织图；

图 2 为本发明钢实施例 5 的金相组织图；

图 3 为本发明钢实施例 8 的金相组织图。

具体实施方式

下面结合实施例对本发明做进一步说明

采用 50kg 真空电炉进行冶炼，本发明钢成分的实施例如表 1 所示。将 50kg 电炉冶炼的钢水浇注成 120mm 厚的钢坯，放入电炉中加热，采用多道次将钢坯轧制成目标厚度 10mm。终轧温度为 820~920℃，同时终轧温度 T_f 满足： $Ar_3 < T_f < T_{nr}$ ；末道次压下率设定 17%；轧后进行在线淬火，淬火冷却速度 $V > e^{(5.3-2.53C-0.16Si-0.82Mn-0.95Cr-1.87Mo-160B)} ^\circ C/s$ ；终冷温度为 $(M_s \sim 150) ^\circ C$ 以下；回火热处理工艺：回火温度为 400~550℃，回火时间为钢板心部达到回火温度后 20~180min。具体工艺条件如表 2 所示。

将在线淬火+回火后的钢板进行纵向拉伸和纵向冲击试验。各试验样

板对应的性能如表 3 所示。从表 3 可以看出，本发明可以制造出屈服强度 8000Mpa 以上的高强度调质钢，其抗拉强 850~1000MPa，延伸率>12%，-40℃冲击功>40J。

图 1~图 3 给出了实施例 1、5、8 试验钢的金相组织图，可以看出，成品钢板金相组织为均一的板条状回火马氏体，且组织细密。

表 1 本发明实施例的化学成分 单位：重量百分比

编号	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ni	Nb	Ti	B	Al	Ca	P	S	N	O
成分1	0.06	0.15	1.59	0.7	0.12	0.05	0	0.016	0.01	0.0026	0.06	0.004	0.015	0.0015	0.0025	0.0056
成分2	0.14	0.12	0.82	0.41	0.28	0.012	0.3	0.008	0.03	0.001	0.034	0.004	0.01	0.0014	0.0044	0.0034
成分3	0.065	0.2	1.03	0.54	0.17	0.039	0.25	0.03	0.012	0.003	0.023	0.0026	0.007	0.0021	0.0027	0.0073
成分4	0.13	0.1	1.26	0.2	0.4	0.035	0.27	0.016	0.016	0.002	0.06	0.0025	0.013	0.0015	0.0038	0.0023
成分5	0.07	0.3	1.24	0.6	0.34	0.047	0.29	0.01	0.018	0.0005	0.05	0.0013	0.013	0.0011	0.0047	0.0056

表 2 本发明实施例的轧制工艺条件

实施例	化学成分	加热温度, °C	保温时间, min	终轧温度, °C	在线淬火冷却速度, °C/s	终冷温度, °C	回火加热温度, °C	回火保温时间, min
实施例1	成分1	1210	130	889	56	134	400	180
实施例2	成分1	1210	190	835	31	176	520	60
实施例3	成分2	1270	120	865	54	85	500	55
实施例4	成分2	1220	210	870	75	234	550	28
实施例5	成分3	1250	120	883	72	253	490	50
实施例6	成分3	1150	100	829	63	120	520	20
实施例7	成分4	1200	160	892	67	90	420	130
实施例8	成分4	1190	120	828	54	119	500	65
实施例9	成分5	1170	180	823	52	230	410	100

实施例10	成分5	1240	150	827	82	60	550	45
-------	-----	------	-----	-----	----	----	-----	----

表3 本发明实施例的力学性能

实施例	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	-40°C冲击 (7.5*10*55mm) J		
				46	90	58
实施例1	917	958	12.8	46	90	58
实施例2	842	873	14.2	90	97	101
实施例3	888	909	13.8	53	58	63
实施例4	851	878	14.7	86	69	81
实施例5	862	904	14.2	93	79	82
实施例6	839	882	14.5	87	91	85
实施例7	894	929	13.6	46	54	49
实施例8	871	898	15.1	73	73	53
实施例9	902	933	13.1	89	76	83
实施例10	875	891	15.3	102	98	92

