

(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
2022年2月3日 (03.02.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/022040 A1

(51) 国际专利分类号:
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/08 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/00 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/096629

(22) 国际申请日: 2021年5月28日 (28.05.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010758762.3 2020年7月31日 (31.07.2020) CN

(71) 申请人: 山东钢铁股份有限公司 (SHANDONG IRON AND STEEL COMPANY LTD.) [CN/CN]; 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。

(72) 发明人: 赵培林 (ZHAO, Peilin); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。王中学 (WANG, Zhongxue); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。韩文习 (HAN, Wenxi); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。刘超 (LIU, Chao); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。王建军 (WANG, Jianjun); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。尚国明 (SHANG, Guoming); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。吴会亮 (WU, Huiliang); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。宁伟 (NING, Wei); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。马强 (MA, Qiang); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。

(54) Title: LOW TEMPERATURE-RESISTANT HOT-ROLLED H-TYPE STEEL FOR 355MPa MARINE ENGINEERING AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种355MPa级别海洋工程用耐低温热轧H型钢及其制备方法

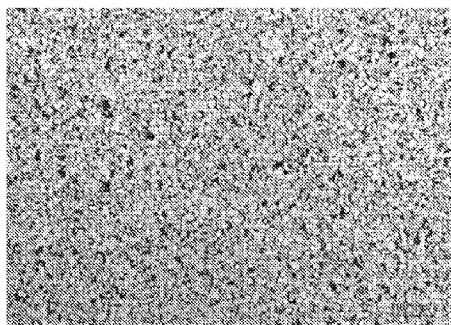


图1

(57) Abstract: A low-temperature-resistant hot-rolled H-type steel for marine engineering and a preparation method therefor. Chemical components of the H-type steel include, in percentage by weight, 0.040-0.070 of C, 0.015-0.30 of Si, 1.20-1.50 of Mn, less than or equal to 0.015 of P, less than or equal to 0.010 of S, 0.02-0.040 of Nb, 0.008-0.025 of Ti, 0.10-0.50 of Ni, 0.015-0.050 of Al, 0.0001-0.0008 of B, less than or equal to 0.04 of As+Sn+Cu+Zn, less than or equal to 0.0040 of N, less than or equal to 0.0015 of T.[O], and the balance of Fe and inevitable impurities. Using composite microalloying to carry out controlled-rolling and controlled-cooling production can achieve batch preparation of products of different shapes and different specifications, and is suitable for production requirements of multi-specification small-batch steels for marine engineering projects in a low temperature environment.

(57) 摘要: 一种海洋工程用耐低温热轧H型钢及其制备方法, H型钢的化学成分, 按重量百分比计, 包括为C: 0.040~0.070; Si: 0.015~0.30; Mn: 1.20~1.50; P≤0.015; S≤0.010; Nb: 0.02~0.040; Ti: 0.008~0.025; Ni: 0.10~0.50; Al: 0.015~0.050; B: 0.0001~0.0008; As+Sn+Cu+Zn≤0.04; N≤0.0040; T.[O]≤0.0015, 其余为Fe及不可避免的杂质。采用复合微合金化进行控轧控冷生产, 可以实现不同坯型不同规格产品的批量制备, 适应于低温环境海洋工程项目用多规格小批量型钢的生产需求。



WO 2022/022040 A1

(CN)。郑力(ZHENG, Li); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。武文健(WU, Wenjian); 中国山东省济南市钢城区府前大街99号, Shandong 271104 (CN)。

(74) 代理人: 北京方安思达知识产权代理有限公司 (FASTA INTELLECTUAL PROPERTY LIMITED); 中国北京市海淀区中关村北二条13号院1号楼5层510室, Beijing 100190 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种 355MPa 级别海洋工程用耐低温热轧 H 型钢及其制备方法

相关申请的交叉参考

该申请要求 2020 年 7 月 31 日提交的中国专利申请号为 202010758762.3 的专利申请的优先权，该专利申请在此被完全引入作为参考。

技术领域

本发明属于冶炼技术、轧制成型技术领域，具体地，本发明涉及一种海洋工程用耐低温热轧 H 型钢及其制备方法。

背景技术

北极南极等极寒地区专用 H 型钢主要应用于建筑、船舶、桥梁、电站设备、水利、能源、化工、起重运输机械及其他较高载荷的钢构件。上述地区环境温度常年在 -50°C 以下，对钢材的要求极为苛刻，尤其是耐低温冲击性能。传统材质的热轧 H 型钢无论从强度、耐低温性能还是焊接使用性方面都完全不能满足该地区的材料使用要求。作为结构材料使用的 H 型钢为一种良好的经济型材料，在极寒地区的应用逐渐增加。作为特殊用途产品，不同企业进行了制备并根据自己装备特点进行了耐低温钢产品的开发。

