



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107502836 A

(43)申请公布日 2017.12.22

(21)申请号 201710665747.2

C22C 33/04(2006.01)

(22)申请日 2017.08.07

B21C 37/06(2006.01)

(71)申请人 南京钢铁股份有限公司

C21D 8/10(2006.01)

地址 210035 江苏省南京市六合区卸甲甸

(72)发明人 翟冬雨 姜金星 杜海军 员强鹏

殷杰 张媛钰

(74)专利代理机构 南京利丰知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 32256

代理人 任立

(51)Int.Cl.

C22C 38/58(2006.01)

C22C 38/50(2006.01)

C22C 38/48(2006.01)

C22C 38/44(2006.01)

C22C 38/42(2006.01)

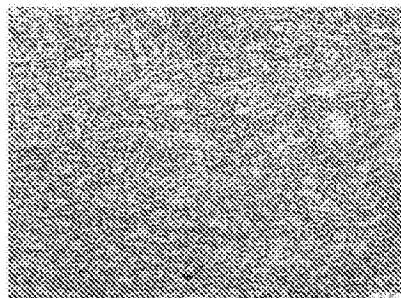
权利要求书3页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管  
线钢及其制造方法

(57)摘要

本发明是一种提高低温韧性的厚壁大口径  
高钢级管线钢的制造方法,采用厚度320mm断面  
铸坯,通过合理改善坯料加热,优选轧制规程,完  
善层流冷却工艺,保证不同形变储存能及晶界迁  
移率,有效细化组织晶粒度,得到组织均匀的贝  
氏体、针状铁素体,确保了组织与性能的稳定,满  
足了宽厚高钢级管线钢性能要求,经济效益显  
著。



1. 一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢，其特征在于：其重百分比成份为：C: 0.038~0.058%、Si: 0.17~0.27%、Mn: 1.65~1.75%、P≤0.01%、S≤0.003%、Al: 0.015~0.05%、Nb: 0.045~0.055%、Ti: 0.006~0.02%、Cr: 0.11~0.16%、Mo: 0.15~0.20%、Cu: 0.10~0.16%、Ni: 0.25~0.30%、Ca: 0.0005~0.0040%、余量为Fe和不可避免的杂质。

2. 如权利要求1所述的提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

(一) 所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为：C: 0.038~0.058%、Si: 0.17~0.27%、Mn: 1.65~1.75%、P≤0.01%、S≤0.003%、Al: 0.015~0.05%、Nb: 0.045~0.055%、Ti: 0.006~0.02%、Cr: 0.11~0.16%、Mo: 0.15~0.20%、Cu: 0.10~0.16%、Ni: 0.25~0.30%、Ca: 0.0005~0.0040%、余量为Fe和不可避免的杂质；

(二) 采用厚度为320mm断面的铸坯，铸坯加热温度为1150~1170℃，加热时间以铸坯厚度为单位10.3~13min/cm，均热时间45min~90min；

(三) 2道次除磷，包括粗轧除磷1道，精轧第2道除磷1道；

(四) 提高粗轧末道次压下率，粗轧末道次压下率大于25%，待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍；

(五) 采用低温轧制，二阶段轧制温度设定810~830℃，终轧温度800~830℃；

(六) 采用奇道次轧制工艺；

(七) 设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度，采用低入水温度，入水温度750~770℃；

(八) 层流冷却共12组水，前4组按最大流量冷却，流量300~350m<sup>3</sup>/h，后8组采用小流量冷却，流量200~300m<sup>3</sup>/h，返红温度330~420℃。

3. 如权利要求2所述的提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

(一) 所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为：C: 0.048%、Si: 0.19%、Mn: 1.68%、P: 0.008%、S: 0.002%、Al: 0.025%、Nb: 0.05%、Ti: 0.006%、Cr: 0.13%、Mo: 0.19%、Cu: 0.13%、Ni: 0.28%、Ca: 0.0015%、余量为Fe和不可避免的杂质；

