



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102367544 A

(43) 申请公布日 2012. 03. 07

(21) 申请号 201110176691. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 06. 28

G22C 38/14 (2006. 01)

(71) 申请人 南阳汉冶特钢有限公司

G22C 33/04 (2006. 01)

地址 474500 河南省南阳市西峡县回车镇回
车工业区

G21D 8/02 (2006. 01)

(72) 发明人 朱书成 于飒 许少普 张立新
崔冠军 高照海 李忠波 袁永旗
李亮亮 赵迪 刘庆波 贾涛
张强

(74) 专利代理机构 郑州红元帅专利代理事务所
(普通合伙) 41117

代理人 季发军

权利要求书 1 页 说明书 4 页

(54) 发明名称

一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板及其生
产方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板, 所述厚板包含如下质量百分比的化学成分 (单位, wt%): C: 0.06 ~ 0.14、Si: 0.20 ~ 0.45、Mn: 1.30 ~ 1.45、 $P \leq 0.018$ 、 $S \leq 0.007$ 、Als: 0.015 ~ 0.050、Nb: 0.020 ~ 0.040、V: 0.010 ~ 0.025、Ti: 0.015 ~ 0.020, 其它为 Fe 和残留元素。碳当量 $[C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15] : \leq 0.40$ 。通过 KR 铁水预处理、转炉冶炼、吹氩处理、LF 精炼、VD 精炼、连铸、加热、控轧控冷、堆冷工艺, 在原有的 S335K2Z35 高强韧性结构钢的成分基础上, 适当调整 S335K2Z35 中 C、Mn、Nb 合金元素的含量, 并严格控制钢中 P、S 等影响钢板塑韧性的有害元素含量, 严格控制轧钢的加热制度, 轧制过程采用降低终轧温度、轧后提高冷却速度和轧后钢板堆垛缓冷的方式, 从而保证了 S335K2Z35 钢种 15-45mm 厚度钢板的各项性能指标达到标准要求。

1. 一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板,其特征在于:包含如下质量百分比的化学成分(单位,wt%):C:0.06~0.14、Si:0.20~0.45、Mn:1.30~1.45、 $P \leq 0.018$ 、 $S \leq 0.007$ 、Als:0.015~0.050、Nb:0.020~0.040、V:0.010~0.025、Ti:0.015~0.020,其它为Fe和残留元素。

2. 如权利要求1所述的高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板,其特征在于:所述化学成分的碳当量 ≤ 0.40 。

3. 如权利要求1所述的高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板,其特征在于:所述高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板厚度为15-45mm。

4. 如权利要求1所述的高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板的生产方法,其特征在于:包括如下生产步骤:

KR 铁水预处理:到站铁水必须扒前渣与扒后渣,保证液面渣层厚度 $\leq 20\text{mm}$,铁水经KR搅拌脱硫后保证铁水 $S \leq 0.005\%$,保证脱硫周期 $\leq 21\text{min}$ 、脱硫温降 $\leq 20^\circ\text{C}$;

转炉冶炼:采用100/120吨顶底复吹转炉,入炉铁水中按质量百分比含 $S \leq 0.005\%$ 、含 $P \leq 0.080\%$,铁水温度 $\geq 1270^\circ\text{C}$,铁水装入量误差按 $\pm 1\text{t}$ 来控制,过程枪位按前期1.0-1.3m、中期1.2-1.6m、后期1.0-1.1m控制,造渣碱度R按2.5-4.0控制,出钢目标 $P \leq 0.015\%$ 、 $C \geq 0.05\%$ 、 $S \leq 0.012\%$,出钢过程中向钢包内加硅铝钡钙、锰铁合金、硅铁合金和石灰、萤石,出钢前用挡渣塞挡前渣出钢,出钢结束前采用挡渣锥挡渣,保证渣层厚度 $\leq 30\text{mm}$,转炉出钢过程中要求全程吹氩;

吹氩处理:氩站一次性加入铝线,在氩站要求强吹氩3min,流量200-500NL/min,钢液面裸眼直径控制在300~500mm,离氩站温度不得低于 1570°C ;