专利申请 CN102021475A 公开了一种耐低温结构用热轧 H 型钢的制备方法，此发明钢成分重量百分比为：C:0.12~0.22%，Si:0.10~0.4%，Mn:1.1~1.50%， $P\leq 0.025\%$ ， $S\leq 0.025\%$ ，Nb:0.02~0.05%；其余为铁和微量杂质。该发明轧制过程需要轧制变形制度采用大压下量开坯，大压下率终轧，轧制力偏高，造成部分规格不能实现生产；实现末 2 道累积压下率为 30%~40%，将精轧道次变形量控制在 60%~70%，对轧机能力要求高。

专利申请 CN103667910A 公开了一种具有良好低温冲击韧性的热轧 H 型钢及其制造方法，该钢按质量百分比由如下化学成分组成：C:0.05~0.18%，Si:0.15~0.40%，Mn:1.0~1.50%，V:0.010~0.050%，Nb:0.015~0.050%，Ti:0.005~0.025%， $Al\leq 0.035\%$ ， $P\leq 0.020\%$ ， $S\leq 0.015\%$ ，其余为 Fe 及不可避免的杂质。此发明采用 Nb、V、Ti 等多种微合金化元素，对横向冲击韧性没有体现，碳含量高造成焊接性能偏低。较高的碳含量容易出现异常组织，造成冲击韧性出现波动，因此对后续用户应用造成一定影响。

专利申请 CN101255527A 公开了一种具有良好低温冲击韧性的加硼 H 型钢及其制备方法，此发明钢成分重量百分比为：C:0.08~0.20%，Mn:1.00~1.60%，Si:0.10~0.55%， $P\leq 0.025\%$ ，

$S \leq 0.025\%$, $Nb 0.015 \sim 0.035\%$, $B 0.0005 \sim 0.0012\%$, 余量为铁和微量杂质。碳含量过高造成焊接性能偏低; 产品低温温度为纵向 -40°C 。

专利 CN 105018861 B 公开了一种低成本正火轧制热轧 H 型钢及其制备方法, H 型钢的化学成分按重量百分比为 (%): C: 0.04~0.15, Si: 0.15~0.50, Mn: 0.95~1.65, $P \leq 0.020$, $S \leq 0.015$, $Al \geq 0.02$, $Cu \leq 0.55$, $Cr \leq 0.30$, $Ni \leq 0.50$, $Mo \leq 0.10$, $B \leq 0.03$, V: 0.02~0.060, $As+Sn+P+S \leq 0.04$, 其余为 Fe 及不可避免的杂质。此专利中采用单一 V 微合金化, 冲击韧性较低, 裂纹敏感指数较高, 因此对极低环境下的使用受到一定限制。

上述现有技术中, 简单的微合金化不利于提高铸坯表面质量, 对韧性提升受到严重制约; 同时过高的碳含量容易造成焊接缺陷, 引起轧机负荷大, 轧件弯曲和偏头、尺寸不易控制, 对设备要求高, 导致 H 型钢综合性能和成品尺寸合格率比较低。

发明内容

本发明的目的在于克服上述问题, 提供一种 355MPa 级别海洋工程用耐低温热轧 H 型钢及其制备方法, 此钢是一种极地低温环境下海洋工程领域范围内使用的耐低温热轧 H 型钢, 具有制备工艺简单可靠、低温条件下冲击韧性良好、具有较低的焊接裂纹敏感性, 焊接性能优良等特点, 满足了南极北极等极寒地区海上石油平台项目及海洋风电工程等领域热轧 H 型钢材料应用需求。

为达到上述目的, 本发明采用了如下的技术方案:

一种 355MPa 级别海洋工程用耐低温热轧 H 型钢, 所述 H 型钢的化学成分按重量百分比为 (wt%): C: 0.040~0.070; Si: 0.015~0.30; Mn: 1.20~1.50; $P \leq 0.015$; $S \leq 0.010$; Nb: 0.020~0.040; Ti: 0.008~0.025; Ni: 0.10~0.50, Al: 0.015~0.050; B: 0.0003~0.0008; $As+Sn+Cu+Zn \leq 0.04$ 。其余为 Fe 及不可避免的杂质。冶炼过程控制钢中气体按重量百分比计, $N \leq 0.0040$; $T.[O] \leq 0.0015$ 。

所述 H 型钢碳当量指标 $CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \leq 0.37$; 裂纹敏感系数 $P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B \leq 0.20$ 。

作为优选, $0.01 \leq As + Sn + Cu + Zn \leq 0.04$ 。

本发明所述的 355MPa 级别热轧 H 型钢中各化学元素设计原理如下:

碳: 由于该 H 型钢强度要求 355MPa 级别, 一方面低碳成分设计能够确保耐低温 H 型钢细片状珠光体组织占比合理, 提高多边形铁素体的比例, 有利于强度保证前提下韧性的大幅度提升。另一方面, 低碳设计能够避免产生魏氏体及变异珠光体组织, 同时控制在包晶区

