



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109112264 A

(43)申请公布日 2019.01.01

(21)申请号 201811259167.4

G22C 38/32(2006.01)

(22)申请日 2018.10.26

(71)申请人 山东钢铁集团日照有限公司

地址 276800 山东省日照市岚山区疏港大道

(72)发明人 侯东华 胡淑娥 李灿明 胡晓英
韩启彪 孙京波 刘熙章 成小龙
孔雅 李柏君 毕永杰 李博

(51)Int.Cl.

G21D 1/18(2006.01)

G21D 8/02(2006.01)

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/06(2006.01)

G22C 38/26(2006.01)

G22C 38/28(2006.01)

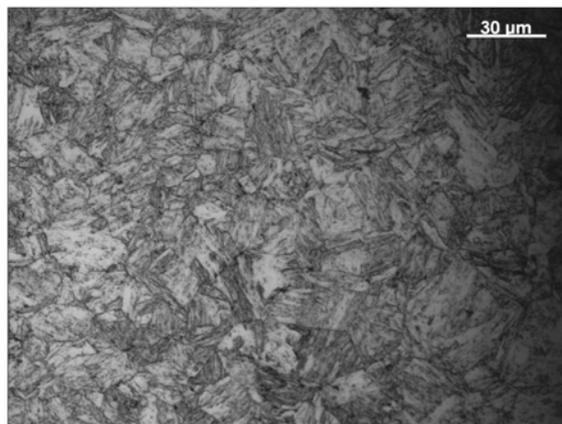
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板,厚度范围为10~100mm,按照以下工序生产:KR铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF炉外精炼→RH真空精炼→铸坯浇铸→铸坯缓冷→铸坯加热→高压水除鳞→两阶段轧制→在线淬火→回火热处理→矫直→喷号标识→取样检验。本发明提供的中厚板及制造方法,充分利用固溶Nb的细晶作用及Nb同Cr、B复合应用大幅提高中厚板本质淬透性的作用,从成分设计上大量节约了Mo、Ni等贵重合金,通过关键工艺点的控制,包括铸坯缓冷技术和突出再结晶区轧制作用,补偿合金降低带来的强塑韧性下降,同传统调质钢相比在成本下降反而提高了钢板本身物理性能和内部质量。



1. 一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板, 厚度范围为10~100mm, 其特征在于: 其主要化学成分重量百分比为: C: 0.10~0.18%, Si: 0.40~0.80%, Mn: 0.40~1.00%, $P \leq 0.015\%$, $S \leq 0.003\%$, Al: 0.020~0.050%, Nb: 0.030~0.070%, Ti: 0.010~0.025%, Cr: 0.60~1.20%, B: 0.0012~0.0030%, 其余为Fe及不可避免的杂质, 同时, 钢的化学成分还满足碳当量要求: $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 \leq 0.65\%$, 其中, Mo、V、Cu、Ni均为残余元素;

按照以下工序生产: KR铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF炉外精炼→RH真空精炼→铸坯浇铸→铸坯缓冷→铸坯加热→高压水除鳞→两阶段轧制→在线淬火→回火热处理→矫直→喷号标识→取样检验。

2. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法, 其特征在于: 所述KR铁水预处理过程中, 到站铁水 $As \leq 0.06\%$, $Cu \leq 0.30\%$, 脱前扒渣裸漏液面 $\geq 50\%$, 铁水经KR搅拌扒渣后, 金属裸露面 $\geq 90\%$, 铁水 $S \leq 0.005\%$, 处理周期20~30min。

3. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法, 其特征在于: 所述顶底复吹转炉冶炼过程中, 入炉铁水杂质质量要求 $S \leq 0.005\%$, 采用优质废钢, 出钢C: 0.03~0.08%, 出钢 $P \leq 0.012\%$, 双挡模式滑板挡渣, 保证渣层厚度 $\leq 45\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法, 其特征在于: 所述LF炉外精炼过程中, 全程吹氩, 弱搅拌以渣面微翻不裸露钢液为准, 所述精炼石灰和萤石造白渣, 加入脱氧铝总量 $\geq 2.5\text{kg/t}$; 所述RH真空精炼过程中, 在10min内真空度达到 $\leq 200\text{Pa}$, 保压时间 $\geq 12\text{min}$, 纯脱气时间 $\geq 6\text{min}$, 破真空后纯钙包芯线喂入量1.0~1.5m/t, 软吹, 保证离站温度1550~1585℃。

5. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法, 其特征在于: 所述连铸过程中, 钢水全程保护浇注, 钢板自开浇铸, 中包过热度10~25℃, 液面波动 $\leq \pm 0.3\text{mm}$, 拉速波动 $\leq \pm 0.1\text{m/min}$, 二冷配水采取中碳合金钢模式, 轻压下采用中碳合金钢模式, 钢坯内部质量为C类偏析 ≤ 1.5 、中心疏松 ≤ 0.5 、无中心裂纹, 铸坯高温切割, 入坑缓冷, 入坑温度 $\geq 650\text{℃}$, 缓冷时间 ≥ 48 小时; 所述铸坯加热工艺过程中, 根据钢坯厚度, 铸坯在炉时间为9~12min/cm, 铸坯出炉平均温度1200~1290℃。

6. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法, 其特征在于: 所述高压水除鳞过程中, 高压水水压 $\geq 23\text{MPa}$, 除鳞率 $\geq 95\%$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法, 其特征在于: 所述两阶段轧制工艺过程中, 两阶段轧制包括再结晶轧制阶段、未再结晶轧制阶段, 其中再结晶区轧制阶段, 展宽后纵轧头3道次道次压下量在20~25mm之间, 保证中间坯厚度为成品厚度2倍及以上, 终轧温度 $\geq 1080\text{℃}$, 该阶段轧后快速喷淋机架水3次, 未再结晶区轧制阶段, 开轧温度860~920℃, 终轧温度820~860℃。

8. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法, 其特征在于: 所述在线淬火工艺过程中, 经过预矫直后开始冷却, 开始冷却温度 $\geq 780\text{℃}$, 开始冷却速度为30~40℃/s, 冷却至500℃~550℃后, 降低冷却速度为12~20℃/s, 最终终冷温度 $\leq 200\text{℃}$ 后停止冷却。

9. 根据权利要求1所述的一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法,

其特征在于:所述回火工艺过程中,回火温度为400~580℃,在炉时间根据钢板厚度规格调整,具体计算方法为 $3.0\sim 3.5\text{min}/\text{mm}\times\delta+0\sim 10\text{min}$ 。

少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及黑色金属材料制造领域,具体涉及一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,国内外钢铁冶金与轧制制造技术获得了长足的发展,通过添加大量合金获得物理性能的制造方法逐步退出舞台,尤其是以水冷工艺为代表的贝氏体钢的生产制造获得广泛应用,实现了以水带“金”,但是在中厚钢板领域更高强度产品级别上,比如屈服强度690MPa及以上使用调质工艺生产依然是不可或缺的重要部分。传统调质工艺首要保证的是钢板的本质淬透性,为了提高本质淬透性,需要采用高合金成分设计,除去引起焊接性能迅速劣化的C元素含量较高外,其他微合金强化元素比如(Cr、Mo、Ni、Cu、Nb、V、Ti等)也需要大量添加,如果钢板厚度进一步增加添加量会更大,再加上传统调质工艺二次加热能源消耗,生产成本居高不下,焊接施工困难。

发明内容

[0003] 为克服所述不足,本发明的目的在于提供一种采用较少微合金化元素、屈服强度达到690MPa级的调质型高强韧中厚板,同时提供获得该中厚板良好物理性能和较高内部质量的生产制造方法。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板,厚度范围为10~100mm,其主要化学成分重量百分比为:C:0.10~0.18%,Si:0.40~0.80%,Mn:0.40~1.00%, $P \leq 0.015\%$, $S \leq 0.003\%$,Al:0.020~0.050%,Nb:0.030~0.070%,Ti:0.010~0.025%,Cr:0.60~1.20%,B:0.0012~0.0030%,其余为Fe及不可避免的杂质,同时,钢的化学成分还满足碳当量要求: $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 \leq 0.65\%$,其中,Mo、V、Cu、Ni均为残余元素。

[0005] 一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板的制造方法,按照以下工序生产:KR铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF炉外精炼→RH真空精炼→铸坯浇铸→铸坯缓冷→铸坯加热→高压水除鳞→两阶段轧制→在线淬火→回火热处理→矫直→喷号标识→取样检验。

[0006] 具体地,所述KR铁水预处理过程中,到站铁水 $As \leq 0.06\%$, $Cu \leq 0.30\%$,脱前扒渣裸漏液面 $\geq 50\%$,铁水经KR搅拌扒渣后,金属裸露面 $\geq 90\%$,铁水 $S \leq 0.005\%$,处理周期20~30min。

