



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103160734 B

(45) 授权公告日 2015.08.26

(21) 申请号 201310083384.3

G22C 38/40(2006.01)

(22) 申请日 2013.03.16

G22C 38/46(2006.01)

(73) 专利权人 南阳汉冶特钢有限公司

G22C 38/48(2006.01)

地址 474500 河南省南阳市西峡县回车镇回
车工业区

G22C 38/50(2006.01)

G22C 38/58(2006.01)

G21D 8/02(2006.01)

(72) 发明人 袁永旗 朱书成 许少普 唐郑磊
李忠波 于飒 李亮

G21D 1/28(2006.01)

G21C 7/076(2006.01)

(74) 专利代理机构 郑州红元帅专利代理事务所
(普通合伙) 41117

G21C 7/10(2006.01)

代理人 季发军

(56) 对比文件

CN 102041438 A, 2011.05.04, 说明书第 4、
6、20 段。

CN 102041438 A, 2011.05.04, 说明书第 4、
6、20 段。

CN 102345054 A, 2012.02.08, 说明书第 4-6
段。

审查员 张艳艳

(51) Int. Cl.

G22C 38/08(2006.01)

G22C 38/12(2006.01)

G22C 38/14(2006.01)

G22C 38/24(2006.01)

G22C 38/26(2006.01)

G22C 38/28(2006.01)

G22C 38/38(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页

(54) 发明名称

一种压力容器用 P460NL1 (L2)特厚钢板及其
生产方法

(57) 摘要

本发明公开了一种压力容器用 P460NL1 (L2)
特厚钢板,其特征在于:包含如下质量百分比
的化学成分(单位,wt%):C:0.09~0.17、Si:
0.55~0.85、Mn:1.30~1.70、P:≤0.010、
S:≤0.003、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni):
≤2.0、Als:0.020~0.050,其它为Fe和残留元
素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2)特厚钢板
含有高达 5% 的铁素体的贝氏体-马氏体结构。本
发明通过合理的化学成分设计,LF+VD 精炼工艺
来保证钢质洁净度,同时过加热、轧制及正火处理
等工艺有效实施,成功地研制出了厚度为 250mm
保性能、保探伤压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢
板,其屈服强度控制在 420~500MPa,抗拉强度控
制在 560~700 MPa;伸长率控制在 17%-25%;V
型-50℃横向冲击功控制在 100~200J。

CN 103160734 B

1. 一种压力容器用 P460NL1 特厚钢板, 包含如下质量百分比的化学成分 (单位, wt%) : C : 0.09 ~ 0.17、Si : 0.55 ~ 0.85、Mn : 1.30 ~ 1.70、P : \leq 0.010、S : \leq 0.003、微合金化元素 (V+ Nb+ Ti+ Cr+ Ni) : \leq 2.0、Als : 0.020 ~ 0.050, 其它为 Fe 和残留元素, 所述压力容器用 P460NL1 特厚钢板含有高达 5% 的铁素体的贝氏体 - 马氏体结构, 包括如下生产步骤:

a. KR 铁水预处理工艺: 保证液面渣层厚度 \leq 20mm, 铁水经 KR 搅拌脱硫后保证铁水 (按质量百分比) S \leq 0.005%, 保证脱硫周期 \leq 21min、脱硫温降 \leq 20 $^{\circ}$ C ;

b. 转炉冶炼工艺: 入炉铁水 (按质量百分比) S \leq 0.005%、P \leq 0.050%, 铁水温度 \geq 1270 $^{\circ}$ C, 造渣碱度 R 按 2.5-4.0 控制, 出钢碳 \geq 0.05%, 出钢 P \leq 0.010%, S \leq 0.010% ; 点吹次数不得大于 2 次, 避免出钢过程下渣 ;

c. LF 精炼工艺: 采取大渣量进行造渣, 确保白渣保持时间 \geq 15min ;

d. VD 精炼工艺: VD 真空度必须达到 67Pa 以下, 保压时间必须 \geq 15min, 破真空后软吹 2-5min 或不吹, 软吹过程中钢水不得裸露, 上钢温度 1570 \pm 15 $^{\circ}$ C ;