以下，易于控制裂纹和偏析组织，因此碳的含量不能太高，控制在 0.05%~0.09%。

硅：Si 是脱氧元素，有助于强度的提高；同时为了保证表面不形成大量含 Si 的 Fe_2SiO_4 从而影响表面质量，将 Si 含量的上限设定为 0.30%以下，优选 0.25%以下，更优选为 0.20%以下。

锰：Mn 元素能够稳定奥氏体组织，增加钢的淬透性，同时以固溶强化的形式提高钢的强度，但是过高容易导致异常组织产生。为了保证强度和裂纹敏感性，优选将 Mn 含量设定为 1.20%以上，更优选为 1.30%以上。Mn 元素在钢中具有较高的偏析倾向，添加过多损害韧性、塑性等力学性能指标。综合各种因素，本 H 型钢中控制 Mn 含量在 1.20~1.50%范围内。

磷：磷元素过高容易在脆化晶界，因此磷控制越低效果越好，提高低温韧性；P 控制在 0.015%以下；

硫：硫元素过高容易产生较多的 MnS 等硫化物，型钢复杂变形最终得到不同形貌的硫化物夹杂，降低低温韧性，因此 $S \leq 0.01\%$ ；

As、Sn、Cu、Zn：作为钢中的残余元素对低温冲击韧性影响较大，同时对表面质量也有很大的影响。因此，As、Sn、Cu、Zn 作为钢中不能完全去除的元素，应该尽量减少其的含量。结合生产实践及设备能力以及成本控制，残余元素下限值不作特别限定，四类主要残余元素总量控制在 $\text{As}+\text{Sn}+\text{Cu}+\text{Zn} \leq 0.04\%$ 范围内。

铝：Al 在低温钢制备过程中作为强脱氧元素添加使用。为了保证钢中氧含量尽可能地低，降低夹杂物含量，并且脱氧后多余的铝还可以和钢中的氮元素能形成 AlN 析出物，其能提高钢的强度并且在热处理加热时能细化奥氏体晶粒。所以，作为脱氧元素和细晶强化元素，在本发明中将铝的含量控制在 0.015~0.050%以内。

钛：钛是强碳氮化物形成元素，进行微 Ti 处理的钢，添加 Ti 有利于固定钢中的 N，所形成的 TiN 能使钢坯加热时奥氏体晶粒不过分长大，从而起到细化原始奥氏体晶粒的作用。TiN 一般高温形成，微钛处理钢 Ti 一般以 TiN 形式存在并发挥作用。同时含 Ti 的析出物在焊接时还可阻止热影响区晶粒长大，也能起到改善成品钢板的焊接性能作用。因此，本发明中选择添加 Ti 控制在 0.008~0.025%以下。

铌：Nb 显著提高奥氏体未再结晶温度，配合控制轧制起到细化晶粒作用。改善钢材的强度，能够显著提高钢的韧性，尤其是低温韧性效果明显；极微量的 Nb 就能显著细化基体组织晶粒并提高强度，本发明中 Nb 含量控制为 0.02~0.040%。

镍：Ni 通过固溶强化提高钢材的强度，也是提高低温韧性极其有效元素，同时能够提高钢在连铸过程中的高温塑性，减少缺陷产生。Ni 一方面起到扩大奥氏体区，提高淬透性

作用，另一方面能够细化珠光体片层细化珠光体，起到细晶强化作用。同时，适量镍也起到一定的耐蚀作用，提高钢材的使用寿命。因此，该钢将 Ni 含量控制在 0.10~0.50% 范围内。

硼：B 元素在钢中显著提高淬透性，提高钢的高温强度，还可改善力学性能、冷变形性能、焊接性能及高温性能等。B 元素添加后形成的针状铁素体能够有效阻止裂纹扩展，从而提高组织的韧性。同时，含 B 析出相能降低磷、硫在晶界的偏聚及其引起的沿晶断裂，也能提高低温韧性。B 元素加入过多会使 B 在晶界的过量析出产生网状的含 B 相，反而影响了晶界强度，降低了冲击韧性。考虑到各方面影响，B 添加 0.0003~0.0008%。

氮：N 含量太高，容易诱发铸坯质量缺陷，本发明要求氮含量 0.0040% 以下。

氧：为了避免形成大颗粒的氧化物夹杂，恶化钢的韧性和塑性，本发明要求全氧含量 $T.[O] \leq 0.0015\%$ 。

所述 H 型钢屈服强度 $\geq 355\text{MPa}$ ，抗拉强度 $\geq 470\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 22\%$ ， -30°C 横向冲击功 $\geq 51\text{J}$ ， -60°C 纵向冲击功 $\geq 110\text{J}$ ，韧脆转变温度低于 -65°C 。

