



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107747046 A

(43)申请公布日 2018.03.02

(21)申请号 201711242339.2

G21D 8/06(2006.01)

(22)申请日 2017.11.30

(71)申请人 攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司

地址 617000 四川省攀枝花市东区桃源街
90号

(72)发明人 邓通武 刘明 郭跃华 冉准

(74)专利代理机构 成都虹桥专利事务所(普通
合伙) 51124

代理人 梁鑫

(51)Int.Cl.

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/12(2006.01)

G22C 38/14(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页

(54)发明名称

含V、Ti微合金建筑钢棒材及其生产方法

(57)摘要

本发明属于钢铁冶金领域,具体涉及一种含V、Ti微合金建筑钢棒材及其生产方法。针对现有制备含氮合金钢所选用氮化钒合金氮含量低、种类少等问题,本发明提供了一种含V、Ti微合金建筑钢棒材及其生产方法。该棒材的组成成分为:按重量百分比计,C:0.15%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:0.60%~1.30%、N:0.0060%~0.0180%、P≤0.040%、S≤0.040%、V:0.010%~0.100%、Ti:0.010%~0.030%,余量为Fe和不可避免的杂质。其制备方法的关键在于在炉后小平台喂入含N包芯线,调整N到适宜的水平。本发明方法操作简单,氮收得率高且稳定,还能有效的降低生产成本,值得推广使用。

1. 含V、Ti微合金建筑钢棒材,其特征在于,化学成分为:按重量百分比计,C:0.15%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:0.60%~1.30%、N:0.0060%~0.0180%、 $P \leq 0.040\%$ 、 $S \leq 0.040\%$ 、V:0.010%~0.100%、Ti:0.010%~0.030%,余量为Fe和不可避免的杂质。

2. 权利要求1所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于,包括以下步骤:

高炉铁水经转炉冶炼、连铸制得钢坯;钢坯经加热、连续式棒材轧制生产线轧制成材、冷却制成圆棒或带肋钢筋;其中在炉后小平台的钢包内喂入包芯线调整N,钢坯加热温度控制为950~1220℃,均热温度控制为1000~1200℃,加热和均热总时间90~120min;所述钢坯成分为:按重量百分比计,C:0.15%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:0.60%~1.30%、N:0.0060%~0.0180%、 $P \leq 0.040\%$ 、 $S \leq 0.040\%$ 、V:0.010%~0.100%、Ti:0.010%~0.030%,余量为Fe和不可避免的杂质。

3. 根据权利要求2所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于,包括以下步骤:

a、转炉冶炼

在转炉内加入铁水和废钢,利用转炉吹氧脱C,进行冶炼,待钢水C含量为0.05%~0.15%,P含量 $\leq 0.025\%$ 、S含量 $\leq 0.035\%$,钢水温度 $\geq 1650^\circ\text{C}$ 时出钢;

出钢1/3-2/3时,加入FeSi、FeMn、FeTi合金和增碳剂,FeV或VN,控制C为0.15%~0.30%、Si为0.30%~1.00%,Mn为0.60%~1.30%,V为0.010%~0.100%、Ti为0.010%~0.030%;

b、喂包芯线

出钢后转入钢包,钢包到达炉后小平台后,向钢包内吹入惰性气体,加入含N包芯线,控制钢液中N含量为0.0060%~0.0180%;

c、连铸

控制连铸机中包的过热度为20~50℃,将钢液连铸成的钢坯断面为150mm×150mm~200mm×200mm的方坯,空冷至室温;

d、钢坯加热和轧制

钢坯加热温度控制为950~1220℃,均热温度控制为1000~1200℃,加热和均热总时间为90~120min,采用连续式棒材轧制生产线轧制成圆棒或带肋钢筋。

4. 根据权利要求3所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于:步骤a中所述铁水要求S含量 $\leq 0.060\%$ 。

5. 根据权利要求3所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于:步骤a中所述FeSi和FeMn合金用FeSiMn合金替代。

6. 根据权利要求3所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于:步骤b中所述的惰性气体为氩气或氮气中的一种。

7. 根据权利要求3所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于:步骤b中所述吹入惰性气体的时间 $\geq 2\text{min}$ 。