(二) 采用厚度为320mm断面的铸坯，铸坯加热温度为1155℃，加热时间以铸坯厚度为单位10.3min/cm，均热时间55min；

(三) 2道次除磷，包括粗轧除磷1道，精轧第2道除磷1道；

(四) 提高粗轧末道次压下率，粗轧末道次压下率大于25%，待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍；

(五) 采用低温轧制，二阶段轧制温度设定815℃，终轧温度810℃；

(六) 采用奇道次轧制工艺；

(七) 设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度，采用低入水温度，入水温度770℃；

(八) 层流冷却共12组水，前4组按最大流量，流量300m<sup>3</sup>/h后8组采用小流量冷却，流量200m<sup>3</sup>/h，返红温度350℃。

4. 如权利要求2所述的提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

(一) 所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为：C: 0.043%、Si: 0.217%、Mn: 1.66%、P: 0.006%、S: 0.001%、Al: 0.020%、Nb: 0.052%、Ti: 0.009%、Cr: 0.11%、Mo:

(一)所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为:C:0.044%、Si:0.218%、Mn:1.67%、P:0.007%、S:0.002%、Al:0.036%、Nb:0.054%、Ti:0.011%、Cr:0.12%、Mo:0.17%、Cu:0.16%、Ni:0.28%、Ca:0.0020%、余量为Fe和不可避免的杂质;

(二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为1167℃,加热时间以铸坯厚度为单位11min/cm,均热时间51min;

(三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;

(四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍;

(五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定811℃,终轧温度810℃;

(六)采用奇道次轧制工艺;

(七)设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度,采用低入水温度,入水温度760℃;

(八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量,流量320m<sup>3</sup>/h,后8组采用小流量,流量250m<sup>3</sup>/h冷却,返红温度365℃。

5. 如权利要求2所述的提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法,其特征在于:包括以下步骤:

(一)所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为:C:0.044%、Si:0.218%、Mn:1.67%、P:0.007%、S:0.002%、Al:0.036%、Nb:0.054%、Ti:0.011%、Cr:0.12%、Mo:0.17%、Cu:0.16%、Ni:0.28%、Ca:0.0020%、余量为Fe和不可避免的杂质;

(二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为1158℃,加热时间以铸坯厚度为单位12min/cm,均热时间48min;

(三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;

(四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍;

(五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定813℃,终轧温度801℃;

(六)采用奇道次轧制工艺;

(七)设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度,采用低入水温度,入水温度761℃;

(八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量,流量340m<sup>3</sup>/h后8组采用小流量,流量280m<sup>3</sup>/h冷却,返红温度365℃。

6. 如权利要求2所述的提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法,其特征在于:包括以下步骤:

(一)所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为:C:0.051%、Si:0.21%、Mn:1.70%、P:0.006%、S:0.001%、Al:0.035%、Nb:0.046%、Ti:0.012%、Cr:0.13%、Mo:0.19%、Cu:0.15%、Ni:0.29%、Ca:0.00240%、余量为Fe和不可避免的杂质;

(二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为1150℃,加热时间以铸坯厚度为单位13min/cm,均热时间49min;

(三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;

(四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍;

(五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定822℃,终轧温度813℃;

(六)采用奇道次轧制工艺;

(七)设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度,采用低入水温度,入水温度760℃;

(八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量,流量 $350\text{m}^3/\text{h}$ 后8组采用小流量,流量 $300\text{m}^3/\text{h}$ 冷却,200~ $300\text{m}^3/\text{h}$ 返红温度410℃。

## 一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于钢铁冶金领域,涉及一种改善大口径管线钢低温落锤的生产工艺,具体的说是一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 石油输送用厚壁大口径管线钢( $\phi 1422 \times 30.8\text{mm}$ 厚壁大口径管线钢)属于管线钢品种高精端产品,要求管径大,且要满足低温服役要求,目前国内现有技术无法突破改善该品种低温韧性的壁垒。现有技术中,厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法无法形成细小贝氏体、真状铁素体组织,无法有效消除芯部的带状组织及实现强度、韧性更高的均匀的细晶组织,满足了产品低温韧性的要求。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是,如何保证轧件芯部形成了细小均匀的贝氏体、针状铁素体组织,保证强度、韧性的要求,满足了产品对超低温落锤的要求。

