



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113122776 B

(45) 授权公告日 2022.04.08

(21) 申请号 202110428456.8 *C22C 38/04* (2006.01)  
(22) 申请日 2021.04.21 *C22C 38/06* (2006.01)  
(65) 同一申请的已公布的文献号 *C22C 38/42* (2006.01)  
申请公布号 CN 113122776 A *C22C 38/44* (2006.01)  
(43) 申请公布日 2021.07.16 *C22C 38/46* (2006.01)  
(73) 专利权人 江苏永钢集团有限公司 *C22C 38/48* (2006.01)  
地址 215600 江苏省苏州市张家港市南丰 *C22C 38/50* (2006.01)  
镇永联工业园 *C22C 33/04* (2006.01)  
(72) 发明人 高华耀 刘栋林 江宏亮 葛建宏 *B21B 1/18* (2006.01)  
周湛 孙智伟 曹剑山 *B21B 37/74* (2006.01)  
(74) 专利代理机构 南京智造力知识产权代理有 *B21B 45/02* (2006.01)  
限公司 32382  
代理人 陈佳佳  
(51) Int. Cl. *C22C 38/02* (2006.01)

审查员 艾芬

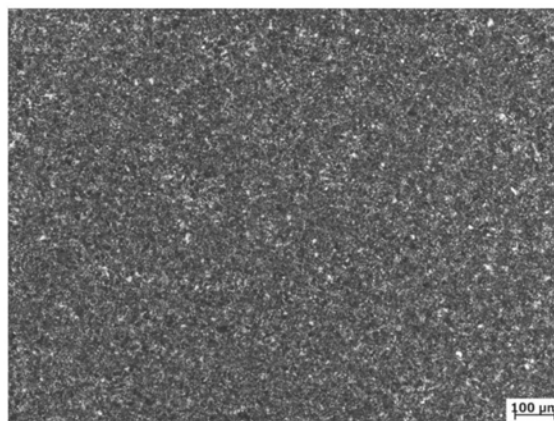
权利要求书1页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢及其生产工艺

(57) 摘要

本发明属于非调质钢技术领域,涉及一种高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢及其生产工艺;钢材成分为:C0.38~0.45%、Si0.50~0.70%、Mn1.20~1.60%、P≤0.020%、S≤0.035%、Cr0.10~0.20%、V0.08%~0.18%、Nb0.010%~0.030%、Ti0.010%~0.030%、Ni≤0.025%、Mo≤0.015%、Al≤0.030%、Cu≤0.2%、N130~200ppm、H≤2.0ppm、O≤20ppm、余量为Fe及不可避免杂质;本发明通过优化组分,提升硅含量,结合半连轧技术实现控轧控冷工艺,最终得到性能优异的中、大规格直径直接切削用非调质钢。



1. 一种高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢的生产工艺,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,浇铸成钢坯;钢坯在加热炉加热后进行热轧;加热炉分为三个阶段,预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,加热段 $900\sim 1250$ ,均热段 $1180\sim 1240^{\circ}\text{C}$ ,钢坯加热的时间为 $5\sim 6\text{h}$ ,最后得到加热后的钢坯;

(2) 加热后的钢坯,开启高压水除磷,去除钢坯表面的氧化铁皮;

(3) 除磷后的钢坯在开坯机经过 $7\sim 17$ 道次轧制成中间矩形坯,所述开坯轧制的温度为 $1120\sim 980^{\circ}\text{C}$ ,前4道单道次变形量 $\geq 20\%$ ;

(4) 步骤(3)中轧制得到的中间矩形坯进行待温处理,待温处理后的温度为 $850\sim 920^{\circ}\text{C}$ ,待温处理的时间为 $4.5\sim 6$ 分钟;

(5) 待温处理后的中间矩形坯进入连轧机经 $5\sim 9$ 道次轧制成圆钢棒材,圆钢棒材终轧温度 $780\sim 880^{\circ}\text{C}$ ;所述圆钢棒材的直径为 $140\text{mm}$ ;

(6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后进行穿水冷却,冷却后的温度为 $325\sim 450^{\circ}\text{C}$ ;

(7) 缓冷:冷却后的圆钢棒材进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至 $520\sim 640^{\circ}\text{C}$ ,锯切后上冷床入坑缓冷,出坑温度 $\leq 200^{\circ}\text{C}$ ,再经精整、矫直工序、得到所需钢材,检测后入库;

所述高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢,由下列重量百分比的成分组成:

C: $0.38\sim 0.45\%$ 、Si: $0.50\sim 0.70\%$ 、Mn: $1.20\sim 1.60\%$ 、P $\leq 0.020\%$ 、S $\leq 0.035\%$ 、Cr: $0.10\sim 0.20\%$ 、V: $0.08\%\sim 0.18\%$ 、Nb: $0.010\%\sim 0.030\%$ 、Ti: $0.010\%\sim 0.030\%$ 、Ni $\leq 0.025\%$ 、Mo $\leq 0.015\%$ 、Al $\leq 0.030\%$ 、Cu $\leq 0.2\%$ 、N: $130\sim 200\text{ppm}$ 、H $\leq 2.0\text{ppm}$ 、O $\leq 20\text{ppm}$ ;余量为Fe及不可避免杂质。

2. 根据权利要求1所述的高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢的生产工艺,其特征在于,步骤(1)中,所述均热段的加热时间为 $2\sim 3\text{h}$ 。

3. 根据权利要求1所述的高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢的生产工艺,其特征在于,步骤(2)中,所述除磷压力为 $20\sim 30\text{MPa}$ 。

4. 根据权利要求1所述的高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢的生产工艺,其特征在于,步骤(6)中,所述穿水冷却具体方式为:经 $3\sim 5$ 段穿水冷却,控制每段阀门开度为 $4\%\sim 30\%$ ,通过控制穿水冷却装置的阀门开度调节水流量进而控制圆钢冷却的强弱;采用强冷-弱冷交替的方式,即相邻两段阀门的开度相差不小于 $5\%$ 。

## 一种高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢及其生产工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于非调质钢技术领域,具体涉及一种高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢及其生产工艺。

### 背景技术

[0002] 《GB/T 15712非调质机械结构钢》仅对 $\Phi 60\text{mm}$ 以下的直接切削用非调质钢提出了明确的力学性能要求,而对 $\Phi 60\text{mm}$ 以上的钢材力学性能由用户和供应商协商确定。随着人们对环保、加工成本、加工周期及材料稳定性越来越重视,迫切希望机械加工行业切削用棒材如注塑机拉杆、机械类油缸活塞杆零部件等大尺寸(直径 $\Phi 75\sim 140\text{mm}$ )圆棒产品采用直接切削用非调质钢代替调质钢,但随着非调质热轧圆钢使用规格逐渐增大,造成圆钢截面硬度差变大、圆钢截面晶粒度大小不均、圆钢心部力学性能降低等问题。迫切需要对中大规格非调质做出一些理论与工业化生产之间的研究工作,于此同时相关文献已经报道非调质钢沉淀强化+弥散析出强化对控轧控冷需求更为密切,控制铁素体-珠光体非调质钢轧后冷却速度,特别是在 $800\sim 500^\circ\text{C}$ 区间的冷却速度可细化铁素体晶粒,增加珠光体占比和缩小片间距,通过低温轧制能够控制冷却效果得以实现提高钢材的强度和韧性。

[0003] 随着人们对环境、零件加工成本、零件加工周期的日益重视,迫切希望轴类件和杆类件借鉴国外先进的经验,使用非调质钢代替原有的调质钢产品。

[0004] 注塑机中的拉杆(被称为哥林柱杆)是注塑机中最主要的承受力部件,是决定注塑机使用性能和使用寿命的关键性因素,对圆棒的力学性能要求较高,同时由于拉杆的长径(长度/直径)比大,需要钢材具有非常好的切削加工性能,表面硬度均匀且不能太高,否则对机械加工造成影响。目前市场上注塑机使用的材质主要是调质后的42CrMo和4145H合金结构钢,由于零件调质过程增加能耗且污染环境,同时钢材产生氧化、脱碳、变形、开裂等缺陷。对于开发新型非调质钢以逐步替代42CrMo、4145H、40Cr等调质钢变的急为迫切。

[0005] 调研发现,受制于大规格圆棒生产难度大,国内外钢厂具备大规格组距产品采用半连轧技术实现控轧控冷(开坯机+精轧+穿水冷却)鲜有报道,半连轧轧线的优势采用开坯大压下量、在线待温、低温连轧、穿水冷却,最终实现控轧控冷满足大规格非调质钢性能要求。目前只有小规格才有报道( $\leq 60\text{mm}$ 圆钢专利号:CN 111378891A、CN 11549282A)因此,设计得到一种强度、韧性、硬度、加工性各项性能优异的中、大规格直径直接切削用非调质钢,成为我国钢铁行业亟需解决的关键问题。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的技术缺陷,针对中、大规格直径直接切削用非调质钢产品,力学性能和切削加工性能波动大难以满足要求。本发明提供一种高强韧性中、大规格直径直接切削用非调质钢,采用半连轧技术实现控轧控冷,使其具有良好的力学性能和加工性能。

[0007] 为了实现以上目的,本发明首先提供一种高强韧性中、大直径直接切削用非调质

钢,具有高强度、高韧性、优异切削加工性能,由下列重量百分比的成分组成:

[0008] C:0.38~0.45%、Si:0.50~0.70%、Mn:1.20~1.60%、 $P\leq 0.020\%$ 、 $S\leq 0.035\%$ 、Cr:0.10~0.20%、V:0.08%~0.18%、Nb:0.010%~0.030%、Ti:0.010%~0.030%、Ni $\leq 0.025\%$ 、Mo $\leq 0.015\%$ 、Al $\leq 0.030\%$ 、Cu $\leq 0.2\%$ 、N:130~200ppm、H $\leq 2.0$ ppm、O $\leq 20$ ppm;余量为Fe及不可避免杂质。

[0009] 成分设计:

[0010] 针对中、大规格直径直接切削用非调质钢产品,力学性能和切削加工性能波动大难以满足要求。通过优化合金设计成分,圆棒具有良好的力学性能和加工性能,能够满足注塑机拉杆的设计要求。目前市场上的非调质钢,大多是在碳锰钢的基础上添加一定量的V-Ti、V-Nb、V-Nb-Ti、复合添加方式,采用微合金强化,充分发挥细晶强化、沉淀强化的效果,其中V和Ti属于高温稳定型碳化物,在钢坯高温段加热时可以有效的抑制晶粒度的长大,同时Nb的加入可提高奥氏体在结晶的温度,在轧制后期可以使奥氏体充分扁平化而不发生再结晶转变,畸变的奥氏体在后续相变中,更加有利于细小铁素体团簇产生。

[0011] 本发明在常规非调质钢进一步增加硅含量,常规的非调质钢硅含量小于0.50%,一般常规非调质钢都将硅控制在脱氧需要的范围内,如果将硅作为合金元素加入钢中,其含量不超过0.50%(专利号:CN 111378891A、CN 111647800A、CN 110964975A)。硅在钢中主要以固溶形式存在,主要起固溶强化作用,能显著提高铁素体的体积分数并强化铁素体组织。增加硅含量能使珠光体C曲线左移,提高碳元素的活度,促进碳在奥氏体的扩散,增加碳化物沉淀析出。通过以上综合作用的结合,铁水使用70%-80%,设计得到一种强度、韧性、硬度、加工性各项性能优异的中、大规格直径直接切削用非调质钢。

[0012] 本发明还提供一种高强韧性中、大直径直接切削用非调质钢的生产工艺,采用半连轧技术实现控轧控冷步骤,包括以下步骤:

[0013] (1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,浇铸成钢坯;钢坯在加热炉加热后进行热轧;加热炉分为三个阶段,预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,加热段900-1250,均热段1180~1240 $^{\circ}\text{C}$ ,钢坯加热的时间为5-6h,最后得到加热后的钢坯;

[0014] (2) 加热后的钢坯,开启高压水除磷,去除钢坯表面的氧化铁皮;

[0015] (3) 除磷后的钢坯在开坯机经过7~17道次轧制成中间矩形坯,所述开坯轧制的温度为1120~980 $^{\circ}\text{C}$ ,前4道单道次变形量 $\geq 17\%$ ;

[0016] (4) 步骤(3)中轧制得到的中间矩形坯进行待温处理,待温处理后的温度为850~920 $^{\circ}\text{C}$ ,待温处理的时间为4.5~6分钟;

[0017] (5) 待温处理后的中间矩形坯进入连轧机经5~9道次轧制成圆钢棒材,圆钢棒材终轧温度780~880 $^{\circ}\text{C}$ ;

[0018] (6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后进行穿水冷却,冷却后的温度为325-450 $^{\circ}\text{C}$ ;

[0019] (7) 缓冷:冷却后的圆钢棒材进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至520~640 $^{\circ}\text{C}$ ,锯切后上冷床入坑缓冷,出坑温度 $\leq 200^{\circ}\text{C}$ ,再经精整、矫直工序、得到所需钢材,检测后入库。

[0020] 优选的,步骤(1)中,所述均热段的加热时间为2~3h。

[0021] 优选的,步骤(2)中,所述除磷压力为20~30MPa。

[0022] 优选的,步骤(3)中,所述前4道单道次变形量 $\geq 20\%$ 。

[0023] 优选的,步骤(5)中,所述圆钢棒材的直径为75~140mm。

[0024] 优选的,步骤(6)中,所述穿水冷却具体方式为:经3-5段穿水冷却,控制每段阀门开度为4%~30%,通过控制穿水冷却装置的阀门开度调节水流量进而控制圆钢冷却的强弱采用强冷-弱冷交替的方式,即相邻两段阀门的开度相差不小于5%。

[0025] 本发明的优点和技术效果是:

[0026] 1、本发明采用半连轧控轧控冷技术生产中、大规格非调质钢,通过开坯大变形量及待温方式控制轧制,通过多段穿水管复合方式冷却系统控制冷却,最终得到理想的组织和综合的力学性能。

[0027] 2、通过设计非调质钢化学成分,在原有常规非调质钢进一步增加硅含量,能显著提高铁素体的体积分数并强化铁素体组织。增加硅含量能使珠光体C曲线左移,提高碳元素的活度,促进碳在奥氏体的扩散,增加碳化物沉淀析出;得到一种强度、韧性、硬度、加工性各项性能优异的中、大规格直径直接切削用非调质钢。

[0028] 3、V、Ti等微合金元素添加,降低其它合金元素使原材料成本降低,微合金同时加入形成复合碳化物析出,碳化物析出尺寸小且析出温度宽泛,对奥氏体晶粒具有钉扎作用能有效阻止加热过程奥氏体晶粒长大,在轧制时能延缓再结晶过程,改善和增加材料的冲击韧性,使得钢材的强度和韧性均得到大幅度提高。

[0029] 4、本发明除微合金作用效果以外,在开坯机前4道大变形量使钢坯铸态组织充分压碎奥氏体晶粒得到细化;连轧采用低温轧制,阻止奥氏体晶粒在结晶,有助于后续相变获得更细小的铁素体和珠光体组织,实现钢材的高强韧性。

[0030] 5、本发明设计了在开坯轧制和连续轧制之间,在连轧前进行待温空冷,为实现连轧低温轧制造成条件;开坯轧制不需要待温通过开坯大压下量得到充分变形的奥氏体晶粒。

[0031] 6、本发明设计成型工艺分成连续多道工序,在第一支坯料进入连轧步骤后,第二支坯料可进入开坯轧制步骤,然后第二支坯料进入连轧步骤后,第三支坯料可进入开坯轧制步骤,以此类推,此种连续生产工艺方法,满足连铸坯-中间坯中间待温轧制工艺要求,抵消待温造成时间浪费,保证待温轧制与正常轧制的产能相近,提高待温轧制的生产效率。

## 附图说明

[0032] 图1为实施例1所制备钢材的金相图片。

[0033] 图2为实施例1所制备钢材的晶粒度图片。

## 具体实施方式

[0034] 以下结合实例对本发明进行详细描述,但本发明不局限于这些实施例。

[0035] 实施例1:

[0036] 本实施例涉及的圆钢直径为140mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.42%、Si:0.58%、Mn:1.40%、P:0.011%、S:0.003%、Cr:0.18%、V:0.09%、Nb:0.022%、Ti:0.014%、Ni:0.014%、Mo:0.011%、Al:0.013%、Cu:0.017%、N:155ppm、H:1.0ppm、O:17ppm;余量为Fe及不可避免杂质。

[0037] (1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,经过冶炼,钢水采用18~35℃的过热度全程保护浇注成P500连铸圆坯,连铸坯 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 进坑缓冷 $\geq 36$ 小时;将连铸圆坯进入步进梁式加热炉进行加热,经过预热段、加热段、均热段三段加热,加热总时间为5h;其中预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,均热段加热温度控制在 $1240^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热时间为3h;最后得到加热后的钢坯;

[0038] (2) 钢坯在辊道上经过高压水除鳞后去除钢坯氧化铁皮,除磷压力为30MPa;

[0039] (3) 除磷后的钢坯直接进入往返式轧机(开坯机),经过11道轧制成中间坯型 $200^{\circ}\times 220\text{mm}$ ,前4道单道次变形量 $\geq 20\%$ ;开坯轧制温度控制为 $1110^{\circ}\text{C}$ ;

[0040] (4) 中间坯出开坯机在连轧机前辊道待温空冷,在辊道上待温至 $875^{\circ}\text{C}$ ,待温时间约6.5分钟,然后进行中间坯切头和切尾;

[0041] (5) 待温处理后的中间矩形坯表面温度降至 $835^{\circ}\text{C}$ 后进入连轧机组,经过5道次轧制成 $140\text{mm}$ 圆钢,终轧温度约在 $780^{\circ}\text{C}$ ;

[0042] (6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后立即进入水冷系统(穿管)穿水冷却,采用五段穿水管穿水,控制第一段阀门开度30%,控制第二段阀门开度20%,控制第三段阀门开度10%,控制第四段阀门开度20%,控制第五段阀门开度10%,圆钢穿水结束后表面温度冷却至约 $325^{\circ}\text{C}$ ,从进第一段穿水管至出第五段穿水管时间为1分钟;

[0043] (7) 圆钢进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至 $550^{\circ}\text{C}$ ,锯切后上冷床,随后下线进坑缓冷、精整、矫直工序、检测后入库。

[0044] 实施例2:

[0045] 本实施例涉及的圆钢直径为 $110\text{mm}$ ,其化学成分按质量百分比计为:C:0.42%、Si:0.60%、Mn:1.44%、P:0.010%、S:0.003%、Cr:0.17%、V:0.10%、Nb:0.023%、Ti:0.012%、Ni:0.016%、Mo:0.003%、Al:0.013%、Cu:0.020%、N:149ppm、H:1.0ppm、O:20ppm;余量为Fe及不可避免杂质。

[0046] (1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,经过冶炼,钢水采用18~35℃的过热度全程保护浇注成P500连铸圆坯,连铸坯 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 进坑缓冷 $\geq 36$ 小时;将连铸圆坯进入步进梁式加热炉进行加热,经过预热段、加热段、均热段三段加热,加热的总时间为5h;其中预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热温度控制在 $1240^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热时间为3h;最后得到加热后的钢坯;

[0047] (2) 钢坯在辊道上经过高压水除鳞后去除钢坯氧化铁皮,除磷压力为30MPa;

[0048] (3) 除磷后的钢坯直接进入往返式轧机(开坯机),经过17道轧制成坯型 $175^{\circ}\times 200\text{mm}$ ,前4道变形量 $\geq 20\%$ ;开坯轧制温度控制为 $990^{\circ}\text{C}$ ;

[0049] (4) 中间坯出开坯机在连轧机前辊道待温空冷,在辊道上待温至 $880^{\circ}\text{C}$ ,待温时间约5.5分钟,然后进行中间坯切头和切尾;

[0050] (5) 待温处理后的中间矩形坯表面温度降至 $840^{\circ}\text{C}$ 后进入连轧机组,经过7道次轧制成 $110\text{mm}$ 圆钢,终轧温度在 $770^{\circ}\text{C}$ ;

[0051] (6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后立即进入水冷系统(穿管)穿水冷却,采用四段穿水管穿水,控制第一段阀门开度30%,控制第二段阀门开度20%,控制第三段阀门开度25%,控制第四段阀门开度10%,圆钢穿水结束后表面温度冷却至 $384^{\circ}\text{C}$ ,从进第一段穿水管至出第四段穿水管时间0.7分钟;

[0052] (7) 圆钢进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至 $570^{\circ}\text{C}$ ,锯切后上冷床,随后下线进坑缓冷、精整、矫直工序、检测后入库。

[0053] 实施例3:

[0054] 本实施例涉及的圆钢直径为80mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.42%、Si:0.57%、Mn:1.40%、P:0.014%、S:0.004%、Cr:0.16%、V:0.09%、Nb:0.018%、Ti:0.014%、Ni:0.013%、Mo:0.010%、Al:0.014%、Cu:0.015%、N:157ppm、H:0.8ppm、O:17ppm;余量为Fe及不可避免杂质。

[0055] (1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,经过冶炼,钢水采用18~35℃的过热度全程保护浇注成P500连铸圆坯,连铸坯 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 进坑缓冷 $\geq 36$ 小时;将连铸圆坯进入步进梁式加热炉进行加热,经过预热段、加热段、均热段三段加热,加热总时间为5h;其中预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热温度控制在 $1240^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热时间为2h;最后得到加热后的钢坯;

[0056] (2) 钢坯在辊道上经过高压水除鳞后去除钢坯氧化铁皮,除磷压力为30MPa;

[0057] (3) 除磷后的钢坯直接进入往返式轧机(开坯机),经过11道轧制成坯型150\*180mm,前4道单道次变形量 $\geq 20\%$ ;开坯轧制温度控制为 $1000^{\circ}\text{C}$ ;

[0058] (4) 中间坯出开坯机在连轧机前辊道待温空冷,在辊道上待温至 $885^{\circ}\text{C}$ ,待温时间5分钟,然后进行中间坯切头和切尾;

[0059] (5) 待温处理后的中间矩形坯表面温度降至 $850^{\circ}\text{C}$ 后进入连轧机组,经过9道次轧制成80mm圆钢,终轧温度约在 $760^{\circ}\text{C}$ ;

[0060] (6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后立即进入水冷系统(穿管)穿水冷却,采用三段穿水管穿水,控制第一段阀门开度20%,控制第二段阀门开度15%,控制第三段阀门开度10%,圆钢穿水结束后表面温度冷却至约 $412^{\circ}\text{C}$ ,从进第一段穿水管至出第三段穿水管时间0.6分钟;

[0061] (7) 圆钢进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至 $570^{\circ}\text{C}$ ,锯切后上冷床,随后下线进坑缓冷、精整、矫直工序、检测后入库。

[0062] 实施例4:

[0063] 本实施例涉及的圆钢直径为80mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.41%、Si:0.50%、Mn:1.41%、P:0.015%、S:0.005%、Cr:0.17%、V:0.10%、Nb:0.020%、Ti:0.014%、Ni:0.014%、Mo:0.015%、Al:0.015%、Cu:0.015%、N:165ppm、H:0.9ppm、O:10ppm;余量为Fe及不可避免杂质;

[0064] (1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,经过冶炼,钢水采用18~35℃的过热度全程保护浇注成P500连铸圆坯,连铸坯 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 进坑缓冷 $\geq 36$ 小时;将连铸圆坯进入步进梁式加热炉进行加热,经过预热段、加热段、均热段三段加热,加热总时间为5h;其中预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热温度控制在 $1220^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热时间为2h;最后得到加热后的钢坯;

[0065] (2) 钢坯在辊道上经过高压水除鳞后去除钢坯氧化铁皮,除磷压力为30MPa;

[0066] (3) 除磷后的钢坯直接进入往返式轧机(开坯机),经过11道轧制成坯型150\*180mm前4道单道次变形量 $\geq 20\%$ ;开坯轧制温度控制为 $1110^{\circ}\text{C}$ ;

[0067] (4) 中间坯出开坯机在连轧机前辊道待温空冷,在辊道上待温至 $860^{\circ}\text{C}$ ,待温时间6分钟,然后进行中间坯切头和切尾;

[0068] (5) 待温处理后的中间矩形坯表面温度降至 $830^{\circ}\text{C}$ 后进入连轧机组,经过9道次轧制成80mm圆钢,终轧温度约在 $780^{\circ}\text{C}$ ;

[0069] (6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后立即进入水冷系统(穿管)穿水冷却,采

用三段穿水管穿水,控制第一段阀门开度20%,控制第二段阀门开度15%,控制第三段阀门开度8%,圆钢穿水结束后表面温度冷却至约412℃,从进第一段穿水管至出第三段穿水管时间0.6分钟;

[0070] (7) 圆钢进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至570℃,锯切后上冷床,随后下线进坑缓冷、精整、矫直工序、检测后入库。

[0071] 实施例5:

[0072] 本实施例涉及的圆钢直径为80mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.42%、Si:0.60%、Mn:1.38%、P:0.012%、S:0.001%、Cr:0.17%、V:0.10%、Nb:0.019%、Ti:0.014%、Ni:0.016%、Mo:0.016%、Al:0.013%、Cu:0.019%、N:151ppm、H:1.0ppm、O:11ppm;余量为Fe及不可避免杂质。

[0073] (1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,经过冶炼,钢水采用18~35℃的过热度全程保护浇注成P500连铸圆坯,连铸坯 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 进坑缓冷 $\geq 36$ 小时;将连铸圆坯进入步进梁式加热炉进行加热,经过预热段、加热段、均热段三段加热,加热总时间为5h;其中预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热温度控制在 $1200^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热时间为2h;最后得到加热后的钢坯;

[0074] (2) 钢坯在辊道上经过高压水除鳞后去除钢坯氧化铁皮,除磷压力为30MPa;

[0075] (3) 除磷后的钢坯直接进入往返式轧机(开坯机),经过11道轧制成中间坯型 $200*220\text{mm}$ ,前4道单道次变形量 $\geq 20\%$ ;开坯轧制温度控制为 $1110^{\circ}\text{C}$ ;

[0076] (4) 中间坯出开坯机在连轧机前辊道待温空冷,在辊道上待温至 $880^{\circ}\text{C}$ ,待温时间5分钟,然后进行中间坯切头和切尾;

[0077] (5) 待温处理后的中间矩形坯表面温度降至 $850^{\circ}\text{C}$ 后进入连轧机组,经过9道次轧制成80mm圆钢,终轧温度在 $800^{\circ}\text{C}$ ;

[0078] (6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后立即进入水冷系统(穿管)穿水冷却,采用三段穿水管穿水,控制第一段阀门开度20%,控制第二段阀门开度15%,控制第三段阀门开度8%,圆钢穿水结束后表面温度冷却至约 $418^{\circ}\text{C}$ ,从进第一段穿水管至出第三段穿水管时间0.6分钟;

[0079] (7) 圆钢进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至 $570^{\circ}\text{C}$ ,锯切后上冷床,随后下线进坑缓冷、精整、矫直工序、检测后入库。

[0080] 实施例6:

[0081] 本实施例涉及的圆钢直径为80mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.42%、Si:0.70%、Mn:1.38%、P:0.009%、S:0.002%、Cr:0.17%、V:0.10%、Nb:0.023%、Ti:0.014%、Ni:0.016%、Mo:0.007%、Al:0.015%、Cu:0.022%、N:148ppm、H:1.0ppm、O:17ppm;余量为Fe及不可避免杂质;(1) 按照各成分混合物料,经过冶炼,经过冶炼,钢水采用18~35℃的过热度全程保护浇注成P500连铸圆坯,连铸坯 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 进坑缓冷 $\geq 36$ 小时;将连铸圆坯进入步进梁式加热炉进行加热,经过预热段、加热段、均热段三段加热,加热总时间为5h;其中预热段 $\leq 900^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热温度控制在 $1240^{\circ}\text{C}$ ,均热段的加热时间为3h;最后得到加热后的钢坯;

[0082] (2) 钢坯在辊道上经过高压水除鳞后去除钢坯氧化铁皮,除磷压力为30MPa;

[0083] (3) 除磷后的钢坯直接进入往返式轧机(开坯机),经过11道轧制成中间坯型 $150*180\text{mm}$ ,前4道单道次变形量 $\geq 20\%$ ;开坯轧制温度控制为 $1110^{\circ}\text{C}$ ;



[0084] (4) 中间坯出开坯机在连轧机前辊道待温空冷,在辊道上待温至900℃,待温时间4.5分钟,然后进行中间坯切头和切尾;

[0085] (5) 待温处理后的中间矩形坯表面温度降至870℃后进入连轧机组,经过9道次轧制成80mm圆钢,终轧温度约在820℃;

[0086] (6) 将步骤(5)连轧后的圆钢棒材出轧机后立即进入水冷系统(穿管)穿水冷却,采用三段穿水管穿水,控制第一段阀门开度20%,控制第二段阀门开度15%,控制第三段阀门开度10%,圆钢穿水结束后表面温度冷却至约423℃,从进第一段穿水管至出第三段穿水管时间0.6分钟;

[0087] (7) 圆钢进入横移编组系统移至锯切辊道进行锯切,此时圆钢表面反红温度至570℃,锯切后上冷床,随后下线进坑缓冷、精整、矫直工序、检测后入库。

[0088] 本发明设计成型工艺,在具体操作过程中可分成连续多道工序,在第一支坯料进入连轧步骤后,第二支坯料可进入开坯轧制步骤,然后第二支坯料进入连轧步骤后,第三支坯料可进入开坯轧制步骤,以此类推;此种连续生产工艺方法,满足连铸坯-中间坯中间待温轧制工艺要求,抵消待温造成时间浪费,保证待温轧制与正常轧制的产能相近,提高待温轧制的生产效率。

[0089] 本实施例1~6主要代替调质42CrMo、4145H合金结构钢的直切切削非调质钢的生产方法,所述圆钢棒材经过3段~5段穿水冷却,采用强冷-弱冷交替复合冷却,连轧之后棒材温度较高,使用强冷方式使棒材迅速降温,由于热量由高向低传递作用,使圆钢心部热量逐渐向表面传递,为了使圆钢心部热量尽可能多的传递到表面同时避免圆钢温度梯度大造成热应力,强冷后采取弱冷,使得冷却过程中预留较多的时间给心部进行热量传递,弱冷之后表面温度提高,再次用过采取强冷带走圆钢表面温度;如此强冷-弱冷-强冷交替反复,最终使心部温度和表面温度趋于一致,从而确保圆钢组织和力学性能均匀。

[0090] 上述实施例1制备的非调质钢,心部位置放大500倍的金相照片为铁素体和珠光体(图1所示),按照GB/T 6394标准实际晶粒度(100倍图2)评级为9~10级,晶粒度均匀细小,从心部到边缘级差不大于1.5级,心部到边缘力学性能均匀波动范围小,满足一般的机械加工要求,由心部到边缘的硬度差 $\leq 30\text{HBW}$ ,可以有效的避免硬度变化大时对刀具加工产生不利的影响。

[0091] 根据本发明所设计的化学成分范围生产得到非调质钢进行化学分析,分析结果如下表1所示。

[0092] 表1实施例1~6的成分对比(wt%)

实施 例	钢种	C	Si	Mn	Cr	Al	P	S	V	Nb	Ti	N	Fe
[0093] 1#	发明钢	0.42	0.58	1.40	0.18	0.013	0.011	0.003	0.09	0.022	0.014	0.015 5	余量
2#	发明钢	0.42	0.60	1.44	0.17	0.013	0.010	0.003	0.10	0.023	0.012	0.014 9	余量
3#	发明钢	0.42	0.57	1.40	0.16	0.014	0.014	0.004	0.09	0.018	0.014	0.015 7	余量
4#	发明钢	0.41	0.50	1.41	0.17	0.015	0.015	0.005	0.10	0.020	0.014	0.016 5	余量
5#	发明钢	0.42	0.60	1.38	0.16	0.013	0.012	0.001	0.10	0.019	0.014	0.015 1	余量
6#	发明钢	0.42	0.70	1.38	0.17	0.015	0.009	0.002	0.10	0.023	0.014	0.014 8	余量