本发明上述热轧耐低温 H 型钢的制备方法主要包括如下步骤：铁水预处理—转炉冶炼—LF 精炼—矩形/方坯浇铸—加热炉再加热—高压水除鳞—控温轧制控制冷却—低温矫直—一定尺锯切—收集码垛。

将铁水、废钢经冶炼、精炼及连铸制成符合成分要求的铸坯，然后通过再加热后轧制成材，轧制过程进行控制轧制与冷却。控制轧制与冷却的主要工艺为：精轧开轧温度 980°C 以下再结晶控轧，精轧累计压下率大于等于 12%。机架间对轧件进行气雾冷却，精轧采取控速轧制，轧速按 1.8~2.5m/s 降速控制，精轧终轧温度控制在 780°C ~ 815°C 。轧件在冷床进行自然冷却，产品温度降至 150°C 以下后，进矫直机进行矫直，轧材成品规格翼缘厚度范围为 8-15mm，不同规格 H 型钢力学性能检测在翼缘部位取样进行。

本发明采用复合微合金化进行控轧控冷，可以实现不同坯型不同规格产品的批量制备，适应于大型海洋工程项目用多规格小批量型钢的生产需求，可以采用微合金化实现 20 个以上不同规格 H 型钢的制备。终轧温度控制在 815°C 以下，严格按照再结晶和部分未再结晶控轧进行组织调控，以得到微细 P+F 组织为主。本发明精轧累计压下率大于 12%，针对不同翼缘厚度进行轧制速度调控以实现组织细化。本发明在普通型钢轧机上就能实现产品的力学性能，尤其是具有良好的极低的横向和纵向耐低温冲击韧性。

本发明采用超低碳设计，避免铸坯出现严重的内部质量缺陷，同时结合再结晶轧制，轧制力降低明显，轧机轧制负荷降低；Ni 元素的添加，改善了铸坯矫直过程中裂纹产生几率通过复合微合金化，更适合生产多规格变截面 H 型钢产品。使用中间包裹棒包技术，较

好解决了铝脱氧浇注过程水口易堵塞问题。

作为优选，本发明还提供了一种热轧耐低温 H 型钢的制备方法，该方法主要包括如下步骤：铁水预处理—转炉冶炼—LF 精炼—矩形/方坯浇铸—加热炉再加热—高压水除鳞—控温轧制—控制冷却—低温矫直—定尺锯切—收集码垛，具体工艺控制包括：

1) 转炉冶炼

采用低硫、低磷高炉铁水；顶底复吹转炉内造渣制度采用单渣工艺冶炼，严格控制终渣碱度和终点目标值；其中，控制终渣碱度为 2.0-3.8，挡渣出钢，出钢过程采用铝锰铁脱氧合金化。出钢过程分批加入脱氧剂、硅铁、金属锰、铌铁合金、镍板等；脱氧合金化完毕从合金溜槽处对准钢流加入合成渣，确保转炉成分达到内控目标要求。

2) LF 精炼操作

采用碳化钙、硅钙钡、铝粒调渣，出站前顶渣要做到白渣或黄白渣。进站取初样后定氧，如 $[O] \leq 20\text{ppm}$ ，如氧位不能达到要求，则调整氧位后喂入钛线；喂钙线前喂入硼线，全程按工艺要求进行底吹氩，前期可根据情况适当调高氩气压力，软吹时间不低于 15 分钟，精炼周期不少于 25 分钟。

3) 连铸

连铸采用全保护浇注工艺，使用大包长水口，加密封圈；中间包采用塞棒包浇铸钢水，控制铸坯拉速，避免水口堵塞，过热度控制在 15~30°C；铸坯拉速为 0.7~1.0m/min；将冶炼好的钢水浇铸成断面多种规格矩形坯或方坯。

4) 加热

坯料采用热送热装入炉再加热，加热及均热温度控制在 1200~1260°C，加热时间 120~180min，然后出炉进行轧制。喷嘴工作压力大于等于 25MPa，清理干净加热炉内加热产生的氧化铁皮，同时保证添加 Ni 元素带来的表面质量问题。

5) 控制轧制与控制冷却

轧制过程进行控制轧制与冷却。控制轧制与冷却的主要工艺为：精轧开轧温度 980°C 以下再结晶控轧，精轧累计压下率大于等于 12%。机架间对轧件进行气雾冷却，精轧采取控速轧制，轧速按 1.8~2.5m/s 降速控制，精轧终轧温度控制在 780°C~815°C。轧件在冷床进行自然冷却，产品温度降至 150°C 以下后，进矫直机进行矫直，轧材成品规格翼缘厚度范围为 8-15mm，不同规格 H 型钢力学性能检测在翼缘部位取样进行。