[0004] 本发明解决以上技术问题的技术方案是:

[0005] 一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢,其重百分比成份为:C:0.038~0.058%、Si:0.17~0.27%、Mn:1.65~1.75%、P≤0.01%、S≤0.003%、Al:0.015~0.05%、Nb:0.045~0.055%、Ti:0.006~0.02%、Cr:0.11~0.16%、Mo:0.15~0.20%、Cu:0.10~0.16%、Ni:0.25~0.30%、Ca:0.0005~0.0040%、余量为Fe和不可避免的杂质。成份采用低碳、低磷、低硫设计更有利于铸坯芯部组织,有效降低了产品脆性,采用Nb、Cr、Mo、Cu、Ni的成份设计组合,有利提高产品在轧制过程中的析出强度,有利于细化组织晶粒,提高产品的韧性。

[0006] 前述的提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法,包括以下步骤:

[0007] (一)低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为前述成份;

[0008] (二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为1150~1170°C,加热时间以铸坯厚度为单位10.3~13min/cm,均热时间45~90min;确保了铸坯表面、芯部温度均匀,通过低温加热制度,有效控制了原始晶粒度的尺寸,为强化组织性能提供了保证;

[0009] (三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;除磷道次的优化,为了保证轧制温度与表面质量,设计2道次除磷,粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道,既保证了表面质量同时减少了不必要的温度损失,保证了道次压下率;

[0010] (四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍;

[0011] (五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定810~830°C,终轧温度800~830°C;

[0012] (六)采用奇道次轧制工艺;可以有效减少冷却时间;

[0013] (七)设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度,采用低入水温度,入水温度750~770°C;由于芯部温度大于表面温度,低入水温度保证了轧件的芯部温度大于Ar<sub>3</sub>温度点,芯部组织更加均

匀,强度韧性更加优良;

[0014] (八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量冷却,流量 $300\sim350\text{m}^3/\text{h}$ ,后8组采用小流量冷却,流量 $200\sim300\text{m}^3/\text{h}$ ,返红温度 $330\sim420^\circ\text{C}$ ;通过层流冷却系统改善组织晶粒度,减少马奥岛组织的数量,更利于生成贝氏体、针状铁素体。

[0015] 本发明通过反复试验,最终采用低温加热制度、低入水、低返红的轧制工艺,有效降低了组织晶粒度,芯部获得致密的贝氏体、针状铁素体组织,通过强冷消除带状组织的不利因素,有效提高析出元素的强化作用,提高了产品的力学性能,满足了产品低温韧性的要求;由此可见,本发明采用低碳设计,增加产品的韧性,合金采用Nb、Ti、Cr、Mo、Cu设计,增加轧制过程中的析出强度,坯料加热温度采用低温加热制度,减少除磷道次增加了道次压下率、奇道次轧制、低入水、低返红,有效降低了轧制成品的晶粒度,细化组织,冷却制度有效消除了带状组织,保证了轧件芯部形成了细小均匀的贝氏体、针状铁素体组织,保证了强度、韧性的要求,满足了产品对超低温落锤的要求。本发明成功解决了宽厚管线钢低温落锤的制造难点,提高了钢材轧制后的力学性能,满足了客户要求,大幅度提高经济效益。

## 附图说明

[0016] 图1是本发明实施例1的金相组织图。

[0017] 图2是本发明实施例2的金相组织图。

[0018] 图3是本发明实施例3的金相组织图。

## 具体实施方式

[0019] 实施例1

[0020] 本实施例是一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法,包括以下步骤:

[0021] (一)所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为:C:0.039%、Si:0.19%、Mn:1.68%、P:0.006%、S:0.002%、Al:0.025%、Nb:0.051%、Ti:0.0016%、Cr:0.15%、Mo:0.19%、Cu:0.12%、Ni:0.27%、Ca:0.0015%、余量为Fe和不可避免的杂质;