8. 根据权利要求3所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于:步骤b出站温度高于钢的液相线温度60~90℃。

9. 根据权利要求3所述的含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,其特征在于:步骤d中

所述圆棒或带肋钢筋的规格为 $\phi 12\text{mm} \sim \phi 40.0\text{mm}$ 。

含V、Ti微合金建筑钢棒材及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明属于钢铁冶金领域,具体涉及一种含V、Ti微合金建筑钢棒材及其生产方法。

背景技术

[0002] 微合金钢主要是指在钢中添加很少量或者是微量的某种元素就能明显提高性能的钢,特别是提高钢的强度指标。现有技术条件下微合金钢主要通常添加很少量或者是微量钒、铌和钛而得到。微合金化的作用机制是:作为微量元素的钒、铌和钛加入钢液后,与钢液中的碳和氮结合,形成碳、氮的化合物质点,即V(C,N),Nb(C,N)和Ti(C,N)质点,这些质点具有一定的沉淀强化和晶粒细化的作用,可明显的提高钢的强度。

[0003] 由此可看出,实际上微合金钢钒、铌和钛的作用均是和氮分不开的,但一般情况下采用转炉冶炼钢,残留氮含量在0.0030%~0.065%范围内,采用电炉冶炼钢,残留氮含量在0.050%~0.085%范围内,大多数情况下。如要充分发挥钒、铌和钛的作用,是必须要额外加入氮元素才能实现的。

[0004] 早期在微合金钢中增加氮,是通过添加3%~6%的氮化类合金来实现的,但由于氮化类合金含氮很低,造成合金加入量大,且收得率不稳定,逐渐被氮含量较高的氮化钒合金代替。目前微合金钢的生产中几乎很难再使用3%~6%的氮化类合金,几乎全部使用即含钒、且氮含量又高的氮化钒合金。氮化钒合金主要有VN12、VN14和VN16三个牌号。一般情况下该三个牌号氮和钒的比值是基本固定的,分别为12:78(N:V);14:78(N:V);16:78(N:V),即氮和钒的比值最高为VN16的16:78,即合金中含有16%的N,含有78%钒。氮化钒合金虽然既含钒、且氮含量又高,但对于微合金钢中不同的微合金化技术路线,特别是复合微合金钢,例如V-Ti-N,甚至于V-Ti-Nb-N,也是不能满足需求的。

发明内容

[0005] 针对现有制备含氮合金钢所选用氮化钒合金氮含量低、种类少等问题,本发明提供了一种新的制备含氮合金的方法。该方法采用添加含氮包芯线的方式精确控制氮含量,氮收得率高。

[0006] 本发明解决上述技术问题的技术方案为:提供一种含V、Ti微合金建筑钢棒材及其生产方法。

[0007] 本发明提供一种含V、Ti微合金建筑钢棒材,其化学成分为:按重量百分比计,C:0.15%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:0.60%~1.30%、N:0.0060%~0.0180%、P≤0.040%、S≤0.040%、V:0.010%~0.100%、Ti:0.010%~0.030%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0008] 本发明还提供了一种上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,包括以下步骤:

[0009] 高炉铁水经转炉冶炼、连铸制得钢坯;钢坯经加热、连续式棒材轧制生产线轧制成材、冷却制成圆棒或带肋钢筋;其中在炉后小平台的钢包内喂入包芯线调整N,钢坯加热温

度控制为950~1220℃,均热温度控制为1000~1200℃,加热和均热总时间90~120min;所述钢坯成分为:按重量百分比计,C:0.15%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:0.60%~1.30%、N:0.0060%~0.0180%、P≤0.040%、S≤0.040%、V:0.010%~0.100%、Ti:0.010%~0.030%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0010] 进一步的,上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,包括以下步骤:

[0011] a、转炉冶炼

[0012] 在转炉内加入铁水和废钢,利用转炉吹氧脱C,进行冶炼,待钢水C含量为0.05%~0.15%,P含量≤0.025%、S含量≤0.035%,钢水温度≥1650℃时出钢;