与现有技术相比，本发明的优势在于：

(1) 超低碳设计，易于在普通轧机上实现轧制，轧制力低，较其他专利中 0.10%以上碳含量的同规格型钢轧制力降低 10%以上，对设备要求降低；同时明显降低碳当量，提高焊接性能；(2) 极低的残余元素控制配合微细组织调控，显著提高了低温韧性；(3) Nb, V, Ti 复合微合金化，同时添加适量的 B, Ni 元素，保证强度前提下，提高了低温冲击韧性，同时一定 Ti 含量能够提高热影响区稳定性；(4) 采用中间包塞棒包控制技术，能够实现 Al 脱氧，提高钢水纯净度，解决了连铸过程水口堵塞问题；本发明能很好解决此类问题。(5) 通过控制轧机速度配合冷却工艺（即：气雾冷却工艺），实现控轧控冷，结合再结晶控轧和部分未再结晶控制，满足基体组织细化，获得超细铁素体和珠光体，整体提升 H 型钢性能；(6) 适应多规格中小耐低温热轧 H 型钢的制备。

附图说明

图 1 为本发明实施例 1 所得 H 型钢组织结构图；
图 2 为本发明实施例 2 所得 H 型钢组织结构图；
图 3 为本发明实施例 3 所得 H 型钢组织结构图。

具体实施方式

结合附图和实施例对本发明的具体实施方式做进一步描述。

实施例 1~3

采用矩形坯冶炼及轧制成型过程控制参数如表 1 所示。

表 1 实施例 1~3 H 型钢冶炼及轧制成型过程控制参数

编号	控制工序	控制要点		
		实施例 1	实施例 2	实施例 3
1	冶炼终点成分	炼钢工序冶炼终点控制终渣碱度为 3.0, $[S]=0.009\%$ $[P]=0.013\%$ $As+Sn+Cu+Zn=0.016$ $[O]=8\text{ppm}$	炼钢工序冶炼终点终渣碱度为 3.2, $[S]=0.006\%$ $[P]=0.011\%$; $As+Sn+Cu+Zn=0.021$ $[O]=9\text{ppm}$	炼钢工序冶炼终点控制终渣碱度为 3.5, $[S]=0.004\%$ $[P]=0.012\%$ $As+Sn+Cu+Zn=0.014$ $[O]=7\text{ppm}$
2	连铸	中间包采用塞棒包，铸坯拉速 0.8 m/min；结晶器采用电磁搅拌，保证良好的铸坯内部质量。将按化学成分设计冶炼好的钢水浇铸成断面为 240*375 规格矩形坯；	中间包采用塞棒包，铸坯拉速 0.85 m/min；结晶器采用电磁搅拌，保证良好的铸坯内部质量。将按化学成分设计冶炼好的钢水浇铸成断面 180*220mm，规格矩形坯；	中间包采用塞棒包，铸坯拉速 0.89m/min；结晶器采用电磁搅拌，保证良好的铸坯内部质量。将按化学成分设计冶炼好的钢水浇铸成断面为 275*380mm 规格矩形坯；
3	加热	坯料热送热装入炉加热，加热温度 1225℃，加热时间 165min，出炉进行轧	坯料热送热装入炉加热，加热温度 1220℃，加热时间 150min，出炉进行轧	坯料热送热装入炉加热，加热温度 1230℃，加热时间 180min，出炉进行轧

		制；	制；	制；
4	控轧	粗轧开轧温度 1180°C，粗轧开启水冷却装置冷却，粗轧往复轧制 11 道次，精轧开轧温度 970°C，精轧开启水冷却装置冷却，精轧累计压下率不小于 12%。精轧采取降速轧制，气雾冷却，轧速按 1.9m/s 降速控制，精轧经连续 7 架轧机轧制完成，终轧温度控制在 790°C，轧件在冷床进行自然冷却，产品温度降至 150°C 以下，进矫直机矫直，轧制产品规格 240*120*6.5*9.8mm。	粗轧开轧温度 1200°C，粗轧开启水冷却装置冷却，粗轧往复轧制 11 道次，精轧开轧温度 980°C，精轧开启水冷却装置冷却，精轧累计压下率不小于 12%。精轧采取降速轧制，气雾冷却，轧速按 2.0m/s 降速控制，精轧经连续 7 架轧机轧制完成，终轧温度控制在 800°C，轧件在冷床进行自然冷却，产品温度降至 150°C 以下后，进矫直机进行矫直，轧制产品规格为 300*150*7.1*10.7mm。	粗轧开轧温度 1180°C，粗轧开启水冷却装置冷却，粗轧往复轧制 11 道次，精轧开轧温度 975°C，精轧开启水冷却装置冷却，精轧累计压下率不小于 12%。精轧采取降速轧制，采用气雾冷却，轧速按 2.2m/s 降速控制，精轧经连续 7 架轧机轧制完成，终轧温度控制在 815°C，轧件在冷床进行自然冷却，产品温度降至 150°C 以下后，进矫直机进行矫直，轧制产品规格为 400*180*8.6*13.5mm。
5	控冷	对轧制完毕的轧件产品在运输辊道上自然冷却后，进入冷床自然冷却或风冷，轧件产品温度降至 100°C 以下后，送入矫直机进行矫直，矫直温度 70°C，最后将轧件切成定尺材、码垛、打捆。	对轧制完毕的轧件产品在运输辊道上自然冷却后，进入冷床自然冷却或风冷，轧件产品温度降至 100°C 以下后，送入矫直机进行矫直，矫直温度 70°C，最后将轧件切成定尺材、码垛、打捆。	对轧制完毕的轧件产品在运输辊道上自然冷却后，进入冷床自然冷却或风冷，轧件产品温度降至 100°C 以下后，送入矫直机进行矫直，矫直温度 70°C，最后将轧件切成定尺材、码垛、打捆。
6	组织检测	产品组织为铁素体+珠光体，晶粒度 9.5~10 级。	产品组织为铁素体+珠光体，晶粒度在 9.5 级。	产品组织为铁素体+珠光体，晶粒度 9~9.5 级。

