



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108149135 B

(45)授权公告日 2019.12.03

(21)申请号 201711297373.X *G22C 38/06*(2006.01)

(22)申请日 2017.12.08 *G22C 38/12*(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号 *G22C 38/08*(2006.01)  
申请公布号 CN 108149135 A *G22C 33/06*(2006.01)

(43)申请公布日 2018.06.12 *G21C 7/06*(2006.01)

(73)专利权人 南阳汉冶特钢有限公司 *G21C 7/10*(2006.01)  
地址 474550 河南省南阳市西峡县回村镇 *B22D 7/00*(2006.01)

(72)发明人 朱书成 王英杰 许少普 唐郑磊 *G21D 8/02*(2006.01)  
杨阳 康文举 符可义 薛艳生 *G21D 1/28*(2006.01)  
袁继恒 朱先兴 郑海明

(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 秦舜生

(51)Int.Cl.  
*G22C 38/02*(2006.01)  
*G22C 38/04*(2006.01)

(56)对比文件  
CN 102041446 A,2011.05.04,  
CN 101864536 A,2010.10.20,  
CN 101831586 A,2010.09.15,  
CN 102400041 A,2012.04.04,  
CN 102409232 A,2012.04.11,  
审查员 王金永

权利要求书1页 说明书3页

(54)发明名称

一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板及其生产方法

(57)摘要

本发明公开了一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板,包含如下质量百分比的化学成分(单位,wt%):C:0.10~0.17、Si:0.25~0.48、Mn:0.1.45~1.65、P≤0.015、S≤0.005、Als:0.020~0.040、Mo:0.95~1.05、V:0.04~0.06、Nb:0.020~0.040、Ni:0.02~0.04,其它为Fe和残留元素,通过KR铁水预处理、转炉冶炼、吹氩处理、LF精炼、VD精炼、模铸、加热、轧制、堆冷及热处理工艺制得,与传统的Q390E碳当量不变的情况下,通过热轧和热处理技术,确保了钢板性能达到GB-T1591-2008标准要求。

1. 一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板的生产方法,其特征在于:该模铸钢板包含如下质量百分比的化学成分(单位,wt%):C:0.10~0.17、Si:0.25~0.48、Mn:1.45~1.65、P $\leq$ 0.015、S $\leq$ 0.005、Als:0.020~0.040、Mo:0.95~1.05、V:0.04~0.06、Nb:0.020~0.040、Ni:0.02~0.04,其它为Fe和残留元素;

上述模铸钢板的生产方法是通过以下步骤来实现的:

a. 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 $\leq$ 20mm,铁水经KR搅拌脱硫后保证铁水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:入炉铁水S $\leq$ 0.003%、P $\leq$ 0.080%,铁水温度 $\geq$ 1270 $^{\circ}$ C,铁水装入量误差按 $\pm$ 1t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 $\leq$ 0.005%,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 $\leq$ 30mm,转炉出钢过程中要求全程吹氩;

c. 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 $^{\circ}$ C;

d. 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 $^{\circ}$ C,采用真空脱气的上钢温度1610 $\pm$ 15 $^{\circ}$ C;

e. VD精炼: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,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 $^{\circ}$ C;

f. 模铸: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,浇注到帽口1/3位置时,向每个锭模内添加40Kg碳化稻壳,浇注完毕后,先用氧管将帽口内的碳化稻壳铺平后,再向每个锭内添加40-80Kg的碳化稻壳,并用氧管均匀铺平;浇注完毕60min内,要对每支锭及时补加40Kg以上的碳化稻壳保证帽口部位不见红,同时要求在注毕1-2h内,向每个锭模内补加40-80Kg的碳化稻壳;

g. 加热:焖钢温度600-650 $^{\circ}$ C,时间2-4h,升温速度100 $^{\circ}$ C/h,当温度升至900 $^{\circ}$ C时保温4h,温度升至1000 $^{\circ}$ C时升温速度不限,温度升至1310 $^{\circ}$ C时保温14-15h出钢;

h. 轧制:严格坚持“高温、低速、大压下”的轧制要求,开轧温度1050 $^{\circ}$ C~1100 $^{\circ}$ C,进钢速度1.5m/s,累计压下率 $\geq$ 60%,不凉钢热轧,终轧温度880~950 $^{\circ}$ C;

i. 堆冷:采用高温堆冷工艺可有效避免因快速冷却产生的残余应力,同时可大大降低钢板中氢的含量,充分实现热扩散效果,改善钢板探伤缺陷;堆垛缓冷温度不低于450 $^{\circ}$ C,堆冷时间 $\geq$ 96小时;

j. 热处理:在外机炉进行正火快冷处理,快速加热至奥氏体相变点以上使晶粒细化和碳化物分布均匀化,去除材料的内应力,提高冲击韧性,采用快冷方法提高材料强度温度;热处理工艺为:保温温度900 $\pm$ 20 $^{\circ}$ C,保温系数2.0-2.4min/mm,入水温度 $\geq$ 780 $^{\circ}$ C;出炉后水冷280-350s。

## 一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板及其生产方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及特厚低合金高强度钢板生产技术领域,具体涉及到一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板及其生产方法。