LF精炼:精炼过程中全程吹氩,加入渣料,碱度按4.0-6.0控制,加入脱氧剂,加热采用电流进行加热,加热时间按两次控制,一加热7-12min、二加热6-10min,二加热过程中补加脱氧剂,并要求粘渣次数大于6次,离站前加入硅钙线,加硅钙线前必须关闭氩气,不采用真空脱气的上钢温度 $1565 \pm 15^\circ\text{C}$,采用真空脱气的上钢温度 $1610 \pm 15^\circ\text{C}$;

VD精炼:VD真空度必须达到67Pa以下,保压时间必须 $\geq 15\text{min}$,破真空后软吹2-5min或不吹,软吹过程中钢水不得裸露,在线包抽真空时间1.7min,覆盖剂保证铺满钢液面,加覆盖剂前必须关闭氩气,上钢温度 $1565 \pm 15^\circ\text{C}$;

连铸:中包过热度 $15 \pm 10^\circ\text{C}$,拉速:0.7m/min,比水量:0.80L/kg,电搅:900A、5Hz、30s-3-30s,连铸浇钢要求全程保护浇铸,大包开浇后1min内必须套保护管,铸坯下线后要求堆冷 $\geq 12\text{h}$;

加热:加热温度及加热时间如下:预热段温度 $900-1000^\circ\text{C}$,加热段温度 $1220-1280^\circ\text{C}$,保温段温度 $1200-1260^\circ\text{C}$,加热速度8-13min/cm;

控轧控冷:开轧温度 $1100^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$,一阶段终轧温度在 $980^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$,待温厚度为成品厚度的2.2~2.5倍,二阶段开轧温度 $\leq 900^\circ\text{C}$,二阶段保证单道次压下率 $\geq 15\%$,累计压下率 $\geq 60\%$,终轧温度 $780 \sim 860^\circ\text{C}$,轧后采用不同的层流冷却,通过调整冷却集管组数,确保冷却速度控制在 $4-6^\circ\text{C}/\text{s}$,返红温度在 $640 \sim 720^\circ\text{C}$ 之间,然后送往矫直机矫直;

堆冷:堆垛缓冷温度不低于 450°C ,堆冷时间 ≥ 24 小时。

一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明属于中厚钢板生产技术领域,具体涉及到一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板及其生产方法。

背景技术

[0002] 在公知的技术中,传统的 S335K2Z35 厚板生产需要进行正火处理,这样使得生产能耗增大,生产成本增高,对企业发展和竞争很不利。

发明内容

[0003] 针对上述问题,本发明提供一种节省成本、生产简便的高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板及其生产方法。

[0004] 一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板,包含如下质量百分比的化学成分(单位,wt%):C :0.06 ~ 0.14、Si :0.20 ~ 0.45、Mn :1.30 ~ 1.45、 $P \leq 0.018$ 、 $S \leq 0.007$ 、Als :0.015 ~ 0.050、Nb :0.020 ~ 0.040、V :0.010 ~ 0.025、Ti :0.015 ~ 0.020,其它为 Fe 和残留元素。

[0005] 所述化学成分的碳当量 ≤ 0.40 。

[0006] 所述高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板厚度为 15-45mm。

[0007] 为达到上述目的,所述高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板的生产方法,包括如下生产步骤:

KR 铁水预处理:到站铁水必须扒前渣与扒后渣,保证液面渣层厚度 $\leq 20\text{mm}$,铁水经 KR 搅拌脱硫后保证铁水 $S \leq 0.005\%$,保证脱硫周期 $\leq 21\text{min}$ 、脱硫温降 $\leq 20^\circ\text{C}$;

转炉冶炼:采用 100/120 吨顶底复吹转炉,入炉铁水中按质量百分比含 $S \leq 0.005\%$ 、含 $P \leq 0.080\%$,铁水温度 $\geq 1270^\circ\text{C}$,铁水装入量误差按 $\pm 1\text{t}$ 来控制,过程枪位按前期 1.0-1.3m、中期 1.2-1.6m、后期 1.0-1.1m 控制,造渣碱度 R 按 2.5-4.0 控制,出钢目标 $P \leq 0.015\%$ 、 $C \geq 0.05\%$ 、 $S \leq 0.012\%$,出钢过程中向钢包内加硅铝钡钙、锰铁合金、硅铁合金和石灰、萤石,出钢前用挡渣塞挡前渣出钢,出钢结束前采用挡渣锥挡渣,保证渣层厚度 $\leq 30\text{mm}$,转炉出钢过程中要求全程吹氩;