实施例 1~3 具体化学成分参见表 2。

表 2 为实施例 1~3 化学成分及碳当量和裂纹敏感系数

成分元素	实施例 1	实施例 2	实施例 3
C	0.05	0.04	0.06
Si	0.28	0.25	0.29
Mn	1.40	1.39	1.38
P	0.013	0.011	0.012
S	0.009	0.006	0.004
Al	0.024	0.030	0.046
Nb	0.027	0.032	0.030
Ti	0.016	0.011	0.015
Ni	0.16	0.22	0.25
B	0.0003	0.0005	0.0007

CEV	0.28	0.27	0.29
Pcm	0.15	0.13	0.15

连铸过程具体工艺参数见表 3。

表 3：连铸过程工艺参数

实施例	液相线温度/°C	上钢温度/°C	中包温度/°C			拉速/m·min ⁻¹			过热度/°C
实施例 1	1516	1565	1532	1533	1527	0.79	0.78	0.77	22
实施例 1	1520	1564	1535	1538	1531	0.75	0.71	0.70	20
实施例 1	1530	1570	1540	1538	1542	0.85	0.88	0.82	21

对所得产品进行性能检验，力学性能所用的试样取样位置在 H 型钢翼缘上，由边部到心部 1/3 处，参照标准为 BS EN ISO 377-1997 《力学性能试验试样的取样位置和制备》；屈服强度、抗拉强度、延伸率的试验方法参照标准 ISO 6892-1-2009 《金属材料 室温拉伸试验方法》；冲击功试验方法参照标准 ISO 148-1 《金属材料夏比摆锤冲击试验》，结果参见表 4。

表 4：轧材力学性能记录表

实施例		实施例 1	实施例 2	实施例 3
规格		240*120*6.5*9.8	300*150*7.1*10.7	400*180*8.6*13.5
屈服强度/MPa		395	388	385
抗拉强度/MPa		514	491	489
延伸率 (%)		29.5	30.5	31
-30°C 横向 冲击功/J	1	98	75	71
	2	91	68	68
	3	99	81	82
	平均	96	75	74
-60°C 纵向 冲击功/J	1	170	156	140
	2	185	146	138
	3	197	139	120
	平均	154	147	132

本发明未详细说明的内容均可采用本领域的常规技术知识。

最后所应说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应该理解，对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，都不脱离本发明技术方案的精神和范围，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

权利要求

1、一种 355MPa 级别海洋工程用耐低温热轧 H 型钢，其特征在于，所述型钢的化学成分，按重量百分比计，包括为 C：0.040~0.070；Si：0.015~0.30；Mn：1.20~1.50；P≤0.015；S≤0.010；Nb：0.020~0.040；Ti：0.008~0.025；Ni：0.10~0.50，Al：0.015~0.050；B：0.0003~0.0008；As+Sn+Cu+Zn≤0.04。其余为 Fe 及不可避免的杂质，冶炼过程控制钢中气体按重量百分比计，N≤0.0040；T.[O]≤0.0015。

2、一种权利要求 1 所述的 355MPa 级别海洋工程用耐低温热轧 H 型钢的制备方法，包括以下步骤：

将铁水、废钢经冶炼、精炼及连铸制成铸坯，然后坯料加热及均热温度控制在 1180~1250°C，加热时间 120~180min，然后出炉进行轧制；粗轧开轧温度控制在 1150°C 以上，精轧前待温处理，精轧开轧温度 980°C 以下再结晶控轧；精轧终轧温度控制在 780°C~815°C，轧件在冷床进行冷却，产品温度降至 150°C 以下后，进矫直机进行矫直。