[0022] (二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为 $1155^\circ\text{C}$ ,加热时间以铸坯厚度为单位 $10.3\text{min}/\text{cm}$ ,均热时间56min;

[0023] (三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;

[0024] (四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍;

[0025] (五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定 $815^\circ\text{C}$ ,终轧温度 $810^\circ\text{C}$ ;

[0026] (六)采用奇道次轧制工艺;

[0027] (七)设定 $\text{Ar}_3$ 温度点为 $725.73^\circ\text{C}$ ,采用低入水温度,入水温度 $770^\circ\text{C}$ ;

[0028] (八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量,流量 $300\text{m}^3/\text{h}$ 后8组采用小流量冷却,流量 $200\text{m}^3/\text{h}$ ,返红温度 $350^\circ\text{C}$ 。

[0029] 实施例2

[0030] 本实施例是一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法,包括以下步骤:

[0031] (一)所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为:C:0.043%、Si:0.217%、Mn:1.66%、P:0.006%、S:0.001%、Al:0.020%、Nb:0.052%、Ti:0.009%、Cr:0.13%、Mo:0.17%、Cu:0.15%、Ni:0.26%、Ca:0.001%、余量为Fe和不可避免的杂质;

[0032] (二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为1167℃,加热时间以铸坯厚度为单位11min/cm,均热时间58min;

[0033] (三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;

[0034] (四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍;

[0035] (五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定811℃,终轧温度810℃;

[0036] (六)采用奇道次轧制工艺;

[0037] (七)设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度,采用低入水温度,入水温度760℃;

[0038] (八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量,流量320m<sup>3</sup>/h,后8组采用小流量,流量250m<sup>3</sup>/h冷却,返红温度365℃。

### [0039] 实施例3

[0040] 本实施例是一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法,包括以下步骤:

[0041] (一)所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为:C:0.044%、Si:0.218%、Mn:1.67%、P:0.007%、S:0.002%、Al:0.036%、Nb:0.054%、Ti:0.011%、Cr:0.12%、Mo:0.17%、Cu:0.13%、Ni:0.28%、Ca:0.0020%、余量为Fe和不可避免的杂质;

[0042] (二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为1158℃,加热时间以铸坯厚度为单位12min/cm,均热时间57min;

[0043] (三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;

[0044] (四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度的3.5~4.0倍;

[0045] (五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定813℃,终轧温度801℃;

[0046] (六)采用奇道次轧制工艺;

[0047] (七)设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度,采用低入水温度,入水温度761℃;

[0048] (八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量,流量340m<sup>3</sup>/h后8组采用小流量,流量280m<sup>3</sup>/h冷却,返红温度365℃。

### [0049] 实施例4

[0050] 本实施例是一种提高低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的制造方法,包括以下步骤:

[0051] (一)所述低温韧性的厚壁大口径高钢级管线钢的重百分比成份为:C:0.053%、Si:0.21%、Mn:1.70%、P:0.006%、S:0.001%、Al:0.035%、Nb:0.047%、Ti:0.02%、Cr:0.15%、Mo:0.17%、Cu:0.13%、Ni:0.30%、Ca:0.00240%、余量为Fe和不可避免的杂质;

[0052] (二)采用厚度为320mm断面的铸坯,铸坯加热温度为1150℃,加热时间以铸坯厚度为单位13min/cm,均热时间55min;

[0053] (三)2道次除磷,包括粗轧除磷1道,精轧第2道除磷1道;

[0054] (四)提高粗轧末道次压下率,粗轧末道次压下率大于25%,待温坯厚度为钢板厚度

的3.5~4.0倍；

[0055] (五)采用低温轧制,二阶段轧制温度设定822℃,终轧温度813℃;

[0056] (六)采用奇道次轧制工艺;

[0057] (七)设定Ar<sub>3</sub>温度点为725.73度,采用低入水温度,入水温度760℃;

[0058] (八)层流冷却共12组水,前4组按最大流量,流量350m<sup>3</sup>/h后8组采用小流量,流量300m<sup>3</sup>/h冷却,200~300m<sup>3</sup>/h返红温度410℃。