吹氩处理:氩站一次性加入铝线,在氩站要求强吹氩 3min,流量 200-500NL/min,钢液面裸眼直径控制在 300 ~ 500mm,离氩站温度不得低于 1570°C ;

LF 精炼:精炼过程中全程吹氩,加入渣料,碱度按 4.0-6.0 控制,加入脱氧剂,加热采用电流进行加热,加热时间按两次控制,一加热 7-12min、二加热 6-10min,二加热过程中补加脱氧剂,并要求粘渣次数大于 6 次,离站前加入硅钙线,加硅钙线前必须关闭氩气,不采用真空脱气的上钢温度 $1565 \pm 15^\circ\text{C}$,采用真空脱气的上钢温度 $1610 \pm 15^\circ\text{C}$;

VD 精炼:VD 真空度必须达到 67Pa 以下,保压时间必须 $\geq 15\text{min}$,破真空后软吹 2-5min 或不吹,软吹过程中钢水不得裸露,在线包抽真空时间 1.7min,覆盖剂保证铺满钢液面,加覆盖剂前必须关闭氩气,上钢温度 $1565 \pm 15^\circ\text{C}$;

连铸：中包过热度 $15 \pm 10^\circ\text{C}$ ，拉速：0.7m/min，比水量：0.80L/kg，电搅：900A、5Hz、30s-3-30s，连铸浇钢要求全程保护浇铸，大包开浇后 1min 内必须套保护管，铸坯下线后要求堆冷 $\geq 12\text{h}$ ；

加热：加热温度及加热时间如下：预热段温度 $900-1000^\circ\text{C}$ ，加热段温度 $1220-1280^\circ\text{C}$ ，保温段温度 $1200-1260^\circ\text{C}$ ，加热速度 8-13min/cm；

控轧控冷：开轧温度 $1100^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$ ，一阶段终轧温度在 $980^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ ，待温厚度为成品厚度的 2.2 ~ 2.5 倍，二阶段开轧温度 $\leq 900^\circ\text{C}$ ，二阶段保证单道次压下率 $\geq 15\%$ ，累计压下率 $\geq 60\%$ ，终轧温度 $780 \sim 860^\circ\text{C}$ ，轧后采用不同的层流冷却，通过调整冷却集管组数，确保冷却速度控制在 $4-6^\circ\text{C}/\text{s}$ ，返红温度在 $640 \sim 720^\circ\text{C}$ 之间，然后送往矫直机矫直；

堆冷：堆垛缓冷温度不低于 450°C ，堆冷时间 ≥ 24 小时。

[0008] 由于本发明通过 KR 铁水预处理、转炉冶炼、吹氩处理、LF 精炼、VD 精炼、连铸、加热、控轧控冷、堆冷工艺，在原有的 S335K2Z35 高强韧性结构钢的成分基础上，适当调整 S335K2Z35 中 C、Mn、Nb 合金元素的含量和比例，并严格控制钢中 P、S 等影响钢板塑韧性的有害元素含量，同时严格控制轧钢的加热制度，轧制过程采用降低终轧温度、轧后提高冷却速度和轧后钢板堆垛缓冷的方式，从而保证了 S335K2Z35 钢种 15-45mm 厚度钢板的各项性能指标达到标准要求。在冶炼过程中，严格控制钢中 P（磷）、S（硫）等有害元素，保证钢水的纯净度基本达到洁净钢水平，在后续轧制加热过程中，为防止钢坯内部晶粒粗大，适当降低加热温度，避免钢坯内部原始奥氏体晶粒过分长大，为钢坯在轧制过程中晶粒的细化奠定坚实基础，在轧制过程中，通过采用国内先进的 TMCP 轧制技术和钢板堆垛缓冷技术，能够保证 S335K2Z35 钢板性能需求。这样，与传统的 S335K2Z35 碳当量不变的情况下，通过 TMCP 轧制和钢板堆垛缓冷方式，确保了钢板性能达到国家标准要求，同时简化生产工艺、取消了正火处理流程，降低生产能耗，大大降低了生产成本。