3、根据权利要求 2 所述的制备方法，其特征在于，精轧累计压下率大于等于 12%。

4、根据权利要求 2 所述的制备方法，其特征在于，所述中精轧采取控速轧制，轧速按 1.8~2.5m/s 降速控制。

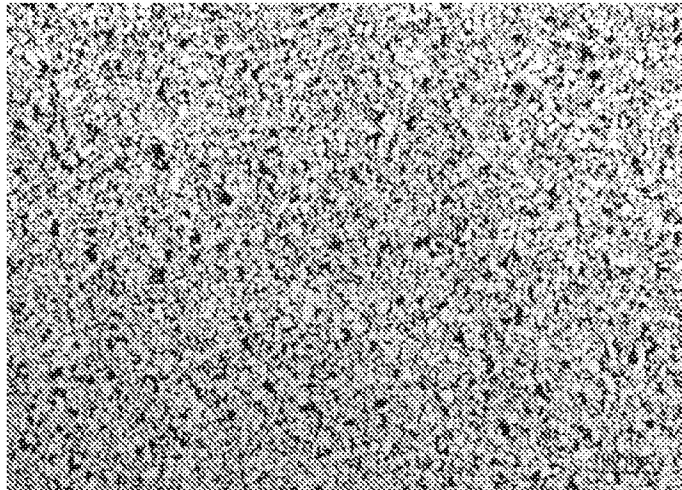


图 1

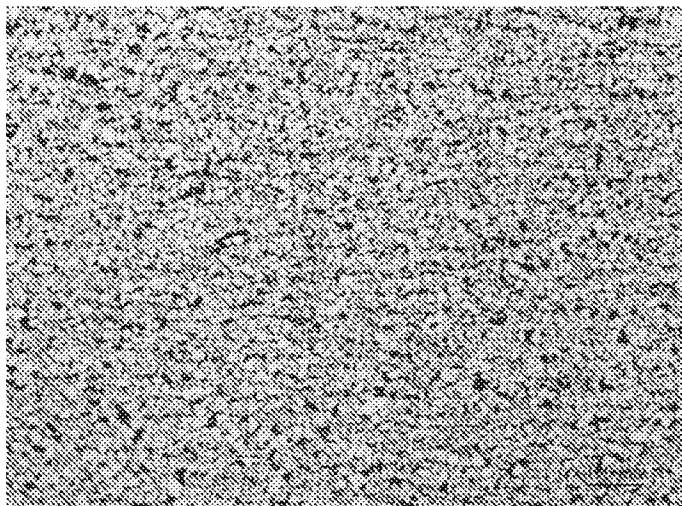


图 2

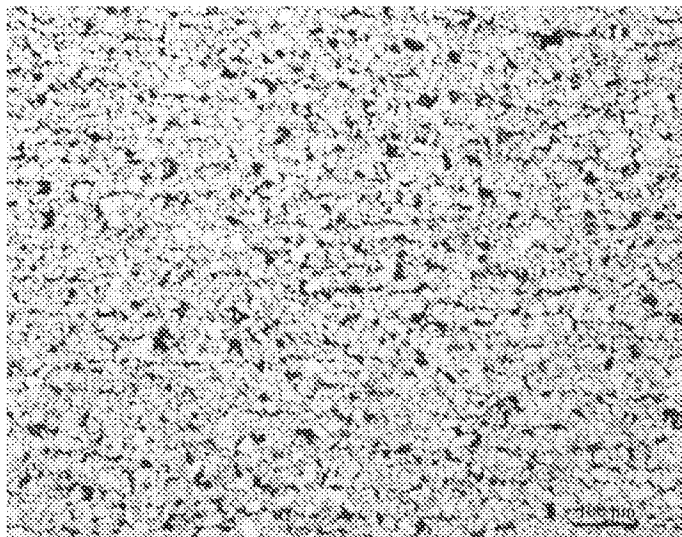


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/096629

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
C22C 38/02(2006.01)i; C22C 38/04(2006.01)i; C22C 38/06(2006.01)i; C22C 38/08(2006.01)i; C21D 8/00(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) C22C, C21D		
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, DWPI, ISI Web of Science, 中国期刊全文数据库: 培林, 韩文习, 刘超, 王建军, 尚国明, 吴会亮, 宁伟, 马强, 郑力, 山东钢铁, 海洋, 低温, H, 钢, 碳, 硅, 锰, 铌, 钛, 镍, 铝, 硼, 粗轧, 开轧, 精轧, 冷却, C, Si, Mn, Nb, Ti, Ni, Al, B, carbon, silicon, manganese, niobium, titanium, nickel, aluminum, boron, roll+, low temperature, steel		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111945064 A (SHANDONG IRON AND STEEL CO., LTD.) 17 November 2020 (2020-11-17) claims 1-4	1-4
Y	CN 103540844 A (LAIWU IRON & STEEL GROUP CO., LTD.) 29 January 2014 (2014-01-29) description, paragraphs 9-25	1-4
Y	CN 101812632 A (LAIWU STEEL CO., LTD.) 25 August 2010 (2010-08-25) description paragraphs 11-34, 46	1-4
Y	CN 102277529 A (LAIWU IRON & STEEL GROUP CO., LTD.) 14 December 2011 (2011-12-14) description paragraphs 8-22, 75	1-4
Y	CN 103834861 A (LAIWU IRON & STEEL GROUP CO., LTD.) 04 June 2014 (2014-06-04) description, paragraphs 5-8	1-4
Y	CN 104073731 A (ANGANG STEEL COMPANY LIMITED) 01 October 2014 (2014-10-01) description, paragraphs 8-23	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 13 August 2021		Date of mailing of the international search report 26 August 2021
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/096629