[0059] 采用以上实施例1-3得到图1、2和3的金相组织,由图可知,芯部组织均匀细小,组织内没有颗粒状或岛状物分布,主要以贝氏体、针状铁素体组织为主,针状铁素体具有贝氏体的特征,在形态上类似低碳钢中的无碳贝氏体,组织的类型以软相铁素体为主,对改善韧性、提高冲击韧性有利。

[0060] 表2本发明各实施例的力学性能

[0061]

实施例	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	落锤(-20 度)(SA%)	落锤(-20 度)(SA%)	落锤(-20 度)(SA%)
实施例1	539	686.09	40	88	86	87
实施例2	530	678.26	43	86	85	86
实施例3	536	686.01	40	85	85	85
实施例4	537	671.83	44	88	84	86

[0062] 由表2可以看出,实施例1、2、3和4的力学性能均达到API 5L标准中X80的要求及中石油中俄东线客户要求,经济效益显著,超低温落锤剪切面积大于85%,本发明的生产方法简单易行,使材料的综合性能提高。

[0063] 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。

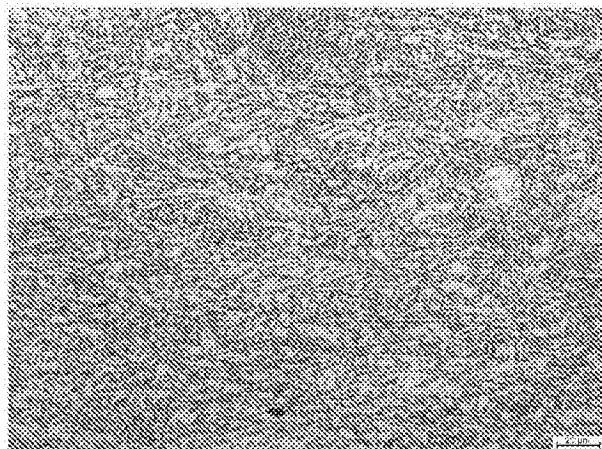


图1

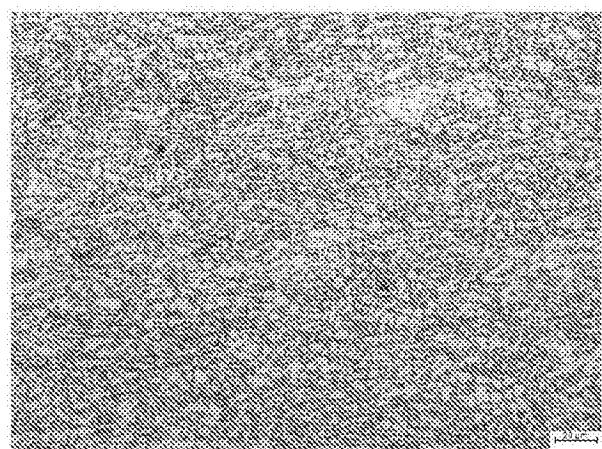


图2

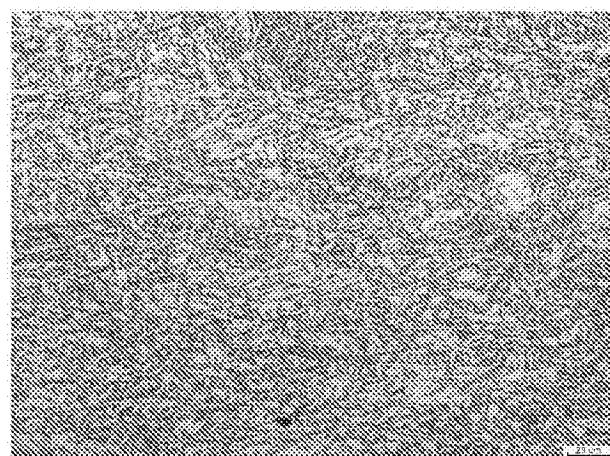


图3