具体实施方式

[0009] 本发明所述的节省成本、生产简便的高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板包含如下质量百分比的化学成分（单位，wt%）：C：0.06 ~ 0.14、Si：0.20 ~ 0.45、Mn：1.30 ~ 1.45、 $P \leq 0.018$ 、 $S \leq 0.007$ 、Als：0.015 ~ 0.050、Nb：0.020 ~ 0.040、V：0.010 ~ 0.025、Ti：0.015 ~ 0.020，其它为 Fe 和残留元素。

[0010] 碳当量 $[C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15] : \leq 0.40$ 。

[0011] 为达到上述目的，本发明采取的生产方法包括：KR 铁水预处理、转炉冶炼、吹氩处理、LF 精炼、VD 精炼、连铸、加热、控轧控冷、堆冷。在所述 KR 铁水预处理中，到站铁水必须扒前渣与扒后渣，保证液面渣层厚度 $\leq 20\text{mm}$ ，铁水经 KR 搅拌脱硫后保证铁水 $S \leq 0.005\%$ ，保证脱硫周期 $\leq 21\text{min}$ 、脱硫温降 $\leq 20^\circ\text{C}$ ；在所述转炉冶炼中，采用 100/120 吨顶底复吹转炉，入炉铁水中按质量百分比含 $S \leq 0.005\%$ 、 $P \leq 0.080\%$ ，铁水温度 $\geq 1270^\circ\text{C}$ ，铁水装入量误差按 $\pm 1\text{t}$ 来控制，废钢严格采用优质边角料，过程枪位按前期 1.0-1.3m、中期 1.2-1.6m、后期 1.0-1.1m 控制，造渣碱度 R 按 2.5-4.0 控制，出钢目标 $P \leq 0.015\%$ 、 $C \geq 0.05\%$ 、 $S \leq 0.012\%$ ，出钢过程中向钢包内硅铝钡钙、锰铁合金、硅铁合金和石灰、萤石，出钢前用挡渣塞挡前渣出钢，出钢结束前采用挡渣锥挡渣，保证渣层厚度 $\leq 30\text{mm}$ ，转炉出钢过程中要求全程吹氩；在所述吹氩处理中，氩站一次性加入铝线，在氩站要求强吹氩 3min，流量 200-500NL/min，