权 利 要 求 书

1. 一种屈服强度 800MPa 级别高强钢，其成分重量百分比为：C：0.06~0.14%，Si：0.10~0.30%，Mn：0.80~1.60%，Cr：0.20~0.70%，Mo：0.10~0.40%，Ni：0~0.30%，Nb：0.010~0.030%，Ti：0.010~0.030%，V：0.010~0.050%，B：0.0005~0.0030%，Al：0.02~0.06%，Ca：0.001~0.004%，N：0.002~0.005%，P≤0.020%，S≤0.010%，O≤0.008%，其余为 Fe 及不可避免的杂质；且上述元素同时需满足如下关系： $0.40\% < C_{eq} < 0.50\%$ ， $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ ； $0.7\% \leq Mo + 0.8Ni + 0.4Cr + 6V \leq 1.1\%$ ； $3.7 \leq Ti/N \leq 7.0$ ； $1.0 \leq Ca/S \leq 3.0$ 。
2. 根据权利要求 1 所述的屈服强度 800MPa 级别高强钢，其特征在于，所述高强钢的显微组织为回火马氏体。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的屈服强度 800MPa 级别高强钢，其特征在于，所述高强钢的屈服强度为 800~950MPa，抗拉强度为 850~1000MPa，延伸率>12%，-40℃冲击功>40J。
4. 如权利要求 1 所述的屈服强度 800MPa 级别高强钢的生产方法，包括如下步骤：
 - 1) 冶炼、铸造
按上述权利要求 1 所述成分采用转炉或电炉炼钢，精炼，铸造成铸坯；
 - 2) 板坯加热
将铸坯于 1150~1270℃的炉中加热，待铸坯心部达到炉温后开始保温，保温时间>1.5h；
 - 3) 轧制
采用单机架往复轧制或多机架热连轧将铸坯轧至目标厚度，终轧温度为 820~920℃，同时终轧温度 Tf 满足： $Ar_3 < Tf < T_{nr}$ ，其中， Ar_3 为亚共析钢奥氏体向铁素体转变开始温度： $Ar_3 = 901 - 325C - 92Mn - 126Cr - 67Ni - 149Mo$ ， T_{nr} 为未再结晶临界温度： $T_{nr} = 887 + 464C + (6445Nb - 644\sqrt{Nb}) + (732V - 230\sqrt{V}) + 890Ti + 363Al - 357Si$ ；轧制最后一道次轧制压下率>15%；
 - 4) 淬火热处理工艺

轧后在线淬火至 (M_s-150) °C 以下； M_s 为马氏体转变开始温度， $M_s=539-423C-30.4Mn-17.7Ni-12.1Cr-11.0Si-7.0Mo$ ；层流冷却系统控制冷却速度 $V > e^{(5.3-2.53c-0.16Si-0.82Mn-0.95Cr-1.87Mo-160B)} °C/s$ ，保证形成全马氏体组织；

5) 回火热处理工艺

回火热处理：回火温度为 400~550 °C，钢板心部达到炉温后开始保温，保温 20~180min。

5. 根据权利要求 4 所述的屈服强度 800MPa 级别高强钢的生产方法，其特征在于，该生产方法获得的高强钢的显微组织为回火马氏体。
6. 根据权利要求 4 或 5 所述的屈服强度 800MPa 级别高强钢的生产方法，其特征在于，该生产方法获得的高强钢的屈服强度为 800~950MPa，抗拉强度为 850~1000MPa，延伸率 >12%，-40 °C 冲击功 >40J。

