

(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
2018 年 3 月 8 日 (08.03.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/040859 A1

(51) 国际专利分类号:

C22C 38/04 (2006.01) *C22C 38/14* (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) *C22C 38/06* (2006.01)
C22C 38/18 (2006.01) *C22C 38/32* (2006.01)
C22C 38/16 (2006.01) *C21D 8/02* (2006.01)
C22C 38/08 (2006.01) *C21D 1/18* (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/096431

(22) 国际申请日: 2017 年 8 月 8 日 (08.08.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610766800.3 2016 年 8 月 31 日 (31.08.2016) CN

(71) 申请人: 南京钢铁股份有限公司(NANJING IRON & STEEL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu 210035 (CN)。

(72) 发明人: 郑建平(ZHENG, Jianping); 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu 210035 (CN)。 闫强军(YAN, Qiangjun); 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu 210035 (CN)。 姜在伟(JIANG, Zaiwei); 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu

210035 (CN)。 陈林恒(CHEN, Linheng); 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu 210035 (CN)。 王新(WANG, Xin); 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu 210035 (CN)。 张仪杰(ZHANG, Yijie); 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu 210035 (CN)。 王思聪(WANG, Sicong); 中国江苏省南京市六合区卸甲甸, Jiangsu 210035 (CN)。

(74) 代理人: 南京利丰知识产权代理事务所(特殊普通合伙)(NANJING LI & FENG INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (SPECIAL GENERAL PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市秦淮区中华路 50 号江苏国际经贸大厦 1801 室, Jiangsu 210001 (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, 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,

(54) Title: LARGE-THICKNESS Q960E ULTRA-HIGH STRENGTH STEEL PRODUCTION METHOD

(54) 发明名称: 一种大厚度Q960E超高强钢生产方法

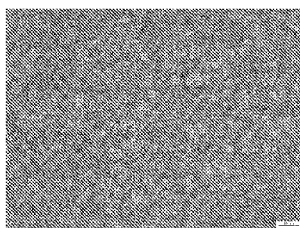


图 1 (a)

(57) Abstract: A 70 mm-thickness Q960E ultra high strength steel production method comprises steps of slab heating, quenching and tempering. A chemical composition of the steel comprises C: 0.14-0.16%, Si: 0.2-0.3%, Mn: 1.1-1.2%, P ≤ 0.008%, S ≤ 0.0015%, Cr: 0.4-0.6%, Cu ≤ 0.1%, Ni: 0.6-0.8%, Mo: 0.1-0.3%, Nb: 0.02-0.04%, Ti: 0.01-0.02%, V: 0.04-0.06%, B: ≤ 0.0015%, Al: 0.025-0.04%, Ceq ≤ 0.61%, the balance being Fe and unavoidable impurities. A quenching temperature is 880-890 °C, a tempering temperature is 590-600 °C. A yield strength of the steel is ≥ 1000 MPa, a tensile strength of the steel is ≥ 1050 MPa.

(57) 摘要: 一种厚度为 70mm 的 Q960E 超高强钢生产方法, 包括铸坯加热、淬火和回火步骤, 钢的化学成分为: C: 0.14-0.16%, Si: 0.2-0.3%, Mn: 1.1-1.2%, P ≤ 0.008%, S ≤ 0.0015%, Cr: 0.4-0.6%, Cu ≤ 0.1%, Ni: 0.6-0.8%, Mo: 0.1-0.3%, Nb: 0.02-0.04%, Ti: 0.01-0.02%, V: 0.04-0.06%, B: ≤ 0.0015%, Al: 0.025-0.04%, Ceq ≤ 0.61%, 余量为 Fe 及不可避免的杂质; 淬火温度为 880-890 °C, 回火温度为 590-600 °C。钢的屈服强度 ≥ 1000MPa, 抗拉强度 ≥ 1050MPa。

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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法

技术领域

本发明涉及一种超高强钢材生产方法，具体的说是一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法，属于钢铁技术领域。

5 背景技术

超高强度钢是一种资源节约型同时也是一种技术含量高、附加值高的产品，随着国内大型工程的大力发展，Q890D 及以上等级的高强钢在工程机械、矿山开采、起重矿车、海洋平台等方面得到了大力应用，其特点是：结构简单，自重轻，安全性高，能够承载较大的动、静态载荷，服役时间较长；然而，由于国内铸坯受厚度影响，大厚度结构件目前只能采用常规 Q345-Q550 系列低合金结构钢代替，而此类结构钢因为强度低，在苛刻的服役条件下，使用强度不高，易出现工程事故；为此，针对大型工程结构钢件，国内企业只能花高价进口大厚度的超高强钢；