e. 模铸工艺: 上线使用前锭模温度 \leq 120 $^{\circ}$ C, 浇注时中注管上口与钢包下水口的距离控制在 \leq 140mm, 浇注前, 模铸保护渣一半采取草绳吊挂的方式挂在锭模中, 吊挂高度高于锭模底部 300 ~ 400mm, 另一半在开浇后 1 ~ 4min 内加完, 本体浇铸时间按 14-18min 控制, 帽口浇铸时间按 5-7min 控制, 浇铸到帽口 1/3 位置时, 添加保温剂保温, 钢锭浇铸完毕后 8h 进行脱模 ;

f. 加热工艺: 焖钢温度 550-600 $^{\circ}$ C, 时间 2h, 升温速度 80 $^{\circ}$ C /S, 当温度升至 750 $^{\circ}$ C 时保温 7h, 升温速度 100 $^{\circ}$ C /S, 温度升至 1000 $^{\circ}$ C 时升温速度不限, 温度升至 1280 $^{\circ}$ C 时保温 17h, 温度在 1260 $^{\circ}$ C 时出钢 ;

g. 轧制工艺: 一阶段开轧温度 1100 $^{\circ}$ C ~ 1150 $^{\circ}$ C, 二阶段开轧温度 \leq 920 $^{\circ}$ C, 道次压下量 \geq 20mm, 终轧温度 820 ~ 860 $^{\circ}$ C ;

h. 控冷工艺: 返红温度在 600 ~ 650 $^{\circ}$ C 之间, 冷却速度 10 ~ 20 $^{\circ}$ C /S ;

i. 堆冷工艺: 钢板矫直后及时下线堆冷, 堆冷温度 \geq 300 $^{\circ}$ C, 堆冷时间 \geq 36h ;

j. 热处理工艺: 在外机炉进行正火处理, 温度为 910 \pm 20 $^{\circ}$ C, 保温时间 2.0-2.5min/mm, 钢板出炉后水冷 100s。

2. 如权利要求 1 所述的压力容器用 P460NL1 特厚钢板, 其特征在于: 所述压力容器用 P460NL1 特厚钢板的碳当量 \leq 0.53。

3. 如权利要求 1 所述的压力容器用 P460NL1 特厚钢板的生产方法, 其特征在于: 包括如下生产步骤:

a. KR 铁水预处理工艺: 保证液面渣层厚度 \leq 20mm, 铁水经 KR 搅拌脱硫后保证铁水 (按质量百分比) S \leq 0.005%, 保证脱硫周期 \leq 21min、脱硫温降 \leq 20 $^{\circ}$ C ;

b. 转炉冶炼工艺: 入炉铁水 (按质量百分比) S \leq 0.005%、P \leq 0.050%, 铁水温度 \geq 1270 $^{\circ}$ C, 造渣碱度 R 按 2.5-4.0 控制, 出钢碳 \geq 0.05%, 出钢 P \leq 0.010%, S \leq 0.010% ; 点吹次数不得大于 2 次, 避免出钢过程下渣 ;

c. LF 精炼工艺: 采取大渣量进行造渣, 确保白渣保持时间 \geq 15min ;

d. VD 精炼工艺: VD 真空度必须达到 67Pa 以下, 保压时间必须 \geq 15min, 破真空后软吹 2-5min 或不吹, 软吹过程中钢水不得裸露, 上钢温度 1570 \pm 15 $^{\circ}$ C ;

e. 模铸工艺: 上线使用前锭模温度 \leq 120 $^{\circ}$ C, 浇注时中注管上口与钢包下水口的距离

控制在 $\leq 140\text{mm}$,浇注前,模铸保护渣一半采取草绳吊挂的方式挂在锭模中,吊挂高度高于锭模底部 $300 \sim 400\text{mm}$,另一半在开浇后 $1 \sim 4\text{min}$ 内加完,本体浇铸时间按 $14\text{--}18\text{min}$ 控制,帽口浇铸时间按 $5\text{--}7\text{min}$ 控制,浇铸到帽口 $1/3$ 位置时,添加保温剂保温,钢锭浇铸完毕后 8h 进行脱模;