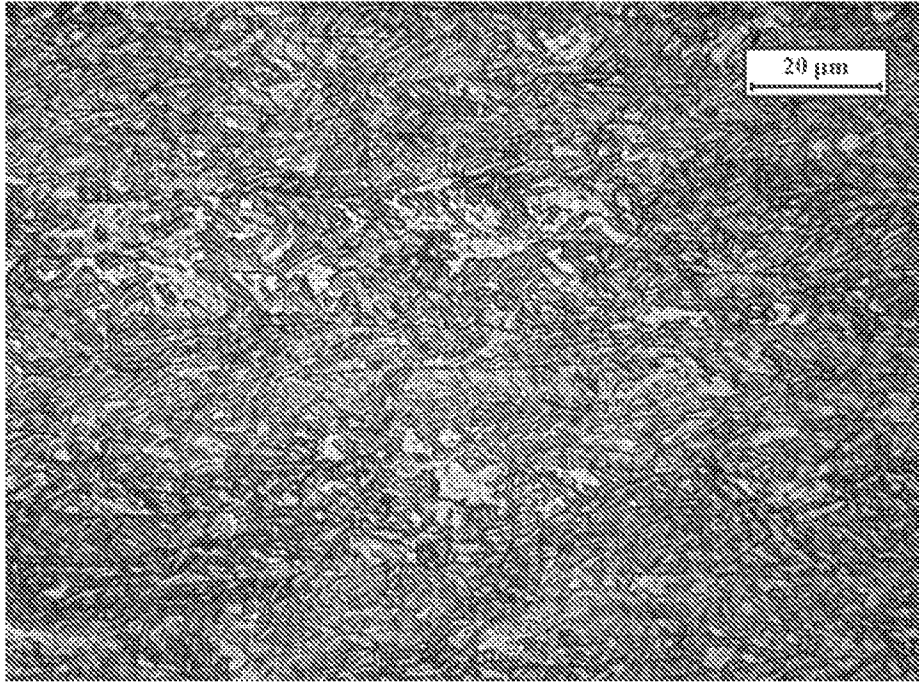


图 1

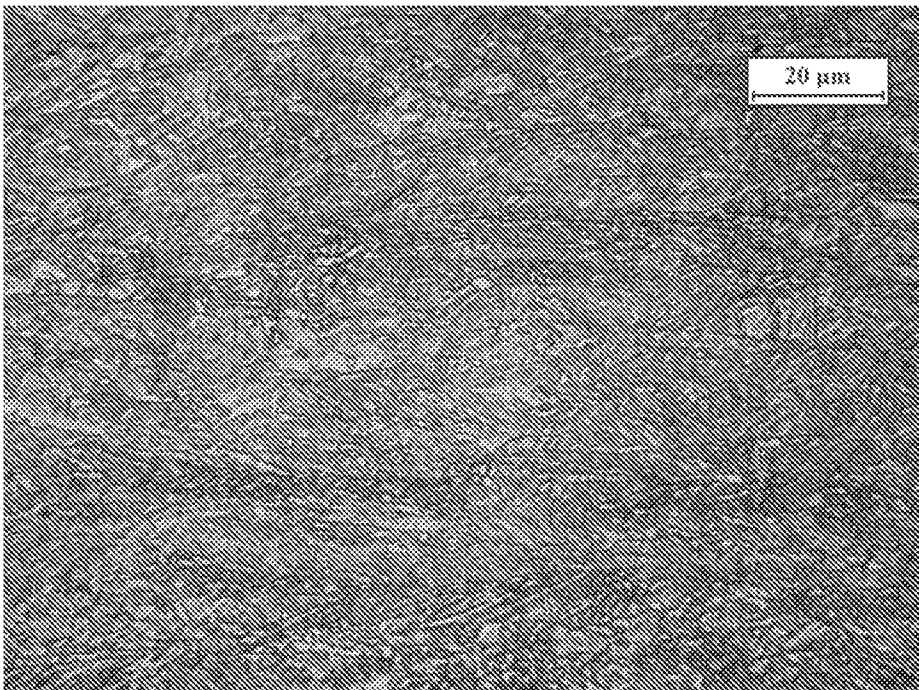


图 2

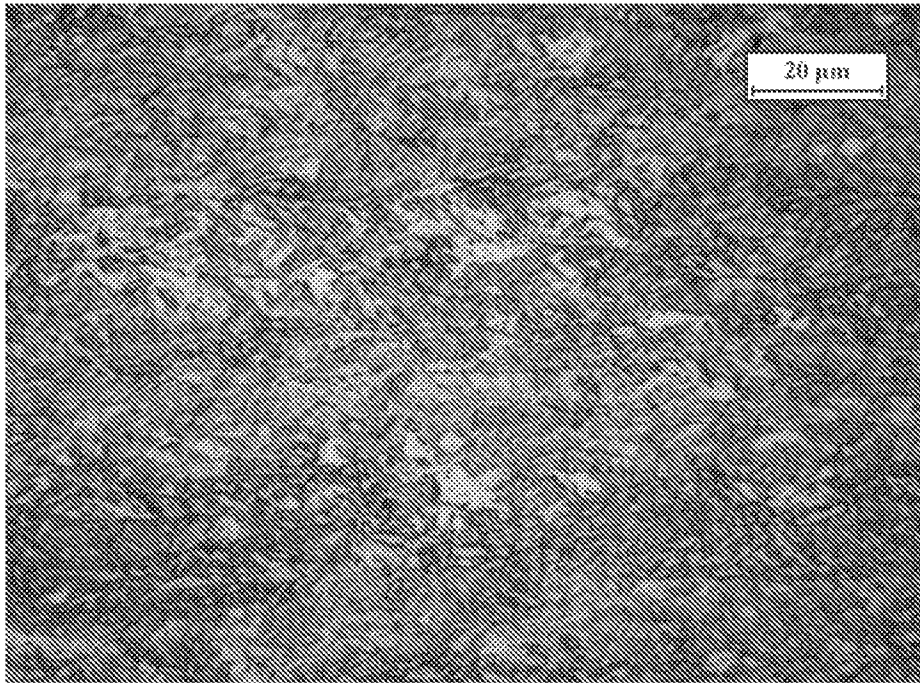


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/096638

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/58 (2006.01) i; C21D 8/02 (2006.01) i; C22C 38/54 (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)

C22C38/-; C21D8/-

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)

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN: ALLOYS, steel, alloy?, chrome, chromium, molybdenum, nickel, columbium, niobium, titanium, vanadium, boron, aluminium, aluminum, calcium, nitrogen, tempered martensite, Cr, Mo, Ni, Nb, Ti, V, Al, B, Ca, N