国内很多钢厂均在研究 Q960 及以上超高强钢的生产工艺，但对于大厚度 Q960E 超高强钢目前尚未有实质性的报道，已公布的专利文献内容中产品在实际工程应用更是微乎其微，本申请介绍了一种大厚度的 Q960E 超高强钢生产方法，且应用到国内某大型吊车底座，使用性能得到行业内的认可。

公开号为 CN102560274A 的专利公开了一种屈服强度 1000MPa 级调质超高强钢及其生产方法，通过合理的成分设计，经过调质，得到合理的性能，但该专利公布的生产厚度为 12-50mm，且-40℃冲击功比较低，仅为 60J 以下，韧性不好；

公开号为 CN102134680A 的专利公开了一种屈服强度 960MPa 级超高强钢及其生产方法，采用低碳+1.05%Cr 合金设计，通过调质热处理得到了屈服强度达到 960MPa 以上的强度，但整个生产方法采用热连轧工艺及生产的厚度仅为 8mm，生产工序繁琐且生产方法仅为实验室的数据；

考虑到性能最优的 70mm 的大厚度 Q960E 超高强度结构钢板不仅要求较高的强度和韧性性能，还要求有良好的焊接性能，所有的要求均要易于生产且成本较低；因此，本申请针对 70mm 的大厚度 Q960E 超高强度钢板的化学成分和生产工艺进行了研究，设计了一种大厚度 Q960E

超高强钢生产方法。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是，克服现有技术的缺点，提供一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法，该生产方法简单易行，生产工序流程短，成本低，生产出的钢力学性能优良，大厚度，高强度，良好的塑性、冲击功值以及良好的焊接性能。

为了解决以上技术问题，本发明提供一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法，该生产方法包括以下流程：铁水脱硫预处理-转炉冶炼-LF+RH 精炼-连铸-铸坯堆垛缓冷-铸坯检验-铸坯判定-铸坯验收-铸坯加热-除鳞-轧制-空冷-探伤-抛丸-淬火-回火-矫直-切割、取样-喷印标识-检验-入库，其中：

10 (1) 该超高强钢的化学成分按重量百分比计包括：C：0.14-0.16%，Si：0.2-0.3%，Mn：1.1-1.2%， $P \leq 0.008\%$ ， $S \leq 0.0015\%$ ，Cr：0.4-0.6%， $Cu \leq 0.1\%$ ，Ni：0.6-0.8%，Mo：0.1-0.3%，Nb：0.02-0.04%，Ti：0.01-0.02%，V：0.04-0.06%， $B \leq 0.0015\%$ ，Al：0.025-0.04%， $Ceq \leq 0.61\%$ ，余量为 Fe 及不可避免的杂质；

该超高强钢的化学成分中碳当量 Ceq （百分比）按以下公式计算：

15 $Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 \leq 0.61$ ；

(2) 对铸坯加热，加热段温度为 1240-1250℃，均热段温度控制在 1220℃，出钢温度介于 1180-1200℃，在炉时间为 350-420min，二阶段开轧温度 $\leq 1050^\circ\text{C}$ ，成品厚度为 70mm，待温铸坯厚度控制在 $\geq 133\text{mm}$ ，二阶段终轧温度 850-860℃，轧后空冷；

20 (3) 进行调质热处理，淬火温度控制在 880-890℃，升温速率为 $1.5 \pm 0.1\text{min/mm}$ ，在炉时间为 125-135min，回火温度控制在 590-600℃，升温速率为 $2.5 \pm 0.1\text{min/mm}$ ，在炉时间为 220-230min，缓冷至室温；

(4) 热轧态矫直时先在 790-830℃ 下进行预矫。

本发明进一步限定的技术方案是：

进一步的，前述大厚度 Q960E 超高强钢生产方法中，该超高强钢的化学成分按重量百分比计包括：C：0.16%，Si：0.23%，Mn：1.19%， $P \leq 0.005\%$ ， $S \leq 0.0012\%$ ， $Cu \leq 0.1\%$ ，Cr：