[0007] 具体地,所述顶底复吹转炉冶炼过程中,入炉铁水杂质质量要求 $S \leq 0.005\%$,采用优质废钢,出钢C:0.03~0.08%,出钢 $P \leq 0.012\%$,双挡模式滑板挡渣,保证渣层厚度 $\leq 45mm$ 。

[0008] 具体地,所述LF炉外精炼过程中,全程吹氩,弱搅拌以渣面微翻不裸露钢液为准,所述精炼石灰和萤石造白渣,加入脱氧铝总量 $\geq 2.5kg/t$ 。

[0009] 具体地,所述RH真空精炼过程中,在10min内真空度达到 $\leq 200\text{Pa}$,保压时间 $\geq 12\text{min}$,纯脱气时间 $\geq 6\text{min}$,破真空后纯钙包芯线喂入量 $1.0\sim 1.5\text{m/t}$,软吹,保证离站温度 $1550\sim 1585^\circ\text{C}$ 。

[0010] 具体地,所述连铸过程中,钢水全程保护浇注,钢板自开浇铸,中包过热度 $10\sim 25^\circ\text{C}$,液面波动 $\leq \pm 0.3\text{mm}$,拉速波动 $\leq \pm 0.1\text{m/min}$,二冷配水采取中碳合金钢模式,轻压下采用中碳合金钢模式,钢坯内部质量为C类偏析 ≤ 1.5 、中心疏松 ≤ 0.5 、无中心裂纹,铸坯高温切割,入坑缓冷,入坑温度 $\geq 650^\circ\text{C}$,缓冷时间 ≥ 48 小时。

[0011] 具体地,所述铸坯加热工艺过程中,根据钢坯厚度,铸坯在炉时间为 $9\sim 12\text{min/cm}$,铸坯出炉平均温度 $1200\sim 1290^\circ\text{C}$ 。

[0012] 具体地,所述高压水除鳞过程中,高压水水压 $\geq 23\text{MPa}$,除鳞率 $\geq 95\%$ 。

[0013] 具体地,所述两阶段轧制工艺过程中,两阶段轧制包括再结晶轧制阶段、未再结晶轧制阶段,其中再结晶区轧制阶段,展宽后纵轧头3道次道次压下量在 $20\sim 25\text{mm}$ 之间,保证中间坯厚度为成品厚度2倍及以上,终轧温度 $\geq 1080^\circ\text{C}$,该阶段轧后快速喷淋机架水3次,未再结晶区轧制阶段,开轧温度 $860\sim 920^\circ\text{C}$,终轧温度 $820\sim 860^\circ\text{C}$

[0014] 具体地,所述在线淬火工艺过程中,经过预矫直后开始冷却,开始冷却温度 $\geq 780^\circ\text{C}$,开始冷却速度为 $30\sim 40^\circ\text{C/s}$,冷却至 $500^\circ\text{C}\sim 550^\circ\text{C}$ 后,降低冷却速度为 $12\sim 20^\circ\text{C/s}$,最终终冷温度 $\leq 200^\circ\text{C}$ 后停止冷却。

[0015] 具体地,所述回火工艺过程中,回火温度为 $400\sim 580^\circ\text{C}$,在炉时间根据钢板厚度(δ)规格调整,具体计算方法为 $3.0\sim 3.5\text{min/mm}\times\delta+0\sim 10\text{min}$ 。

[0016] 本发明少量采用微合金元素,突出发挥工艺装备潜能,并通过全流程关键工艺技术的有效控制实施,研发出本发明通过少量微合金化元素强韧化调质高强度中厚钢板,厚度范围为 $10\sim 100\text{mm}$ 。大批量生产实物的主要物理性能指标为屈服强度($R_{p0.2}$): $730\sim 830\text{MPa}$;抗拉强度(R_m): $820\sim 910\text{MPa}$,断后伸长率(A): $16\sim 22\%$, $-20\sim -40^\circ\text{C}$ 试验温度下纵向夏比冲击吸收功(KV2): $120\sim 260\text{J}$ 。