f. 加热工艺:焖钢温度 $550\text{--}600^\circ\text{C}$,时间 2h ,升温速度 $80^\circ\text{C}/\text{s}$,当温度升至 750°C 时保温 7h ,升温速度 $100^\circ\text{C}/\text{s}$,温度升至 1000°C 时升温速度不限,温度升至 1280°C 时保温 17h ,温度在 1260°C 时出钢;

g. 轧制工艺:一阶段开轧温度 $1100^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$,二阶段开轧温度 $\leq 920^\circ\text{C}$,道次压下量 $\geq 20\text{mm}$,终轧温度 $820 \sim 860^\circ\text{C}$;

h. 控冷工艺:返红温度在 $600 \sim 650^\circ\text{C}$ 之间,冷却速度 $10 \sim 20^\circ\text{C}/\text{s}$;

i. 堆冷工艺:钢板矫直后及时下线堆冷,堆冷温度 $\geq 300^\circ\text{C}$,堆冷时间 $\geq 36\text{h}$;

j. 热处理工艺:在外机炉进行正火处理,温度为 $910 \pm 20^\circ\text{C}$,保温时间 $2.0\text{--}2.5\text{min}/\text{mm}$,钢板出炉后水冷 100s 。

一种压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及钢材生产领域,尤其涉及一种压力容器用 P460NL1 (L2)特厚钢板及其生产方法。

背景技术

[0002] P460NL1 (L2) 属于欧标 EN10028 中正火可焊接细晶粒钢,其具有强度高、韧性好、低温韧性优良、耐磨、耐腐蚀等特点,主要应用广泛应用于石油、化工、电站、锅炉等行业,具体用于制作反应器、换热器、分离器、球罐、油气罐、液化汽罐、核能反应堆压力壳、锅炉汽包等设备及构件。但近年来,P460NL1(L2)应用范围扩大,需求量不断增加,由于 P460NL1(L2)不但要求较高的强度,而且要求良好的低温冲击韧性,因此,生产工序复杂,成本相对较高。

[0003] 中国专利 2012 年 10 月 17 日公开的公开号为 102732782A 申请号为 201210182417.5 的发明专利名称为一种大厚度压力容器用钢板,其特征在于:含有以下重量百分含的组分:C:0.15%-0.18%, Si :0.25%-0.50%, Mn :1.50%-1.60%, $P \leq 0.020\%$, $S \leq 0.012\%$, Nb :0.030%-0.050%, Al :0.020%-0.050%, 其工艺包括以下步骤:1) 冶炼:将含有以下重量百分比 C :0.15%-0.18%, Si :0.25%-0.50%, Mn :1.50%-1.60%, $P \leq 0.020\%$, $S \leq 0.012\%$, Nb :0.030%-0.050%, Al :0.020%-0.050% 组分的钢水先经电炉冶炼,送入 LF 精炼炉精炼,钢水温度达到或超过 1550-1570℃ 转入 VD 炉真空脱气处理;2) 连铸:采用 300mm 坯料;3) 加热:钢坯加热温度最高 1240℃,均热温度 1220℃,总加热时间 $\geq 6h$;4) 轧制:采用再结晶区 + 未再结晶区两阶段轧制工艺进行轧制,第一阶段轧制温度为 1050℃ ~ 1100℃,第二阶段轧制温度 810℃ -860℃,终轧温度为 750℃ -800℃ ;轧后入 ACC 水冷,返红温度 650℃ -700℃ ;5) 热堆垛:钢板下线堆垛温度不小于 350℃,堆垛 24 小时后拆垛探伤;6) 热处理:探伤合格的钢板在常化炉进行正火热处理,正火工艺为:加热温度 900—920℃,保温时间 1.8min/mm,出炉后水冷加速冷却,钢板返红温度 550℃ -650℃。但是这种工艺相对比较复杂,并且,屈服强度在 410MPa 以上,抗拉强度只能在 560MPa 左右,性能相对较低。