25

0.45%，Ni：0.78%，Mo：0.2%，Nb：0.02%，Ti：0.013%，V：0.044%，B：0.0012%，Al：0.033%，Ceq：0.55%，余量为Fe及不可避免的杂质。

前述大厚度 Q960E 超高强钢生产方法中，在对铸坯进行轧制时采用二阶段轧制法，一阶段轧制形变率 $\geq 55\%$ ，二阶段轧制形变率 $\geq 45\%$ 。

- 5 前述大厚度 Q960E 超高强钢生产方法中，该超高强钢的力学性能达到以下水平：屈服强度 $\geq 1000\text{MPa}$ ，抗拉强度 $\geq 1050\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 13\%$ ， -40°C ，Ak_v 冲击功值 $\geq 90\text{J}$ ；显微组织为回火索氏体组织，晶粒尺寸控制在 $10\mu\text{m}$ – $12\mu\text{m}$ ，晶粒度控制在 8–9 级。

本发明的有益效果是：

- (1) 通过中碳加少量的铬、镍、钼合金、Nb+Ti+V+B 微合金化成份设计，碳当量为 ≤ 0.61 ，
10 生产工序流程短，成本低；(2) 本方法采用合理的控轧工艺生产厚度达到 70mm 的超高强钢，通过最优的调质热处理工艺，各力学性能指标均达到国内某大型企业工程机械对材料设计的要求，屈服强度 $\geq 1000\text{MPa}$ ，抗拉强度 $\geq 1050\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 13\%$ ， -40°C ，Ak_v 冲击功值 $\geq 90\text{J}$ ；(3) 该发明方法成功解决了 70mm 的大厚度超高强钢的高强度低塑性、低冲击功值以及高碳当量对焊接性能影响的技术难点，制备出的钢力学性能优良，大厚度，高强度，良好的塑性、冲击功值以及良好的焊接性能；(4) 该发明方法成功解决了在粗轧机轧制力为 5000
15 吨、精轧机轧制力为 4000 吨四辊可逆的 2800mm 轧机生产线能够生产高强度、高韧性大厚度的 Q960E 高强钢，应用到国内大型工程机械设备，大大降低了依赖进口高成本费用；(5) 由于 70mm 厚度钢板轧后强度较高，需要在 $790\text{--}830^\circ\text{C}$ 进行预矫，保证原始板形，在坚持低成本生产要求的基础上，确保淬火能淬透，在成分设计中采用中碳加少量的提高淬透性的 Cr、B
20 元素从而可以提高冷速设计思路解决生产高等级设备要求；(6) 由于实验钢强度高，70mm 钢板采用高温大压下模式进行控轧，整体压缩比 >4 倍，故选用 320mm 厚度坯料，且均热温度控制在 1220°C 左右，在炉时间适当延长，确保坯料钢温整体均匀，避免出现“红黑”相间的钢温；(7) 由于成品厚度为 70mm，在轧制过程中为避免出现心部偏析，影响强度和冲击值，故采用二阶段轧制方法，且一阶段轧制形变率 $\geq 55\%$ ，二阶段总形变率 $\geq 45\%$ ，确保表面到心
25 部组织无明显差异性。

附图说明

图 1 (a) 为本发明的大厚度 Q960E 超高强钢 1/4 厚度处金相组织照片；

图 1 (b) 为本发明的大厚度 Q960E 超高强钢 1/2 厚度处金相组织照片。

具体实施方式

实施例 1

本实施例提供的一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法，该生产方法包括以下流程：铁水
5 脱硫预处理-转炉冶炼-LF+RH 精炼-连铸-铸坯堆垛缓冷-铸坯检验-铸坯判定-铸坯验收-铸坯
加热-除鳞-轧制-空冷-探伤-抛丸-淬火-回火-矫直-切割、取样-喷印标识-检验-入库，其中：

(1) 该超高强钢的化学成分按重量百分比计包括：C：0.15%，Si：0.28%，Mn：1.15%，
P≤0.008%，S≤0.0015%，Cu≤0.1%，Cr：0.59%，Ni：0.61%，Mo：0.28%，Nb：0.023%，
Ti：0.018%，V：0.058%，B：0.0014%，Al：0.025%，Ceq：0.57%，余量为 Fe 及不可避免
10 的杂质；