钢液面肉眼直径控制在 300 ~ 500mm, 离氩站温度不得低于 1570℃; 在所述 LF 精炼中, 精炼过程中全程吹氩, 吹氩强度根据不同环节需要进行调节, 加入精炼渣料, 碱度按 4.0-6.0 控制, 精炼脱氧剂以电石、铝粒、硅铁粉为主, 加入量根据钢水中氧含量及造白渣情况适量加入, 加热过程根据节奏富余和温度情况选择适当电流进行加热, 加热时间按两次控制, 一加热 7-12min、二加热 6-10min, 二加热过程中要求根据造渣情况, 补加脱氧剂, 并要求粘渣次数大于 6 次, 离站前加入硅钙线, 加硅钙线前必须关闭氩气, 上钢温度 $1565 \pm 15^\circ\text{C}$ (不采用真空脱气)/ $1610 \pm 15^\circ\text{C}$ (采用真空脱气); 在所述 VD 精炼中, VD 真空度必须达到 67Pa 以下, 保压时间必须 $\geq 15\text{min}$, 破真空后软吹 2-5min 或不吹, 软吹过程中钢水不得裸露, 正常在线包抽真空时间: (抽真空前钢水温度-目标离站温度)/1.7min, 覆盖剂, 保证铺满钢液面, 加覆盖剂前必须关闭氩气, 上钢温度 $1565 \pm 15^\circ\text{C}$; 在所述连铸中, 浇钢前保证铸机设备状况良好, 中包过热度 $15 \pm 10^\circ\text{C}$, 拉速: 0.7m/min, 比水量: 0.80L/kg, 电搅: 900A、5Hz、30s-3-30s, 连铸浇钢要求全程保护浇铸, 大包开浇后 1min 内必须套保护管, 中包浇注过程中必须保证钢液面不见红, 浇钢过程中合理控制塞棒吹氩量, 保证结晶器液面波动轻微, 铸坯下线后要求堆冷 $\geq 12\text{h}$; 在所述加热中, 加热温度及加热时间如下: 预热段温度 $900-1000^\circ\text{C}$, 加热段温度 $1220-1280^\circ\text{C}$, 保温段温度 $1200-1260^\circ\text{C}$, 加热速度 8-13min/cm; 在所述控轧控冷中, 结合炼钢化学成分, 为防止混晶和晶粒粗大, 严格坚持“高温、低速、大压下”的轧制要求, 开轧温度 $1100^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$, 一阶段终轧温度在 $980^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$, 待温厚度为成品厚度的 2.2 ~ 2.5 倍, 为精轧阶段累计变形量及细化晶粒、位错强化奠定基础, 二阶段开轧温度 $\leq 900^\circ\text{C}$, 二阶段保证单道次压下率 $\geq 15\%$, 累计压下率 $\geq 60\%$, 确保变形渗透使奥氏体内部晶粒被压扁拉长, 增大晶界有效面积并有效形成大量变形带, 为奥氏体相变提供更多的形核点, 达到细化奥氏体晶粒的目的, 终轧温度 $780 \sim 860^\circ\text{C}$, 由于轧后缓冷易使晶粒长大, 并且组织中的 C、Mn 等合金固容量有限, 因此要控制适当的冷却速度, 为了获得优良的综合力学性能, 根据板厚的不同, 轧后采用不同的层流冷却, 通过调整冷却集管组数, 确保冷却速度控制在 $4-6^\circ\text{C}/\text{s}$, 返红温度在 $640 \sim 720^\circ\text{C}$ 之间, 然后送往矫直机矫直; 在所述堆冷中, 堆垛缓冷温度不低于 450°C , 堆冷时间 ≥ 24 小时。

[0012] 实施例 1

通过 KR 铁水预处理、转炉冶炼、吹氩处理、LF 精炼、VD 精炼、连铸、加热、控轧控冷、堆冷工艺, 获得一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板, 它包含如下质量百分比的化学成分 (单位, wt%): C: 0.07、Si: 0.44、Mn: 1.30、P: 0.016、S: 0.001、Als: 0.048、Nb: 0.022、V: 0.024、Ti: 0.016, 其它为 Fe 和残留元素。

[0013] 实施例 2

通过 KR 铁水预处理、转炉冶炼、吹氩处理、LF 精炼、VD 精炼、连铸、加热、控轧控冷、堆冷工艺, 获得一种高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板, 它包含如下质量百分比的化学成分 (单位, wt%): C: 0.13、Si: 0.21、Mn: 1.43、P: 0.003、S: 0.006、Als: 0.013、Nb: 0.038、V: 0.010、Ti: 0.019, 其它为 Fe 和残留元素。

[0014] 机械力学性能分析

成份及机械力学性能按 EN10025-1 执行, 机械性能具体见下表 1

表 1 S355K2Z35 厚板机械力学性能

S335	规格	屈服强度	抗拉强度	伸长率	冲击 (-40℃)	Z向
K2Z3	15~45	430	520	28	194	50
5						

本次试生产 15-45mm 高强韧性结构钢 S355K2Z35 厚板共计 120 批,其中:屈服强度控制在 410 ~ 470 MPa,平均达到了 430 MPa,比标准富裕 85MPa;抗拉强度控制在 510 ~ 570 MPa,平均达到了 520MPa,比标准富裕 50MPa;伸长率控制在 23%-31%,平均达到 28%,比标准富裕 8%;-40℃ V 型冲击功控制在 160 ~ 230J,平均达到了 194J,Z 向控制在 41-61%,平均达到 50%,完全达到 S335K2Z35 的水平。

[0015] 外检及探伤:所研制的钢板外检,正品率 100%,按 JB/T 47030 进行探伤,合一级率为 90%,合三级率为 100%,达到了预期效果。