[0013] 出钢1/3~2/3时,加入FeSi、FeMn、FeTi合金和增碳剂,FeV或VN,控制C为0.15%~0.30%、Si为0.30%~1.00%,Mn为0.60%~1.30%,V为0.010%~0.100%、Ti为0.010%~0.030%;

[0014] b、喂包芯线

[0015] 出钢后转入钢包,钢包到达炉后小平台后,向钢包内吹入惰性气体,加入含N包芯线,控制钢液中N含量为0.0060%~0.0180%;

[0016] c、连铸

[0017] 控制连铸机中包的过热度为20~50℃,将钢液连铸成的钢坯断面为150mm×150mm~200mm×200mm的方坯,空冷至室温;

[0018] d、钢坯加热和轧制

[0019] 钢坯加热温度控制为950~1220℃,均热温度控制为1000~1200℃,加热和均热总时间为90~120min,采用连续式棒材轧制生产线轧制成圆棒或带肋钢筋。

[0020] 其中,上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法中,步骤a中所述铁水要求S含量≤0.060%。

[0021] 其中,上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法中,步骤a中所述FeSi和FeMn合金用FeSiMn合金替代。

[0022] 其中,上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法中,步骤b中所述的惰性气体为氩气或氮气中的一种。

[0023] 其中,上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法中,步骤b中所述吹入惰性气体的时间≥2min。

[0024] 其中,上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法中,步骤b出站温度高于钢的液相线温度60~90℃。

[0025] 其中,上述含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法中,步骤d中所述圆棒或带肋钢筋的规格为φ12mm~φ40.0mm。

[0026] 本发明的有益效果为:

[0027] 本发明通过设计一种含V、Ti的微合金建筑钢棒材,在钢中添加合金成分V:0.010%~0.100%和Ti:0.010%~0.030%,再配合采用在转炉冶炼后喂入含N包芯线的方式调整钢种N含量、采用棒材轧制生产线轧制,最终可制备得到一种强度高、氮收得率高的微合金建筑钢棒材。本发明方法操作简单,氮收得率高且稳定,还能有效的降低生产成本,值得推广使用。

具体实施方式

[0028] 本发明提供了一种含V、Ti微合金建筑钢棒材,其化学成分为:按重量百分比计,C:0.15%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:0.60%~1.30%、N:0.0060%~0.0180%、P≤0.040%、S≤0.040%、V:0.010%~0.100%、Ti:0.010%~0.030%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0029] 本发明加入0.010%~0.100%的V和0.010%~0.030%的Ti是为了保证钢材的时效性能。一般情况下采用转炉冶炼钢时,最终成品钢中的残留氮含量在0.0030%~0.0065%范围内,采用电炉冶炼钢,残留氮含量则在0.0050%~0.0085%范围内。随着钢中N含量升高,时效性随之变差,本发明则采用加入0.010%~0.100%的V和0.010%~0.030%的Ti方式,以保证钢材的时效性,同时还能充分发挥氮的固溶强化作用,从而提高钢的强度,降低钢的合金成本。

[0030] 另外,上述化学成分中,因钢水中的氮含量比通常钢中残留氮含量高,钛的加入也更加容易形成V(C,N)质点和Ti(C,N)质点,从而促进了V、Ti的析出,能够更加充分的发挥钒和铌的沉淀强化和晶粒细化作用,以提高钢的综合力学性能,在同等力学性能的前提下,可减少钒和钛的使用量。

[0031] 本发明还提供了一种含V、Ti微合金建筑钢棒材的生产方法,包括以下步骤:

[0032] a、转炉冶炼

[0033] 首先在转炉内加入铁水和废钢,要求加入的铁水S含量不大于0.060%,铁水和废钢加入转炉后,利用转炉吹氧脱C的功能,将铁水和废钢初炼成钢水,当钢水成分初炼到0.05%~0.15%的C,P不大于0.025%、S不大于0.035%,且出钢温度不低于1650℃时出钢到钢包中;

[0034] 出钢过程中加入含有Si元素的FeSi合金,含有Mn元素的FeMn合金,以及含有V元素的合金和含有Ti元素的合金和增碳剂,所述增碳剂为C粉或无烟煤,控制C在0.15%~0.30%范围内、控制Si在0.30%~1.00%范围内,控制Mn在0.60%~1.30%范围内,控制V在0.010%~0.100%范围内,控制Ti在0.010%~0.100%范围内;在出钢1/3时开始加入FeSi、FeMn和FeV或者VN合金和FeTi,出钢至2/3时必须加完;