[0017] 本发明具有以下有益效果:本发明提供的中厚板及制造方法,充分利用固溶Nb的细晶作用及Nb同Cr、B复合应用大幅提高中厚板本质淬透性的作用,从成分设计上大量节约了Mo、Ni等贵重合金,通过关键工艺点的控制,包括铸坯缓冷技术和突出再结晶区轧制作用,补偿合金降低带来的强塑性下降,同传统调质钢相比在成本下降反而提高了钢板本身物理性能和内部质量。

附图说明

[0018] 图1为实施例1中10mm钢板金相组织图。

[0019] 图2为实施例2中50mm钢板金相组织图。

[0020] 图3为实施例3中100mm钢板金相组织图。

具体实施方式

[0021] 下面对本发明的具体实施方式作进一步详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0022] 下面利用3个代表厚度实施例并结合附图对本发明做更详细的描述,实施例1钢板

的目标厚度10mm(实际轧制厚度10.2mm)、实施例2钢板目标厚度50mm(实际轧制厚度49.75mm)、实施例3钢板目标厚度为100mm(实际轧制厚度100.43mm)。

[0023] 实施例1

[0024] 一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板及其制备方法,钢板的目标厚度为10mm,按照以下工艺流程生产:KR铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF炉外精炼→RH真空精炼→铸坯浇铸→铸坯缓冷→铸坯加热→高压水除磷→两阶段轧制→在线淬火→回火热处理→矫直→喷号标识→取样检验。其具体的工艺参数见下:

[0025] KR铁水预处理:KR到站铁水As含量0.001%,Cu含量0.01%,处理全程27min,铁水经KR搅拌扒渣后金属裸露面95%以上,铁水S含量为0.003%。

[0026] 转炉冶炼:采用优质废钢,终点温度1680℃,出钢C含量为0.05%,P含量为0.012%,出钢时依次加入铝块、锰铁合金、铬铁、硅铁、铌铁,渣层厚度≤40mm。

[0027] LF炉外精炼:全程吹氩,弱搅拌以渣面微翻不裸露钢液为准。精炼石灰和萤石造白渣,加入脱氧铝总量2.8kg/t。冶炼后期加入钛铁,喂硼线。

[0028] RH真空精炼阶段:用时8min达到要求真空度(≤200Pa),总保压时间15min,纯脱气时间6min,破真空后纯钙包芯线喂入量1.2m/t,离站温度1570℃。

[0029] 连铸阶段:自开浇铸,全程氩气保护,中包过热度18~20℃,液面波动≤±0.2mm,拉速波动≤±0.1m/min,铸坯断面为200mm*1820mm,获得铸坯的熔炼化学成分重量百分比为C:0.12%,Si:0.50%,Mn:0.44%,P:0.014%,S:0.001%,Al:0.028%,Nb:0.035%,Ti:0.015%,Cr:0.67%,B:0.0016%,其余为Fe及不可避免的杂质,同时Ceq:0.33%。经检验,钢坯内部低倍质量为C类偏析1.5,无中心疏松,无中心裂纹,铸坯切割后入坑缓冷,入坑温度680℃,实际缓冷时间为72小时以上送轧。

[0030] 铸坯加热工艺:铸坯在炉时间200min,铸坯出炉平均计算温度为1242℃。

[0031] 高压水除磷:除磷高压水水压≥23MPa,除磷率100%。

[0032] 轧制工艺:两阶段轧制,再结晶区轧制阶段,展宽后纵轧1、2、3道次压下量分别为22、23、21mm,中间坯厚度45mm,终轧温度1095℃,轧后快速喷淋机架水3次后进行未再结晶区轧制,开轧温度910℃,终轧温度850℃。

[0033] 在线淬火工艺:轧后快速预矫直后开始冷却,开冷温度785℃,冷速38℃/s,冷却至508℃,随后以18℃/s的冷速继续冷却,终冷温度153℃。

[0034] 回火工艺:回火温度实际控制为550℃,在炉时间45min,得到实际厚度为10.2mm的钢板。随后矫直、精整喷号、取样检验及探伤。按照GB/T2970一级探伤合格率达到100%。物理性能检测结果见表1。

[0035] 表1实施例1钢板物理性能检测结果厚度:10mm

[0036]

取样位置	屈服强度 R _{p0.2} /MPa	抗拉强度 R _m /MPa	延伸率 A,%	-20℃冲击吸收功 KV ₂				-40℃冲击吸收功 KV ₂			
				1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
头	825	869	17	217	223	229	223	204	198	214	205
中	809	851	17.5	178	232	215	208	178	219	208	202
尾	793	832	18	217	214	222	218	202	221	213	212