该超高强钢的化学成分中碳当量 Ceq（百分比）按以下公式计算：

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 \leq 0.61;$$

(2) 对铸坯加热，加热段温度为 1240-1250℃，均热段温度控制在 1207℃，出钢温度介
于 1195℃，在炉时间为 405min，二阶段开轧温度 886℃，成品厚度为 70mm，待温铸坯厚度
15 133mm，二阶段终轧温度 856℃，轧后空冷；

(3) 进行调质热处理，淬火温度控制在 887℃，升温速率为 1.4min/mm，在炉时间为
122min，回火温度控制在 599℃，升温速率为 2.4min/mm，在炉时间为

221min，缓冷至室温；

(4) 热轧态矫直时先在 828℃下进行预矫。

20 在本实施例中：在对铸坯进行轧制时采用二阶段轧制法，一阶段轧制形变率≥55%，二阶
段轧制形变率≥45%；生产出的该超高强钢的力学性能达到以下水平，具体见下表 1：

表 1 力学性能

钢板厚度	屈服强度 (MPa)	标准要求 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	标准要求 (MPa)	延伸率 (%)	标准要求 (%)	冲击功值/冲击均值 (-40℃, Akv)	标准要求 (-40℃, Akv)
70mm	1025	≥970	1082	980-1120	15.5	≥12	98、97、101/99	≥30

屈服强度≥1000MPa，抗拉强度≥1050MPa，延伸率≥13%，-40℃，Akv 冲击功值≥90J；显微组织为回火索氏体组织，晶粒尺寸控制在 10 μ m-12 μ m，晶粒度控制在 8-9 级。

实施例 2

本实施例提供的一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法，该生产方法包括以下流程：铁水
5 脱硫预处理-转炉冶炼-LF+RH 精炼-连铸-铸坯堆垛缓冷-铸坯检验-铸坯判定-铸坯验收-铸坯加热-除鳞-轧制-空冷-探伤-抛丸-淬火-回火-矫直-切割、取样-喷印标识-检验-入库，其中：

(1) 该超高强钢的化学成分按重量百分比计包括：C：0.16%，Si：0.23%，Mn：1.19%，
P≤0.005%，S≤0.0012%，Cu≤0.1%，Cr：0.45%，Ni：0.78%，Mo：0.2%，Nb：0.02%，Ti：
0.013%，V：0.044%，B：0.0012%，Alt：0.033%，Ceq：0.55%，余量为 Fe 及不可避免的杂
10 质；

(2) 选用 320mm 厚的铸坯，对铸坯加热，加热段温度为 1240-1250℃，均热段温度控制在 1220℃，出钢温度介于 1180℃，在炉时间为 373min，二阶段开轧温度 890℃，成品厚度为 70mm，待温铸坯厚度控制为≥133mm，二阶段终轧温度 854℃，轧后空冷；

(3) 进行调质热处理，淬火温度控制在 881℃，升温速率为 1.5min/mm，在炉时间为
15 130min，回火温度控制在 595℃，升温速率为 2.5min/mm，在炉时间为 223min，缓冷至室温；

(4) 热轧态矫直时先在 798℃下进行预矫。

在本实施例中：在对铸坯进行轧制时采用二阶段轧制法，一阶段轧制形变率≥55%，二阶段轧制形变率≥45%；生产出的该超高强钢的力学性能达到以下水平见表 2 所示：

表 2 力学性能

钢板 厚度	屈服 强度 (MPa)	标准 要求 (MPa)	抗拉 强度 (MPa)	标准要求 (MPa)	延伸 率(%)	标准 要求 (%)	冲击功值/ 冲击均值 (-40 °C, Akv)	标准要求 (-40 °C, Akv)
70mm	1010	≥970	1065	980-1120	14	≥12	90、95、 100/95	≥30

实施例 3

本实施例提供的一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法，该生产方法包括以下流程：铁水
脱硫预处理-转炉冶炼-LF+RH 精炼-连铸-铸坯堆垛缓冷-铸坯检验-铸坯判定-铸坯验收-铸坯
5 加热-除鳞-轧制-空冷-探伤-抛丸-淬火-回火-矫直-切割、取样-喷印标识-检验-入库，其中：

(1) 该超高强钢的化学成分按重量百分比计包括：C：0.14%，Si：0.25%，Mn：1.1%，
P≤0.008%，S≤0.0015%，Cu≤0.1%，Cr：0.4%，Ni：0.8%，Mo：0.1%，Nb：0.039%，Ti：
0.015%，V：0.04%，B：0.0011%，Al_T：0.038%，C_{eq}：0.48%，余量为 Fe 及不可避免的杂
质；