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104513937 A (BAOSTEEL GROUP CORP.), 15 April 2015 (15.04.2015), claims 1-6	1-6
X	CN 103014545 A (BAOSTEEL GROUP CORP.), 03 April 2013 (03.04.2013), abstract	1-6
A	CN 103014538 A (BAOSTEEL GROUP CORP.), 03 April 2013 (03.04.2013), the whole document	1-6
A	CN 102605282 A (BAOSTEEL GROUP CORP.), 25 July 2012 (25.07.2012), the whole document	1-6
A	EP 2395120 A1 (JFE STEEL CORP.), 14 December 2011 (14.12.2011), the whole document	1-6

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>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
04 March 2016 (04.03.2016)

Date of mailing of the international search report
18 March 2016 (18.03.2016)

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
NIE, Xiaoxue
Telephone No.: (86-10) **62085018**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/096638

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104513937 A	15 April 2015	None	
CN 103014545 A	03 April 2013	CN 103014545 B	24 December 2014
CN 103014538 A	03 April 2013	CN 103014538 B	28 October 2015
CN 102605282 A	25 July 2012	None	
EP 2395120 A1	14 December 2011	WO 2010087509 A1	05 August 2010
		CN 102301025 A	28 December 2011
		EP 2395120 B1	15 July 2015
		CN 102301025 B	25 June 2014
		JP 4640529 B2	02 March 2011
		JP 2010196166 A	09 September 2010
		TW 201042056 A	01 December 2010
		KR 20110089205 A	04 August 2011
		KR 20130029436 A	22 March 2013
		TW I410503 B	01 October 2013
		PH 12011501289 B1	15 July 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/096638

<p>A. 主题的分类</p> <p>C22C 38/58(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)i; C22C 38/54(2006.01)i</p> <p>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</p>																														
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>C22C38/-; C21D8/-</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, ALLOYS, 钢, 合金, 铬, 钼, 镍, 铌, 钛, 钒, 硼, 铝, 钙, 氮, 回火马氏体, steel, alloy?, chrome, chromium, molybdenum, nickel, columbium, niobium, titanium, vanadium, boron, aluminium, aluminum, calcium, nitrogen, tempered martensite, Cr, Mo, Ni, Nb, Ti, V, Al, B, Ca, N</p>																														
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 104513937 A (宝山钢铁股份有限公司) 2015年 4月 15日 (2015 - 04 - 15) 权利要求1-6</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 103014545 A (宝山钢铁股份有限公司) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 说明书摘要</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103014538 A (宝山钢铁股份有限公司) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102605282 A (宝山钢铁股份有限公司) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 2395120 A1 (JFE STEEL CORP) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table> <p><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。</p> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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)</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 104513937 A (宝山钢铁股份有限公司) 2015年 4月 15日 (2015 - 04 - 15) 权利要求1-6	1-6	X	CN 103014545 A (宝山钢铁股份有限公司) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 说明书摘要	1-6	A	CN 103014538 A (宝山钢铁股份有限公司) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 全文	1-6	A	CN 102605282 A (宝山钢铁股份有限公司) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-6	A	EP 2395120 A1 (JFE STEEL CORP) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 全文	1-6	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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	“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)	“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	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“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	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																												
PX	CN 104513937 A (宝山钢铁股份有限公司) 2015年 4月 15日 (2015 - 04 - 15) 权利要求1-6	1-6																												
X	CN 103014545 A (宝山钢铁股份有限公司) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 说明书摘要	1-6																												
A	CN 103014538 A (宝山钢铁股份有限公司) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 全文	1-6																												
A	CN 102605282 A (宝山钢铁股份有限公司) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-6																												
A	EP 2395120 A1 (JFE STEEL CORP) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 全文	1-6																												
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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																													
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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																													
“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)	“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																													
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																													
“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	国际检索报告邮寄日期																													
2016年 3月 4日	2016年 3月 18日																													
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																													
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	聂晓雪																													
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62085018																													

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/096638

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104513937	A	2015年 4月 15日	无			
CN	103014545	A	2013年 4月 3日	CN	103014545	B	2014年 12月 24日
CN	103014538	A	2013年 4月 3日	CN	103014538	B	2015年 10月 28日
CN	102605282	A	2012年 7月 25日	无			
EP	2395120	A1	2011年 12月 14日	WO	2010087509	A1	2010年 8月 5日
				CN	102301025	A	2011年 12月 28日
				EP	2395120	B1	2015年 7月 15日
				CN	102301025	B	2014年 6月 25日
				JP	4640529	B2	2011年 3月 2日
				JP	2010196166	A	2010年 9月 9日
				TW	201042056	A	2010年 12月 1日
				KR	20110089205	A	2011年 8月 4日
				KR	20130029436	A	2013年 3月 22日
				TW	I410503	B	2013年 10月 1日
				PH	12011501289	B1	2015年 7月 15日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)