[0035] 上述合金的加入中,也可采用含有Si和Mn的FeSiMn合金代替FeSi和FeMn合金;

[0036] b、转炉炉后吹入惰性气体并喂入包芯线

[0037] 当出钢完成后,钢水包立即接入管道,向钢包中的钢液吹入惰性气体,吹入的惰性气体可以是氩气,也可以是氮气,吹入惰性气体的时间应不低于2min;规定惰性气体的吹入时间不低于2min是为了保证钢液有足够的循环时间,可以使加入的各类合金充分熔化和均匀;

[0038] 吹入惰性气体时间大于2min后,取样进行N含量检测,根据检验结果采用喂线的方法加入含N包芯线,所述含N包芯线主要为含N合金,如SiN等,控制钢液中N含量在0.0060%~0.0180%范围内;如果炉后钢水中N含量控制较为稳定可不取样进行N含量检测,直接喂入包芯线;

[0039] 喂入包芯线前,钢水包需再次接上吹入惰性气体的管道,并吹入的惰性气体后才能喂入含N的包芯线,惰性气体可以是氩气,也可以是氮气,当喂线完成后吹入惰性气体的

时间还需延长2min以上,以保证钢液中N元素的均匀性,并控制出站钢水温度;

[0040] 出站前进行测温,确保出站温度高于钢的液相线温度60~90℃;

[0041] c、连铸成钢坯

[0042] 控制连铸机中包的过热度为20~50℃,该温度是通过上述转炉出钢和炉后出站温度的控制来实现的;

[0043] 钢液连铸成的钢坯断面为150mm×150mm~200mm×200mm的方坯,低于150mm×150mm的方坯断面小不利于转炉流程的连续作业,大于200mm×200mm的方坯断面则会延长后续轧制钢坯时的加热时间;

[0044] 钢液连铸成的钢坯,在空气中自然冷却到室温;

[0045] d、钢坯加热和轧制

[0046] 钢坯的加热要求总加热时间为90~120min,加热炉最高加热温度为1220℃,最高均热温度为1200℃,钢坯出加热炉的温度控制在1000~1200℃范围内;

[0047] 最终成品规格是 $\phi 12\text{mm}\sim\phi 40.0\text{mm}$ 的圆棒,或者是具有与GB 1499.2中所规定的带肋钢筋外型的 $\phi 12\text{mm}\sim\phi 40.0\text{mm}$ 用建筑用带肋钢筋,均可采用连续式棒材轧制生产线进行轧制。

[0048] 下面将通过实施例对本发明的具体实施方式做进一步的解释说明,但不表示将本发明的保护范围限制在实施例所述范围内。

[0049] 实施例1用本发明方法制备含V、Ti微合金建筑钢棒材

[0050] 某钢铁厂在公称容量120吨(实际出钢量在120~140吨范围内)转炉流程上采用本发明技术生产建筑用带肋钢筋,生产工艺为转炉冶炼→炉后吹入惰性气体+喂入包芯线→6机6流方坯连铸机浇铸成150mm×150mm钢坯→钢坯加热→连续式棒材轧制生产线轧制成 $\phi 12.0\text{mm}$ 带肋钢筋。

[0051] 首先在转炉内加入120吨铁水和20吨废钢,加入的铁水S含量为0.051%。铁水和废钢加入转炉后,利用转炉吹氧脱C的功能,将铁水和废钢初炼成钢水,当钢水成分初炼到0.10%的C、0.025%的P、0.024%的S,温度为1684℃时出钢到钢包中,此时实际出钢量为132吨(转炉冶炼过程中约5%的原料被烧损)。出钢过程中向钢液中加入FeSi、FeMn、FeV、FeTi合金和无烟煤进行Si、Mn、V、Ti和C元素合金化,其中加入的FeSi合金中Si含量为74%,FeMn合金中Mn含量为82%,FeV合金中V含量为78%,FeTi合金中Ti含量为40%,无烟煤中固定C为92%,控制钢水中Si含量为0.30%、Mn含量为0.60%、V含量为0.011%、Ti含量为0.012%、C含量为0.15%。