10 该超高强钢的化学成分中碳当量 C_{eq}（百分比）按以下公式计算：

$$C_{eq}=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Cu+Ni)/15\leq 0.61;$$

(2) 对铸坯加热，加热段温度为 1240-1250℃，均热段温度控制在 1210℃，出钢温度介
于 1189℃，在炉时间为 378min，二阶段开轧温度 887℃，成品厚度为 70mm，待温铸坯厚度
133mm，二阶段终轧温度 858℃，轧后空冷；

15 (3) 进行调质热处理，淬火温度控制在 885℃，升温速率为 1.5min/mm，在炉时间为
125min，回火温度控制在 591℃，升温速率为 2.6min/mm，在炉时间为
228min，缓冷至室温；

(4) 热轧态矫直时先在 825℃下进行预矫。

在本实施例中：在对铸坯进行轧制时采用二阶段轧制法，一阶段轧制形变率≥55%，二阶
20 段轧制形变率≥45%；生产出的该超高强钢的力学性能达到以下水平，见表 3 所示：

表 3 力学性能

钢板厚度	屈服强度 (MPa)	标准要求 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	标准要求 (MPa)	延伸率 (%)	标准要求 (%)	冲击功值/冲击均值 (-40℃, Akv)	标准要求 (-40℃, Akv)
70mm	1035	≥970	1079	980-1120	13.5	≥12	93、98、103/98	≥30

屈服强度≥1000MPa，抗拉强度≥1050MPa，延伸率≥13%，-40℃，Akv 冲击功值≥90J；

图 1 的 (a) 和 (b) 为通过加热温度：595℃，升温速率：2.5min/mm，加热时间为：223min，回火后的金相组织，从图中的组织可以看出，从 1/4 厚度处到 1/2 处金相组织，显微组织为回火索氏体组织，从 1/4 厚度处到心部均为回火索氏体组织，且晶粒尺寸控制在 10 μ m-12 μ m，晶粒度达到 8-9 级。

本发明通过中碳和少量铬、镍、钼合金、铌+钒+钛+硼微合金化的成份设计，配合合理的控轧工艺、调质热处理工艺，开发出 70mm 厚度的 Q960E 超高强度钢，经过控轧、调质热处理后，其力学性能中屈服强度≥1000MPa，抗拉强度≥1050MPa，延伸率≥13%，-40℃，Akv 冲击功值≥90J；由于国标对 70mm 厚度 Q960E 超高强度尚未有力学性能标准规定，本发明所获得的这些强度和塑韧性指标均达到国内某大型企业工程机械其力学性能的设计标准，由于强度高，厚度大，在实际工业生产过程中，对轧制设备和淬火机冷却能力要求较高，同时由于 2800mm 双机架轧机为粗轧机轧制力为 5000 吨、精轧机轧制力为 4000 吨的可逆四辊轧机组合，轧制力低，在生产过程中不能满足大压下轧制要求，易造成原始晶粒尺寸粗大，甚至出现混晶现象，从而严重影响强度和低温韧性相匹配的力学性能，通过中碳加淬透性较高的合金元素成分设计，从而弥补了满足常规轧制生产线因装备能力有限不能够生产高强度、高韧性、高焊接稳定性的 Q960E 高强钢的缺陷，同时采用高温结束轧制，使得高温态强度较低，使得低轧制力装备轧制能力得到发挥。

除上述实施例外，本发明还可以有其他实施方式。凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案，均落在本发明要求的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种大厚度 Q960E 超高强钢生产方法, 其特征在于, 该生产方法包括以下流程: 铁水脱硫预处理-转炉冶炼-LF+RH 精炼-连铸-铸坯堆垛缓冷-铸坯检验-铸坯判定-铸坯验收-铸坯加热-除鳞-轧制-空冷-探伤-抛丸-淬火-回火-矫直-切割、取样-喷印标识-检验-入库, 其中:

(1) 该超高强钢的化学成分按重量百分比计包括: C: 0.14-0.16%, Si: 0.2-0.3%, Mn: 1.1-1.2%, P≤0.008%, S≤0.0015%, Cr: 0.4-0.6%, Cu≤0.1%, Ni: 0.6-0.8%, Mo: 0.1-0.3%, Nb: 0.02-0.04%, Ti: 0.01-0.02%, V: 0.04-0.06%, B: ≤0.0015%, Alt: 0.025-0.04%, Ceq≤0.61%, 余量为 Fe 及不可避免的杂质;