发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有技术不足,提供一种生产方便、化学成份设计合理、保性能、保探伤的压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板及其生产方法。

[0005] 一种压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板,包含如下质量百分比的化学成分(单位,wt%):C:0.09 ~ 0.17、Si :0.55 ~ 0.85、Mn :1.30 ~ 1.70、 $P \leq 0.010$ 、 $S \leq 0.003$ 、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni): ≤ 2.0 、Als :0.020 ~ 0.050,其它为 Fe 和残留元素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板含有高达 5% 的铁素体的贝氏体 - 马氏体结构。

[0006] 所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板的碳当量 ≤ 0.53 。

[0007] 上述化学元素的作用分析如下:

[0008] C:是钢中最基础的强化元素,提高强度,但 C 影响钢的焊接性能和影响韧性,综合

考虑,碳的含量尽量控制的低一些。

[0009] Si :是固溶强化元素,对提高钢板的强度有利。

[0010] Mn :是固溶强化元素,对提高钢板的强度和韧性均有利。

[0011] P :对焊接不利,且具有一定的冷脆性,在本钢种中属于有害元素,应控制的尽量低。

[0012] S :易形成 MnS 类夹杂物,具有一定的热脆性,在本钢种中属于有害元素,应控制的尽量低。

[0013] V、Nb、Ti :在钢中能够与 C、N 结合,形成微细碳化物或碳氮化物,能起细化晶粒和弥散强化作用,从而达到有效提高钢材的强韧性的综合效果。

[0014] Ni :一方面既强烈提高钢的强度,另一方面又始终使铁的韧性保持极高的水平,其变脆温度则极低,Ni 的晶格常数与 γ -铁相近,所以可成连续固溶体,这就有利于提高钢的淬硬性,Ni 可降低临界点并增加奥氏体的稳定性,所以其淬火温度可降低,淬透性好。

[0015] Al :可以起到细化晶粒强化作用。

[0016] 一种压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板的生产方法,包括如下生产步骤:

[0017] a. KR 铁水预处理工艺: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(按质量百分比) $S \leq 0.005\%$,保证脱硫周期 $\leq 21\text{min}$ 、脱硫温降 $\leq 20^\circ\text{C}$;

[0018] b. 转炉冶炼工艺:入炉铁水(按质量百分比) $S \leq 0.005\%$ 、 $P \leq 0.050\%$,铁水温度 $\geq 1270^\circ\text{C}$,造渣碱度 R 按 2.5-4.0 控制,出钢碳 $\geq 0.05\%$,出钢 $P \leq 0.010\%$, $S \leq 0.010\%$;点吹次数不得大于 2 次,避免出钢过程下渣;

[0019] c. LF 精炼工艺:采取大渣量进行造渣,确保白渣保持时间 $\geq 15\text{min}$;

[0020] d. VD 精炼工艺: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,上钢温度 $1570 \pm 15^\circ\text{C}$;

[0021] e. 模铸工艺:上线使用前锭模温度 $\leq 120^\circ\text{C}$,浇注时中注管上口与钢包下水口的距离控制在 $\leq 140\text{mm}$,浇注前,模铸保护渣一半采取草绳吊挂的方式挂在锭模中,吊挂高度高于锭模底部 300 ~ 400mm,另一半在开浇后 1 ~ 4min 内加完,本体浇铸时间按 14-18min 控制,帽口浇铸时间按 5-7min 控制,浇铸到帽口 1/3 位置时,添加保温剂保温,钢锭浇铸完毕后 8h 左右进行脱模;

[0022] f. 加热工艺:焖钢温度 $550-600^\circ\text{C}$,时间 2h,升温速度 $80^\circ\text{C}/\text{S}$,当温度升至 750°C 时保温 7h,升温速度 $100^\circ\text{C}/\text{S}$,温度升至 1000°C 时升温速度不限,温度升至 1280°C 时保温 17h,温度在 1260°C 时出钢;