[0052] 钢水到达炉后小平台后,钢水包立即接入管道,向钢包中的钢液吹入氮气,吹入氮气4min后采用喂线的方法加入含N包芯线,控制钢液中N含量为0.0063%。

[0053] 喂完包芯线后继续吹入氮气2min后进行测温,根据测温结果确定继续吹氮时间以调整钢水温度,出站前再次进行测温,待钢水温度为1570℃时出站,并将钢液送到连铸机进行浇铸。

[0054] 在6机6流方坯连铸机上浇铸成150mm×150mm铸坯,连铸时中间包温度为1544℃,钢的液相线温度为1515℃,在连铸机中包取样分析钢水化学组分为0.15%的C、0.33%的Si、0.61%的Mn、0.03%的Cr、0.011%的V、0.010%的Ti、0.035%的P、0.019%的S、0.0068%的N,其余为Fe和不可避免的其它杂质。铸坯堆垛自然冷却至室温。

[0055] 铸坯冷却后送至连续式棒材生产线进行加热、轧制,轧制规格为 $\phi 12.0\text{mm}$ 的带肋钢筋。铸坯加热温度为 1217°C ,均热温度为 1187°C ,总加热时间达到 95min 后出炉进行轧制,终轧温度为 952°C ,上冷床后进行自然空冷,最后收集、打捆。

[0056] 钢的力学性能检验结果为:ReL(Rp0.2)为 351MPa 、抗拉强度为 465MPa 、伸长率为 37.1% 、最大力总伸长率为 17.8% , 180°C 冷弯合格。钢的组织均为铁素体+珠光体。

[0057] 实施例2用本发明方法制备含V、Ti微合金建筑钢棒材

[0058] 某钢铁厂在公称容量 120吨 (实际出钢量在 $120\sim 140\text{吨}$ 范围内)转炉流程上采用本发明技术生产建筑用带肋钢筋,生产工艺为转炉冶炼 \rightarrow 炉后吹入惰性气体+喂入包芯线 \rightarrow 6机6流方坯连铸机浇铸成 $200\text{mm}\times 200\text{mm}$ 钢坯 \rightarrow 钢坯加热 \rightarrow 连续式棒材轧制生产线轧制成 $\phi 25.0\text{mm}$ 带肋钢筋。

[0059] 首先在转炉内加入 120吨 铁水和 20吨 废钢,加入的铁水S含量为 0.047% 。铁水和废钢加入转炉后,利用转炉吹氧脱C的功能,将铁水和废钢初炼成钢水,当钢水成分初炼到 0.08% 的C、 0.023% 的P、 0.027% 的S,温度为 1662°C 时出钢到钢包中,此时实际出钢量为 136吨 (转炉冶炼过程中约 5% 的原料被烧损)。出钢过程中向钢液中加入FeSi、FeMn、FeV、FeTi合金和无烟煤进行Si、Mn、V、Ti和C元素合金化,其中加入的FeSi合金中Si含量为 74% ,FeMn合金中Mn含量为 82% ,FeV合金中V含量为 78% ,FeTi合金中Ti含量为 40% ,无烟煤中固定C为 92% ,控制钢水中Si含量为 0.95% 、Mn含量为 1.26% 、V含量为 0.097% 、Ti含量为 0.029% 、C含量为 0.30% 。

[0060] 钢水到达炉后小平台后,钢水包立即接入管道,向钢包中的钢液吹入氮气,吹入氮气 4min 后采用喂线的方法加入含N包芯线,控制钢液中N含量为 0.0171% 。

[0061] 喂完包芯线后继续吹入氮气 2min 后进行测温,根据测温结果确定继续吹氮时间以调整钢水温度,出站前再次进行测温,待钢水温度为 1569°C 时出站,并将钢液送到连铸机进行浇铸。