[0037] 实施例2

[0038] 一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板及其制备方法,钢板的目标厚度为50mm,按照以下工艺流程生产:KR铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF炉外精炼→RH真空精炼→铸坯浇铸→铸坯缓冷→铸坯加热→高压水除鳞→两阶段轧制→在线淬火→回火热处理→矫直→喷号标识→取样检验。其具体的工艺参数见下:

[0039] KR铁水预处理:KR到站铁水As含量0.001%,Cu含量0.005%,处理全程26min,铁水经KR搅拌扒渣后金属裸露面92%,铁水S含量为0.002%。

[0040] 转炉冶炼:采用优质废钢,终点温度1675℃,出钢C含量为0.06%,P含量为0.010%,出钢时依次加入铝块、锰铁合金、铬铁、硅铁、铌铁,渣层厚度≤40mm。

[0041] LF炉外精炼:全程吹氩,弱搅拌以渣面微翻不裸露钢液为准。精炼石灰和萤石造白渣,加入脱氧铝总量3.0kg/t。冶炼后期加入钛铁,喂硼线。

[0042] RH真空精炼阶段:用时8min达到要求真空度(≤200Pa),总保压时间16min,纯脱气时间8min,破真空后纯钙包芯线喂入量1.2m/t,离站温度1565℃。

[0043] 连铸阶段:自开浇铸,全程氩气保护,中包过热度18~20℃,液面波动≤±0.2mm,拉速波动≤±0.1m/min,铸坯断面为250mm*1820mm,获得铸坯的熔炼化学成分重量百分比为C:0.14%,Si:0.60%,Mn:0.62%,P:0.011%,S:0.001%,Al:0.035%,Nb:0.042%,Ti:0.016%,Cr:0.78%,B:0.0020%,其余为Fe及不可避免的杂质,同时Ceq:0.41%。经检验,钢坯内部低倍质量为C类偏析1.0,无中心疏松,无中心裂纹。铸坯切割后入坑缓冷,入坑温度700℃,实际缓冷时间为68小时后送轧。

[0044] 铸坯加热工艺:时间240min,铸坯出炉平均计算温度为1251℃。

[0045] 高压水除磷工艺:除磷高压水水压≥23MPa,除磷率100%。

[0046] 轧制工艺:两阶段轧制,再结晶区轧制阶段,展宽后纵轧1、2、3道次压下量分别为25、23、23mm,中间坯厚度125mm,终轧温度1085℃,轧后快速喷淋机架水3次后进行未再结晶区轧制,开轧温度870℃,终轧温度840℃。

[0047] 在线淬火工艺:轧后快速预矫直后开始冷却,开冷温度793℃,冷速35℃/s,冷却至521℃,随后以16℃/s的冷速继续冷却,终冷温度109℃。

[0048] 回火工艺:回火温度实际控制为500℃,在炉时间160min,得到实际厚度为49.75mm的钢板。随后矫直、精整喷号、取样检验及探伤。按照GB/T2970一级探伤合格率达到95%,按照二级探伤达到100%。物理性能检测结果见表2。

[0049] 表2实施例2钢板物理性能检测结果厚度:50mm

[0050]

取样位置	屈服强度 R _{p0.2} /MPa	抗拉强度 R _m /MPa	延伸率 A,%	厚度四分之一处 -20℃冲击吸收功 KV ₂				厚度四分之一处 -40℃冲击吸收功 KV ₂			
				1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
头	807	850	18	209	213	189	204	187	195	183	188
中	811	848	16	214	194	198	202	178	201	181	186
尾	781	831	18.5	211	198	204	204	191	168	173	177

[0051] 实施例3

[0052] 一种少量微合金化元素调质型高强韧中厚钢板及其制备方法,钢板的目标厚度为100mm,按照以下工艺流程生产:KR铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF炉外精炼→RH真空精炼→铸坯浇铸→铸坯缓冷→铸坯加热→高压水除鳞→两阶段轧制→在线淬火→回火热

处理→矫直→喷号标识→取样检验。其具体的工艺参数见下：

[0053] KR铁水预处理：KR到站铁水As含量0.009%，Cu含量0.008%，处理全程28min，铁水经KR搅拌扒渣后金属裸露面95%，铁水S含量为0.001%。