[0094] 上述实施例1~6的力学性能数据见下表2。

[0095] 表2实施例1~6的力学性能数据

实施 例	钢种	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	面缩率 (%)	冲击值 (AKu/J)	表面硬度 (HBW)
[0096] 1#	发明钢	721	989	17	39	56	322
2#	发明钢	777	983	19	46	60	326
3#	发明钢	812	1028	18	47	76	331
4#	发明钢	785	996	20	53	61	326
5#	发明钢	783	1020	17	40	76	321
6#	发明钢	767	1036	17	39	82	318

[0097] 通过表2可以看出,本发明得到一种强度、韧性、硬度、加工性各项性能优异的中、大规格直径直接切削用非调质钢性;本发明V、Ti等微合金元素添加,降低其它合金元素使原材料成本降低,微合金同时加入形成复合碳化物析出,碳化物析出尺寸小且析出温度宽泛,对奥氏体晶粒具有钉扎作用能有效阻止加热过程奥氏体晶粒长大,在轧制时能延缓再结晶过程;进一步增加Si元素,显著提高铁素体的体积分数并强化铁素体组织;提升增加硅含量能使珠光体C曲线左移,提高碳元素的活度,促进碳在奥氏体的扩散,增加碳化物沉淀析出,改善和增加材料的韧性,使得钢材的强度和韧性均得到大幅度提高。

[0098] 结合半连轧控轧控冷技术,并在在开坯机前4道大变形量使钢坯铸态组织充分压碎奥氏体晶粒得到细化;连轧采用低温轧制,阻止奥氏体晶粒在结晶,有助于后续相变获得更细小的铁素体和珠光体组织,实现钢材的高强韧性。

[0099] 说明:以上实施例仅用以说明本发明而非限制本发明所描述的技术方案;因此,尽管本说明书参照上述的各个实施例对本发明已进行了详细的说明,但是本领域的普通技术人员应当理解,仍然可以对本发明进行修改或等同替换;而一切不脱离本发明的精神和范围的技术方案及其改进,其均应涵盖在本发明的权利要求范围内。

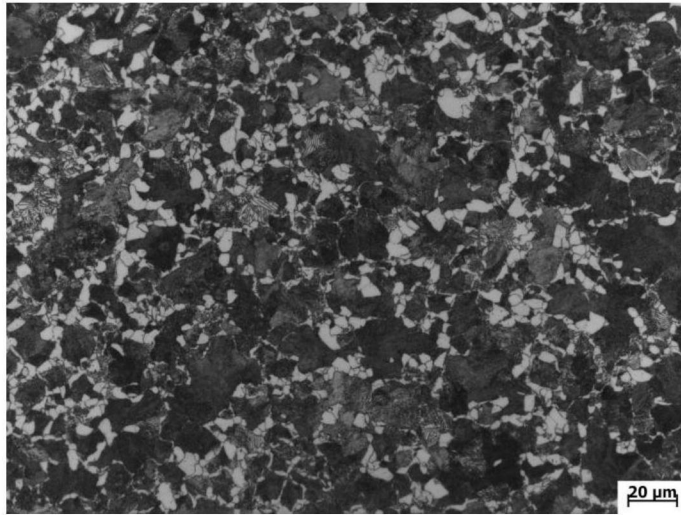


图1

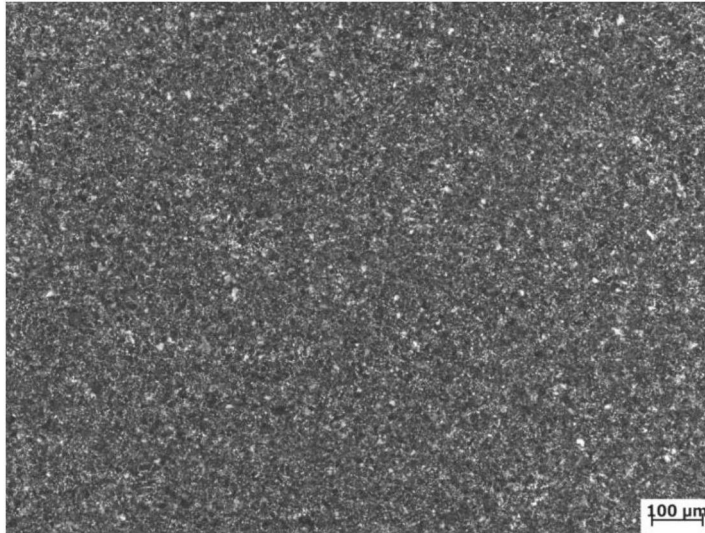


图2