[0023] g. 轧制工艺:一阶段开轧温度 $1100^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$,二阶段开轧温度 $\leq 920^\circ\text{C}$,道次压下量 $\geq 20\text{mm}$,终轧温度 $820 \sim 860^\circ\text{C}$;

[0024] h. 控冷工艺:返红温度在 $600 \sim 650^\circ\text{C}$ 之间,冷却速度 $10 \sim 20^\circ\text{C}/\text{S}$;

[0025] i. 堆冷工艺:钢板矫直后及时下线堆冷,堆冷温度 $\geq 300^\circ\text{C}$,堆冷时间 $\geq 36\text{h}$;

[0026] j. 热处理工艺:在外机炉进行正火处理,温度为 $910 \pm 20^\circ\text{C}$,保温时间 2.0-2.5min/mm,钢板出炉后水冷 100s。

[0027] 本发明通过合理的化学成分设计,LF+VD 精炼工艺来保证钢质洁净度,同时过加热、轧制及正火处理等工艺有效实施,成功地研制出了厚度为 250mm 保性能、保探伤压力容器用 P460NL1(L2)特厚钢板,其屈服强度控制在 $420 \sim 500\text{MPa}$,抗拉强度控制在 $560 \sim 700$

MPa ;伸长率控制在 17%-25% ;V 型 -50℃ 横向冲击功控制在 100 ~ 200J。

具体实施方式

[0028] 本发明的压力容器用 P460NL1(L2)特厚钢板,其化学成分及各成分的质量百分比: C :0.09 ~ 0.17、Si :0.55 ~ 0.85、Mn :1.30 ~ 1.70、P :≤ 0.010、S :≤ 0.003、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni):≤ 2.0、Als :0.020 ~ 0.050,其它为 Fe 和残留元素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板含有高达 5% 的铁素体的贝氏体 - 马氏体结构。

[0029] 本发明的压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板的制备工艺包括以下步骤:

[0030] a. KR 铁水预处理工艺:到站铁水必须扒前渣与扒后渣,保证液面渣层厚度 ≤ 20mm,铁水经 KR 搅拌脱硫后保证铁水(按质量百分比) S ≤ 0.005%,保证脱硫周期 ≤ 21min、脱硫温降 ≤ 20℃。

[0031] b. 转炉冶炼工艺:入炉铁水(按质量百分比) S ≤ 0.005%、P ≤ 0.050%,铁水温度 ≥ 1270℃,铁水装入量误差按 ±1t 来控制,废钢严格采用优质边角料,造渣碱度 R 按 2.5-4.0 控制,出钢碳 ≥ 0.05%,出钢 P ≤ 0.010%, S ≤ 0.010%;点吹次数不得大于 2 次,避免出钢过程下渣;

[0032] c. LF 精炼工艺: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,采取大渣量进行造渣,确保白渣保持时间 ≥ 15min,离站前加入硅钙线;

[0033] d. VD 精炼工艺:VD 真空度必须达到 67Pa 以下,保压时间必须 ≥ 15min,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 1570 ± 15℃ ;

[0034] e. 模铸工艺:上线使用前锭模温度 ≤ 120℃,浇注时中注管上口与钢包下水口的距离控制在 ≤ 140mm,浇注前,模铸保护渣一半采取草绳吊挂的方式挂在锭模中,吊挂高度高于锭模底部 300 ~ 400mm,另一半在开浇后 1 ~ 4min 内加完,本体浇铸时间按 14-18min 控制,帽口浇铸时间按 5-7min 控制,浇铸到帽口 1/3 位置时,添加保温剂保温(使保温剂均匀覆盖铺平)。钢锭浇铸完毕后 8h 左右进行脱模;

[0035] f. 加热工艺:加热温度及加热时间:焖钢温度 550-600℃,时间 2h,升温速度 80℃ /S,当温度升至 750℃ 时保温 7h,升温速度 100℃ /S,温度升至 1000℃ 时升温速度不限,温度升至 1280℃ 时保温 17h,温度在 1260℃ 时出钢;