该超高强钢的化学成分中碳当量 Ceq (百分比) 按以下公式计算:

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 \leq 0.61;$$

(2) 对铸坯加热, 加热段温度为 1240-1250℃, 均热段温度控制在 1220℃, 出钢温度介于 1180-1200℃, 在炉时间为 350-420min, 二阶段开轧温度≤1050℃, 成品厚度为 70mm, 待温铸坯厚度控制在≥133mm, 二阶段终轧温度 850-860℃, 轧后空冷;

(3) 进行调质热处理, 淬火温度控制在 880-890℃, 升温速率为 1.5±0.1min/mm, 在炉时间为 125-135min, 回火温度控制在 590-600℃, 升温速率为 2.5±0.1min/mm, 在炉时间为 220-230min, 缓冷至室温;

(4) 热轧态矫直时先在 790-830℃下进行预矫。

2. 根据权利要求 1 所述的大厚度 Q960E 超高强钢生产方法, 其特征在于: 该超高强钢的化学成分按重量百分比计包括: C: 0.16%, Si: 0.23%, Mn: 1.19%, P≤0.005%, S≤0.0012%, Cu≤0.1%, Cr: 0.45%, Ni: 0.78%, Mo: 0.2%, Nb: 0.02%, Ti: 0.013%, V: 0.044%, B: 0.0012%, Alt: 0.033%, Ceq: 0.55%。

3. 根据权利要求 1 所述的大厚度 Q960E 超高强钢生产方法, 其特征在于: 在对铸坯进行轧制时采用二阶段轧制法, 一阶段轧制形变率≥55%, 二阶段轧制形变率≥45%。

4. 根据权利要求 1 或 2 中任一权利要求所述的大厚度 Q960E 超高强钢生产方法, 其特征在于: 该超高强钢的力学性能达到以下水平: 屈服强度≥1000MPa, 抗拉强度≥1050MPa, 延伸率≥13%, -40℃, Akv 冲击功值≥90J; 显微组织为回火索氏体组织, 晶粒尺寸控制在 10 μm-12 μm, 晶粒度控制在 8-9 级。

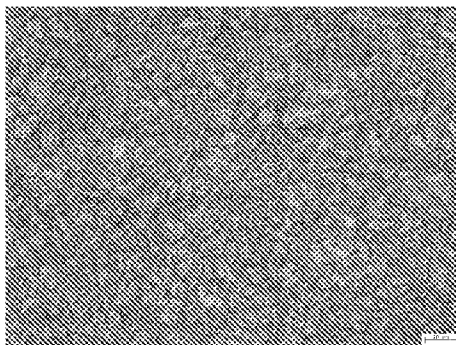


图 1 (a)

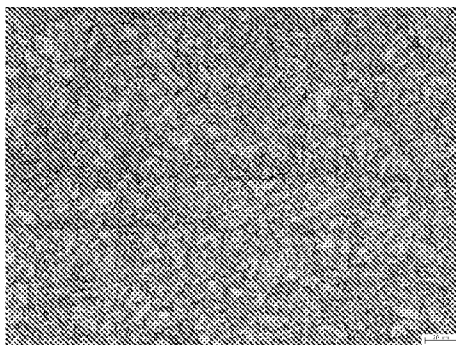


图 1 (b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/096431

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/04 (2006.01) i; C22C 38/02 (2006.01) i; C22C 38/18 (2006.01) i; C22C 38/16 (2006.01) i; C22C 38/08 (2006.01) i; C22C 38/12 (2006.01) i; C22C 38/14 (2006.01) i; C22C 38/06 (2006.01) i; C22C 38/32 (2006.01) i; C21D 8/02 (2006.01) i; C21D 1/18 (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; 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, SIPOABS, DWPI, CNTXT, CNKI: 厚, 碳, 硅, 锰, 镍, 钒, 铌, 铝, 铬, 钼, 钛, 淬火, 回火, thick, C, carbon, Si, silicon, Mn, manganese, Ni, nickel, V, vanadium, Nb, niobium, Al, aluminum, Cr, chromium, Mo, molybdenum, Ti, titanium, quench+, temper+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101451221 A (WUYANG IRON AND STEEL CO., LTD.), 10 June 2009 (10.06.2009), description, page 1, paragraph 4 to page 2, paragraph 2, page 3, paragraphs 8-11 and page 4, paragraphs 1-3	1-4
PX	CN 106244922 A (NANJING IRON & STEEL CO., LTD.), 21 December 2016 (21.12.2016), claims 1-4	1-4
A	CN 102560274 A (QINGHUANGDAO SHOUQIN METAL MATERIALS CO., LTD. et al.), 11 July 2012 (11.07.2012), entire document	1-4
A	CN 102286695 A (NANJING IRON & STEEL CO., LTD.), 21 December 2011 (21.12.2011), entire document	1-4
A	JP 2001164334 A (NIPPON STEEL CORP.), 19 June 2001 (19.06.2001), entire document	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"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	"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
"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)	"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
"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	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 16 October 2017	Date of mailing of the international search report 10 November 2017
Name and mailing address of the ISA 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 ZHANG, Fang Telephone No. (86-10) 62084779