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017115200 A (NIPPON STEEL CORP.) 29 June 2017 (2017-06-29) entire document	1-4
A	JP 5448629 A (NIPPON STEEL CORP.) 17 April 1979 (1979-04-17) entire document	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/096629

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111945064	A	17 November 2020	None			
CN	103540844	A	29 January 2014	CN	103540844	B	06 April 2016
CN	101812632	A	25 August 2010	CN	101812632	B	23 May 2012
CN	102277529	A	14 December 2011	None			
CN	103834861	A	04 June 2014	None			
CN	104073731	A	01 October 2014	CN	104073731	B	22 February 2017
JP	2017115200	A	29 June 2017	JP	6665525	B2	13 March 2020
JP	5448629	A	17 April 1979	JP	S6043412	B2	27 September 1985

<p>A. 主题的分类</p> <p>C22C 38/02(2006.01)i; C22C 38/04(2006.01)i; C22C 38/06(2006.01)i; C22C 38/08(2006.01)i; C21D 8/00(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>C22C, C21D</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, DWPI, ISI Web of Science, 中国期刊全文数据库: 培林, 韩文习, 刘超, 王建军, 尚国明, 吴会亮, 宁伟, 马强, 郑力, 山东钢铁, 海洋, 低温, H, 钢, 碳, 硅, 锰, 铌, 钛, 镍, 铝, 硼, 粗轧, 开轧, 精轧, 冷却, C, Si, Mn, Nb, Ti, Ni, Al, B, carbon, silicon, manganese, niobium, titanium, nickel, aluminum, boron, roll+, low temperature, steel</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 111945064 A (山东钢铁股份有限公司) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103540844 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第9-25段</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101812632 A (莱芜钢铁股份有限公司) 2010年 8月 25日 (2010 - 08 - 25) 说明书第11-34、46段</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102277529 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 说明书8-22段、75段</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103834861 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 说明书5-8段</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104073731 A (鞍钢股份有限公司) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 说明书8-23段</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </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 111945064 A (山东钢铁股份有限公司) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-4	1-4	Y	CN 103540844 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第9-25段	1-4	Y	CN 101812632 A (莱芜钢铁股份有限公司) 2010年 8月 25日 (2010 - 08 - 25) 说明书第11-34、46段	1-4	Y	CN 102277529 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 说明书8-22段、75段	1-4	Y	CN 103834861 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 说明书5-8段	1-4	Y	CN 104073731 A (鞍钢股份有限公司) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 说明书8-23段	1-4
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 111945064 A (山东钢铁股份有限公司) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-4	1-4																					
Y	CN 103540844 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第9-25段	1-4																					
Y	CN 101812632 A (莱芜钢铁股份有限公司) 2010年 8月 25日 (2010 - 08 - 25) 说明书第11-34、46段	1-4																					
Y	CN 102277529 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 说明书8-22段、75段	1-4																					
Y	CN 103834861 A (莱芜钢铁集团有限公司) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 说明书5-8段	1-4																					
Y	CN 104073731 A (鞍钢股份有限公司) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 说明书8-23段	1-4																					
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2021年 8月 13日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2021年 8月 26日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>曾彩霞</p> <p>电话号码 86-(10)-53962798</p>																					

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 2017115200 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 2017年 6月 29日 (2017 - 06 - 29) 全文	1-4
A	JP 5448629 A (NIPPON STEEL CORP.) 1979年 4月 17日 (1979 - 04 - 17) 全文	1-4

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/096629

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	111945064	A	2020年 11月 17日	无			
CN	103540844	A	2014年 1月 29日	CN	103540844	B	2016年 4月 6日
CN	101812632	A	2010年 8月 25日	CN	101812632	B	2012年 5月 23日
CN	102277529	A	2011年 12月 14日	无			
CN	103834861	A	2014年 6月 4日	无			
CN	104073731	A	2014年 10月 1日	CN	104073731	B	2017年 2月 22日
JP	2017115200	A	2017年 6月 29日	JP	6665525	B2	2020年 3月 13日
JP	5448629	A	1979年 4月 17日	JP	S6043412	B2	1985年 9月 27日