[0036] g. 轧制工艺:结合炼钢化学成分,为防止混晶和晶粒粗大,一阶段采取“高温、低速、大压下”,开轧温度 1100℃ ~ 1150℃,晾钢厚度大于 180mm,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 ≤ 920℃,道次压下量 ≥ 20mm,终轧温度 820 ~ 860℃ ;

[0037] h. 控冷工艺:为了保证钢板内部晶粒度,轧后通过调整冷却集管组数,返红温度在 600 ~ 650℃ 之间,冷却速度 10 ~ 20℃ /S,然后送往矫直机矫直;

[0038] i. 堆冷工艺:钢板矫直后及时下线堆冷,堆冷温度 ≥ 300℃,堆冷时间 ≥ 36h。通过缓冷,以避免内部应力来不及释放产生内裂,同时进一步促使钢板内部有害气体溢出。

[0039] j. 热处理工艺:在外机炉进行正火处理,温度为 910 ± 20℃,保温时间 2.0-2.5min/mm,钢板出炉后水冷 100s。

[0040] 实施例一

[0041] 本实施例压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板,其化学成分及各成分的质量百分比为:C:0.09、Si:0.55、Mn:1.30、P:0.010、S:0.003、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni): ≤ 2.0 、Als:0.020~0.050,其它为Fe和残留元素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板含有高达5%的铁素体的贝氏体-马氏体结构。

[0042] 该特厚钢板制备工艺包括以下步骤:

[0043] a. KR 铁水预处理工艺:到站铁水必须扒前渣与扒后渣,保证液面渣层厚度为20mm,铁水经 KR 搅拌脱硫后保证铁水(按质量百分比)含 S 为 0.005%,保证脱硫周期为21min、脱硫温降为 20℃。

[0044] b. 转炉冶炼工艺:入炉铁水 S 的质量百分比量为 0.005%、P 的质量百分比量为 0.050%,铁水温度为 1270℃,铁水装入量误差按 $\pm 1t$ 来控制,废钢严格采用优质边角料,造渣碱度 R 按 2.5 控制,出钢碳的质量百分比量为 0.05%,出钢 P 的质量百分比量为 0.010%,S 的质量百分比量为 0.010%;点吹次数不得大于 2 次,避免出钢过程下渣;

[0045] c. LF 精炼工艺: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,采取大渣量进行造渣,确保白渣保持时间为 15min,离站前加入硅钙线;

[0046] d. VD 精炼工艺: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 $1570 \pm 15^\circ\text{C}$ 。

[0047] e. 模铸工艺:上线使用前锭模温度 $\leq 120^\circ\text{C}$,浇注时中注管上口与钢包下水口的距离控制在 $\leq 140\text{mm}$,浇注前,模铸保护渣一半采取草绳吊挂的方式挂在锭模中,吊挂高度高于锭模底部 300 ~ 400mm,另一半在开浇后 1 ~ 4min 内加完,本体浇铸时间按 14-18min 控制,帽口浇铸时间按 5-7min 控制,浇铸到帽口 1/3 位置时,添加保温剂保温(使保温剂均匀覆盖铺平)。钢锭浇铸完毕后 8h 左右进行脱模;

[0048] f. 加热工艺:加热温度及加热时间:焖钢温度 550-600℃,时间 2h,升温速度 $80^\circ\text{C}/\text{s}$,当温度升至 750℃时保温 7h,升温速度 $100^\circ\text{C}/\text{s}$,温度升至 1000℃时升温速度不限,温度升至 1280℃时保温 17h,温度在 1260℃时出钢;

[0049] g. 轧制工艺:结合炼钢化学成分,为防止混晶和晶粒粗大,一阶段采取“高温、低速、大压下”,开轧温度 1100℃,晾钢厚度大于 180mm,为精轧阶段累计变形量及细化晶粒、位错强化奠定基础。二阶段开轧温度为 920℃,道次压下量 $\geq 20\text{mm}$,终轧温度 820℃;

[0050] h. 控冷工艺:为了保证钢板内部晶粒度,轧后通过调整冷却集管组数,返红温度在 600 ~ 650℃之间,冷却速度 $10^\circ\text{C}/\text{s}$,然后送往矫直机矫直;