[0062] 在6机6流方坯连铸机上浇铸成 $200\text{mm}\times 200\text{mm}$ 铸坯,连铸时中间包温度为 1532°C ,钢的液相线温度为 1495°C ,在连铸机中包取样分析钢水化学组分为 0.30% 的C、 0.98% 的Si、 1.28% 的Mn、 0.03% 的Cr、 0.096% 的V、 0.029% 的Ti、 0.031% 的P、 0.022% 的S、 0.0177% 的N,其余为Fe和不可避免的其它杂质。铸坯堆垛自然冷却至室温。

[0063] 铸坯冷却后送至连续式棒材生产线进行加热、轧制,轧制规格为 $\phi 25.0\text{mm}$ 的带肋钢筋。铸坯加热温度为 1030°C ,均热温度为 1006°C ,总加热时间达到 95min 后出炉进行轧制,终轧温度为 884°C ,上冷床后进行自然空冷,最后收集、打捆。

[0064] 钢的力学性能检验结果为:ReL(Rp0.2)为 519MPa 、抗拉强度为 689MPa 、伸长率为 16.2% 、最大力总伸长率为 10.9% , 180°C 冷弯合格。钢的组织均为铁素体+珠光体。

[0065] 实施例3用本发明方法制备含V、Ti微合金建筑钢棒材

[0066] 某钢铁厂在公称容量 120吨 (实际出钢量在 $120\sim 140\text{吨}$ 范围内)转炉流程上采用本发明技术生产建筑用带肋钢筋,生产工艺为转炉冶炼 \rightarrow 炉后吹入惰性气体+喂入包芯线 \rightarrow 6机6流方坯连铸机浇铸成 $200\text{mm}\times 200\text{mm}$ 钢坯 \rightarrow 钢坯加热 \rightarrow 连续式棒材轧制生产线轧制成 $\phi 40.0\text{mm}$ 带肋钢筋。

[0067] 首先在转炉内加入 120吨 铁水和 20吨 废钢,加入的铁水S含量小于为 0.055% 。铁水和废钢加入转炉后,利用转炉吹氧脱C的功能,将铁水和废钢初炼成钢水,当钢水成分初炼

到0.06%的C、0.018%的P、0.025%的S,温度为1683℃时出钢到钢包中,此时实际出钢量为133吨(转炉冶炼过程中约5%的原料被烧损)。出钢过程中向钢液中加入FeSi、FeMn、FeV、FeTi合金和无烟煤进行Si、Mn、V、Ti和C元素合金化,其中加入的FeSi合金中Si含量为74%,FeMn合金中Mn含量为82%,FeV合金中V含量为78%,FeTi合金中Ti含量为40%,无烟煤中固定C为92%,控制钢水中Si含量为0.52%、Mn含量为0.97%、V含量为0.053%、Ti含量为0.021%、C含量为0.22%。

[0068] 钢水到达炉后小平台后,钢水包立即接入管道,向钢包中的钢液吹入氮气,吹入氮气4min后采用喂线的方法加入含N包芯线,控制钢液中N含量为0.0114%。

[0069] 喂完包芯线后继续吹入氮气2min后进行测温,根据测温结果确定继续吹氮时间以调整钢水温度,出站前再次进行测温,待钢水温度为1667℃时出站,并将钢液送到连铸机进行浇铸。

[0070] 在6机6流方坯连铸机上浇铸成200mm×200mm铸坯,连铸时中间包温度为1537℃,钢的液相线温度为1510℃,在连铸机中包取样分析钢水化学组分为0.22%的C、0.55%的Si、0.96%的Mn、0.03%的Cr、0.053%的V、0.020%的Ti、0.025%的P、0.021%的S、0.0117%的N,其余为Fe和不可避免的其它杂质。铸坯堆垛自然冷却至室温。

[0071] 铸坯冷却后送至连续式棒材生产线进行加热、轧制,轧制规格为 $\phi 40.0\text{mm}$ 的带肋钢筋。铸坯加热温度为1128℃,均热温度为1106℃,总加热时间达到95min后出炉进行轧制,终轧温度为903℃,上冷床后进行自然空冷,最后收集、打捆。

[0072] 钢的力学性能检验结果为:ReL (Rp0.2)为434MPa、抗拉强度为570、伸长率为21.9%、最大力总伸长率为15.2%,180℃冷弯合格。钢的组织均为铁素体+珠光体。