International application No.
PCT/CN2017/096431

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/096431

A. 主题的分类 C22C 38/04(2006.01)i; C22C 38/02(2006.01)i; C22C 38/18(2006.01)i; C22C 38/16(2006.01)i; C22C 38/08(2006.01)i; C22C 38/12(2006.01)i; C22C 38/14(2006.01)i; C22C 38/06(2006.01)i; C22C 38/32(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)i; C21D 1/18(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. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) C22C38; C21D 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)) CNABS, SIPOABS, DWPI, CNTXT, CNKI, 厚, 碳, 硅, 锰, 镍, 钒, 铌, 铝, 铬, 钼, 钛, 淬火, 回火, thick, C, carbon, Si, silicon, Mn, manganese, Ni, nickel, V, vanadium, Nb, niobium, Al, aluminum, Cr, chromium, Mo, molybdenum, Ti, titanium, quench+, temper+																				
C. 相关文件 <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>X</td> <td>CN 101451221 A (舞阳钢铁有限责任公司) 2009年 6月 10日 (2009 - 06 - 10) 说明书第1页第4段至第2页第2段, 第3页第8-11段, 第4页第1-3段</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 106244922 A (南京钢铁股份有限公司) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21) 权利要求1-4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102560274 A (秦皇岛首秦金属材料有限公司等) 2012年 7月 11日 (2012 - 07 - 11) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102286695 A (南京钢铁股份有限公司) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2001164334 A (NIPPON STEEL CORP) 2001年 6月 19日 (2001 - 06 - 19) 全文</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	X	CN 101451221 A (舞阳钢铁有限责任公司) 2009年 6月 10日 (2009 - 06 - 10) 说明书第1页第4段至第2页第2段, 第3页第8-11段, 第4页第1-3段	1-4	PX	CN 106244922 A (南京钢铁股份有限公司) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21) 权利要求1-4	1-4	A	CN 102560274 A (秦皇岛首秦金属材料有限公司等) 2012年 7月 11日 (2012 - 07 - 11) 全文	1-4	A	CN 102286695 A (南京钢铁股份有限公司) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 全文	1-4	A	JP 2001164334 A (NIPPON STEEL CORP) 2001年 6月 19日 (2001 - 06 - 19) 全文	1-4
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 101451221 A (舞阳钢铁有限责任公司) 2009年 6月 10日 (2009 - 06 - 10) 说明书第1页第4段至第2页第2段, 第3页第8-11段, 第4页第1-3段	1-4																		
PX	CN 106244922 A (南京钢铁股份有限公司) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21) 权利要求1-4	1-4																		
A	CN 102560274 A (秦皇岛首秦金属材料有限公司等) 2012年 7月 11日 (2012 - 07 - 11) 全文	1-4																		
A	CN 102286695 A (南京钢铁股份有限公司) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 全文	1-4																		
A	JP 2001164334 A (NIPPON STEEL CORP) 2001年 6月 19日 (2001 - 06 - 19) 全文	1-4																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2017年 10月 16日		国际检索报告邮寄日期 2017年 11月 10日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 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 传真号 (86-10)62019451		受权官员 张芳 电话号码 (86-10)62084779																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/096431

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	101451221	A	2009年 6月 10日	无	
CN	106244922	A	2016年 12月 21日	无	
CN	102560274	A	2012年 7月 11日	无	
CN	102286695	A	2011年 12月 21日	无	
JP	2001164334	A	2001年 6月 19日	JP 4291480 B2	2009年 7月 8日