[0054] 转炉冶炼：采用优质废钢，终点温度1670℃，出钢C含量为0.05%，P含量为0.011%，出钢时依次加入铝块、锰铁合金、铬铁、硅铁、铌铁，渣层厚度≤40mm。

[0055] LF炉外精炼：全程吹氩，弱搅拌以渣面微翻不裸露钢液为准。精炼石灰和萤石造白渣，加入脱氧铝总量3.2kg/t。冶炼后期加入钛铁，喂硼线。

[0056] RH真空精炼阶段：用时8min达到要求真空度(≤200Pa)，总保压时间18min，纯脱气时间10min，破真空后纯钙包芯线喂入量1.4m/t，离站温度1563℃。

[0057] 连铸阶段：自开浇铸，全程氩气保护，中包过热度10~15℃，液面波动≤±0.1mm，拉速波动≤±0.05m/min，铸坯断面为320mm*1820mm，获得铸坯的熔炼化学成分重量百分比为C:0.17%，Si:0.63%，Mn:0.94%，P:0.013%，S:0.0005%，Al:0.027%，Nb:0.068%，Ti:0.015%，Cr:1.08%，B:0.0022%，其余为Fe及不可避免的杂质，同时 C_{eq} :0.55%。经检验，钢坯内部低倍质量为C类偏析1.0，无中心疏松，无中心裂纹。铸坯切割后入坑缓冷，入坑温度720℃，实际缓冷时间为96小时后送轧。

[0058] 铸坯加热工艺：铸坯加热时间320min，铸坯出炉平均计算温度为1258℃。

[0059] 高压水除鳞工艺：除鳞高压水水压≥23MPa，除鳞率100%。

[0060] 轧制工艺：两阶段轧制，再结晶区轧制阶段，展宽后纵轧1、2、3道次压下量分别为25、23、23mm，中间坯厚度200mm，终轧温度1100℃，轧后快速喷淋机架水3次后进行未再结晶区轧制，开轧温度860℃，终轧温度855℃。

[0061] 在线淬火工艺：轧后快速预矫直后开始冷却，开冷温度810℃，冷速31℃/s，冷却至537℃，随后以12℃/s的冷速继续冷却，终冷温度185℃。

[0062] 回火工艺：回火温度实际控制为460℃，在炉时间300min，得到实际厚度为100.43mm的钢板。随后矫直、精整喷号、取样检验及探伤。按照GB/T2970一级探伤合格率达到90%，按照二级探伤达到100%。物理性能检测结果见表3。

[0063] 表3实施例3钢板物理性能检测结果厚度：100mm

[0064]

取样 位置	屈服强度 R _{p0.2} /MPa	抗拉强度 R _m /MPa	延伸率 A,%	厚度四分之一处 -20℃冲击吸收功 KV ₂				厚度四分之一处 -40℃冲击吸收功 KV ₂			
				1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
头	810	873	19.5	173	193	147	171	158	143	182	161
中	821	883	21	165	178	134	159	141	145	151	146
尾	759	857	18.9	179	168	181	176	147	129	143	140