[0051] i. 堆冷工艺:钢板矫直后及时下线堆冷,堆冷温度为 300℃,堆冷时间为 36h。通过缓冷,以避免内部应力来不及释放产生内裂,同时进一步促使钢板内部有害气体溢出。

[0052] j. 热处理工艺:在外机炉进行正火处理,温度为 $910 \pm 20^\circ\text{C}$,保温时间为 2.0min/mm,钢板出炉后水冷 100s。

[0053] 实施例二

[0054] 本实施例压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板,其化学成分及各成分的质量百分比为:C:0.11、Si:0.70、Mn:1.4、P:0.009、S:0.0025、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni):

≤ 2.0 、Als :0.020 ~ 0.050,其它为 Fe 和残留元素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板含有高达 5% 的铁素体的贝氏体 - 马氏体结构。

[0055] 该特厚钢板制备工艺与实施例一基本相同,其区别仅在于:KR 铁水预处理工艺步骤中:保证液面渣层厚度为 18mm,铁水经 KR 搅拌脱硫后铁水 S 的质量百分比量为 0.004%,脱硫周期为 19min、脱硫温降为 18℃。

[0056] 转炉冶炼工艺步骤中:入炉铁水 S 的质量百分比量为 0.004%、P 的质量百分比量为 0.040%,铁水温度为 1320℃,造渣碱度 R 为 2.8,出钢碳的质量百分比量为 0.06%,出钢 P 的质量百分比量为 0.009%,S 的质量百分比量为 0.009%;

[0057] LF 精炼工艺步骤中:白渣保持时间为 16min;

[0058] 轧制工艺步骤中:开轧温度为 1110℃,二阶段开轧温度为 890℃,终轧温度为 830℃;

[0059] 控冷工艺步骤中:冷却速度为 13℃/S;

[0060] 堆冷工艺步骤中:堆冷温度为 325℃,堆冷时间为 38h。

[0061] 热处理工艺步骤中:保温时间为 2.2min/mm。

[0062] 实施例三

[0063] 本实施例压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板,其化学成分及各成分的质量百分比为:C :0.13、Si :0.80、Mn :1.45、P :0.008、S :0.002、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni) : ≤ 2.0 、Als :0.020 ~ 0.050,其它为 Fe 和残留元素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板含有高达 5% 的铁素体的贝氏体 - 马氏体结构。

[0064] 该特厚钢板制备工艺与实施例一基本相同,其区别仅在于:KR 铁水预处理工艺步骤中:保证液面渣层厚度为 17mm,铁水经 KR 搅拌脱硫后铁水 S 的质量百分比量为 0.003%,脱硫周期为 18min、脱硫温降为 17℃。

[0065] 转炉冶炼工艺步骤中:入炉铁水 S 的质量百分比量为 0.003%、P 的质量百分比量为 0.030%,铁水温度为 1370℃,造渣碱度 R 为 3.2,出钢碳的质量百分比量为 0.07%,出钢 P 的质量百分比量为 0.008%,S 的质量百分比量为 0.008%;

[0066] LF 精炼工艺步骤中:白渣保持时间为 18min;

[0067] 轧制工艺步骤中:开轧温度为 1125℃,二阶段开轧温度为 870℃,终轧温度为 840℃;

[0068] 控冷工艺步骤中:冷却速度为 15℃/S;

[0069] 堆冷工艺步骤中:堆冷温度为 350℃,堆冷时间为 40h。

[0070] 热处理工艺步骤中:保温时间为 2.3min/mm。

[0071] 实施例四

[0072] 本实施例压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板,其化学成分及各成分的质量百分比为:C :0.15、Si :0.60、Mn :1.6、P :0.007、S :0.0015、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni) : ≤ 2.0 、Als :0.020 ~ 0.050,其它为 Fe 和残留元素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板含有高达 5% 的铁素体的贝氏体 - 马氏体结构。

[0073] 该特厚钢板制备工艺与实施例一基本相同,其区别仅在于:KR 铁水预处理工艺步骤中:保证液面渣层厚度为 16mm,铁水经 KR 搅拌脱硫后铁水 S 的质量百分比量为 0.002%,脱硫周期为 17min、脱硫温降为 16℃。

[0074] 转炉冶炼工艺步骤中:入炉铁水 S 的质量百分比量为 0.002%、P 的质量百分比量为 0.020%,铁水温度为 1420℃,造渣碱度 R 为 3.3,出钢碳的质量百分比量为 0.08%,出钢 P 的质量百分比量为 0.007%,S 的质量百分比量为 0.007%;

[0075] LF 精炼工艺步骤中:白渣保持时间为 19min;

[0076] 轧制工艺步骤中:开轧温度为 1140℃,二阶段开轧温度为 840℃,终轧温度为 850℃;

[0077] 控冷工艺步骤中:冷却速度为 18℃/S;

[0078] 堆冷工艺步骤中:堆冷温度为 375℃,堆冷时间为 42h。

[0079] 热处理工艺步骤中:保温时间为 2.4min/mm。

[0080] 实施例五

[0081] 本实施例压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板,其化学成分及各成分的质量百分比为:C:0.17、Si:0.85、Mn:1.70、P:0.006、S:0.001、微合金化元素(V+Nb+Ti+Cr+Ni): ≤ 2.0 、Als:0.020~0.050,其它为 Fe 和残留元素,其中,所述压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板含有高达 5% 的铁素体的贝氏体-马氏体结构。

[0082] 该特厚钢板制备工艺与实施例一基本相同,其区别仅在于:KR 铁水预处理工艺步骤中:保证液面渣层厚度为 15mm,铁水经 KR 搅拌脱硫后铁水 S 的质量百分比量为 0.001%,脱硫周期为 15min、脱硫温降为 15℃。

[0083] 转炉冶炼工艺步骤中:入炉铁水 S 的质量百分比量为 0.001%、P 的质量百分比量为 0.010%,铁水温度为 1470℃,造渣碱度 R 为 4.0,出钢碳的质量百分比量为 0.09%,出钢 P 的质量百分比量为 0.006%,S 的质量百分比量为 0.006%;

[0084] LF 精炼工艺步骤中:白渣保持时间为 21min;

[0085] 轧制工艺步骤中:开轧温度为 1150℃,二阶段开轧温度为 820℃,终轧温度为 860℃;

[0086] 控冷工艺步骤中:冷却速度为 20℃/S;

[0087] 堆冷工艺步骤中:堆冷温度为 400℃,堆冷时间为 44h。

[0088] 热处理工艺步骤中:保温时间为 2.5min/mm。

[0089] 通过 KR 铁水预处理工艺、转炉冶炼工艺、LF 精炼工艺、VD 精炼工艺、模铸工艺、加热工艺、控制控冷、轧制工艺、控冷工艺、堆冷工艺、热处理工艺,得到所述化学成分的压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板,下表为按照上述实施例所得的压力容器用 P460NL1 (L2) 特厚钢板机械性能表。

[0090]

编号	屈服 强度 Mpa	抗拉 强度 Mpa	伸长 率 %	180° 弯 曲试 验 d=3a	-50℃ 横向冲击 功J
实施 例一	420	560	25	合格	100
实施 例二	495	695	19	合格	195
实施 例三	500	700	17	合格	200
实施 例四	455	625	23	合格	145
实施 例五	460	630	21	合格	150

[0091] 本次试生产 250mm 的 P460NL1 (L2) 各项性能指标均达到标准要求且富余量较大, 其中屈服强度控制在 420-500MPa, 抗拉强度控制在 560-700 MPa, ; 伸长率控制在 17%-25%; V 型 -50℃ 横向冲击功控制在 100 ~ 200J, 完全达到 P460NL1 (L2) 标准要求。

[0092] 外检及探伤: 所研制的钢板外检严格按照, 正品率 100%, 按 EN 10160 进行探伤, 其中达到 S3/E3 标准的比例为 85%, 达到 S1/E1 标准的比例为 100%, 达到了预期效果。