[0065] 本发明不局限于所述实施方式，任何人应得知在本发明的启示下作出的结构变化，凡是与本发明具有相同或相近的技术方案，均落入本发明的保护范围之内。

[0066] 本发明未详细描述的技术、形状、构造部分均为公知技术。

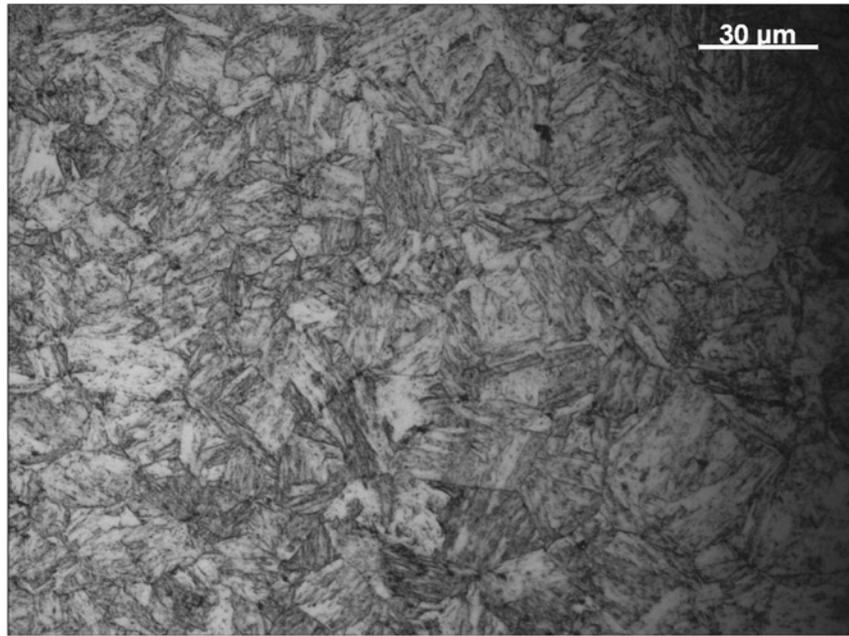


图1

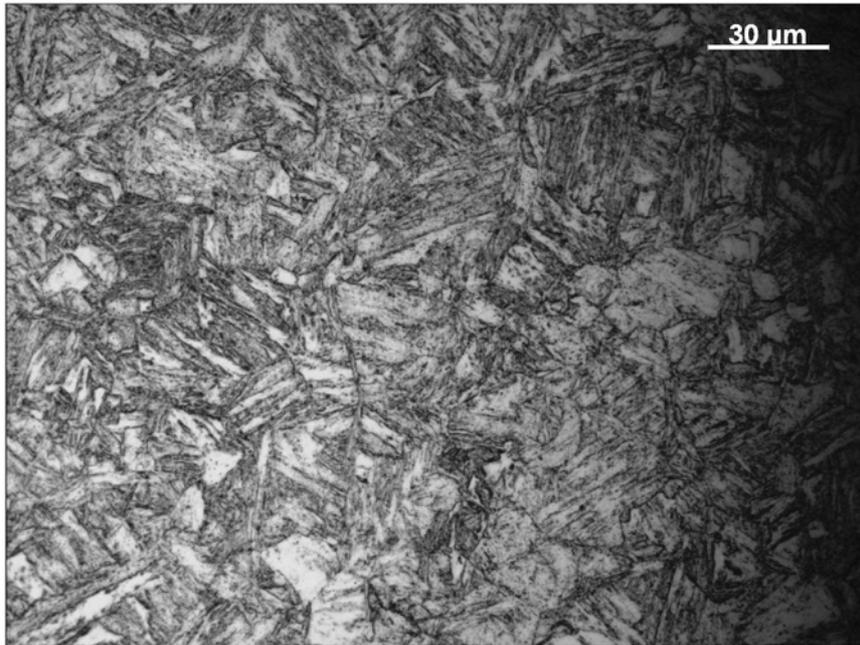


图2

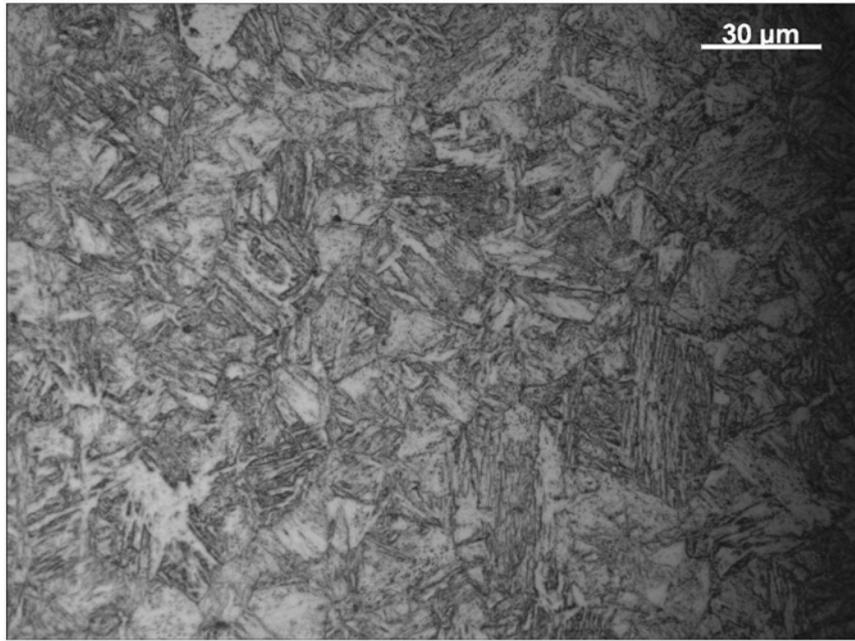


图3