### 背景技术

[0002] 为满足市场对低温重型装备用钢的需求及自身生存和发展的需要,我公司发挥模铸吨位大的优势,不断开拓、研发特厚钢板生产工艺方案,发明了一种厚度超出国标范围的Q390E模铸生产工艺。

### 发明内容

[0003] 为解决上述技术问题,本发明的目的是提供一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板,厚度超出国标范围,有效保证市场对低温重型装备用钢的需求。

[0004] 本发明的另一目的是提供一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板及其生产方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板,包含如下质量百分比的化学成分(单位,wt%):C:0.10~0.17、Si:0.25~0.48、Mn:0.1.45~1.65、P $\leq$ 0.015、S $\leq$ 0.005、Als:0.020~0.040、Mo:0.95~1.05、V:0.04~0.06、Nb:0.020~0.040、Ni:0.02~0.04,其它为Fe和残留元素。

[0006] 本发明技术方案中的C、Si、Mn是提高钢板强度的关键元素,Ni能使钢强化,改善钢的低温性能,特别是低温冲击韧性,还可以提高钢的淬透性。Cr加入钢中能显著提高钢的抗氧化作用,增加钢的抗腐蚀能力,并能提高钢的强度和耐磨性。少量的不到0.5%的V能细化钢的晶粒,提高钢的强度、屈强比和低温韧性,改善钢的焊接性能,也能增加钢的热强性和蠕变的抗力,此外钒对碳的固定作用,还可以提高钢在高温下的抗氢侵蚀。铌能细化钢的晶粒,降低钢的过热敏感性和回火脆性,在一定的存在条件下,也能提高钢的强度和韧性及对蠕变的抗力等。

[0007] 本发明的另一目的是提供一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板及其生产方法,其特征在于包括以下步骤:

[0008] a. 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 $\leq$ 20mm,铁水经KR搅拌脱硫后保证铁水S $\leq$ 0.005%,保证脱硫周期 $\leq$ 21min、脱硫温降 $\leq$ 20 $^{\circ}$ C;

[0009] b. 转炉冶炼:入炉铁水S $\leq$ 0.003%、P $\leq$ 0.080%,铁水温度 $\geq$ 1270 $^{\circ}$ C,铁水装入量误差 $\pm$ 1t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 $\leq$ 0.005%,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 $\leq$ 30mm,转炉出钢过程中要求全程吹氩;

[0010] c. 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 $^{\circ}$ C;

[0011] d. 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 $1610\pm 15^{\circ}\text{C}$ ;

[0012] e.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 $1565\pm 15^{\circ}\text{C}$ ;

[0013] f.模铸: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,浇注到帽口1/3位置时,向每个锭模内添加40Kg碳化稻壳,浇注完毕后,先用氧管将帽口内的碳化稻壳铺平后,再向每个锭内添加40-80Kg的碳化稻壳,并用氧管均匀铺平;浇注完毕60min内,要对每支锭及时补加40Kg以上的碳化稻壳保证帽口部位不见红,同时要求在注毕1-2h内,向每个锭模内补加40-80Kg的碳化稻壳;

[0014] g.加热:焖钢温度 $600-650^{\circ}\text{C}$ ,时间2-4h,升温速度 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ,当温度升至 $900^{\circ}\text{C}$ 时保温4h,温度升至 $1000^{\circ}\text{C}$ 时升温速度不限,温度升至 $1310^{\circ}\text{C}$ 时保温14-15h出钢;

[0015] h.轧制:严格坚持“高温、低速、大压下”的轧制要求,开轧温度 $1050^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ,进钢速度 $1.5\text{m}/\text{s}$ ,累计压下率 $\geq 60\%$ ,不凉钢热轧,终轧温度 $880\sim 950^{\circ}\text{C}$ ;

[0016] i.堆冷:采用高温堆冷工艺可有效避免因快速冷却产生的残余应力,同时可大大降低钢板中氢的含量,充分实现热扩散效果,改善钢板探伤缺陷;堆垛缓冷温度不低于 $450^{\circ}\text{C}$ ,堆冷时间 $\geq 96$ 小时;

[0017] j.热处理:在外机炉进行正火快冷处理,快速加热至奥氏体相变点以上使晶粒细化和碳化物分布均匀化,去除材料的内应力,提高冲击韧性,采用快冷方法提高材料强度温度;热处理工艺为:保温温度 $900\pm 20^{\circ}\text{C}$ ,保温系数 $2.0-2.4\text{min}/\text{mm}$ ,入水温度 $\geq 780^{\circ}\text{C}$ ;出炉后水冷280-350S。

[0018] 由于本发明采用了上述技术方案,通过KR铁水预处理、转炉冶炼、吹氩处理、LF精炼、VD精炼、模铸、加热、轧制、堆冷、热处理工艺,在保证Q390E成分的基础上,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,为保证厚度尺寸和探伤要求采用48T大锭型模铸。在后续加热过程中,适当延长保温时间和提高加热温度,使模铸锭均匀烧透。在轧制过程中,采取高温、低速、大压下量来均匀组织、保证探伤质量。采用正火快冷的热处理工艺,提高热轧模铸板的强度,同时满足其韧性要求,保证了Q390E钢板性能需求。与传统的Q390E碳当量不变的情况下,通过热轧和热处理技术,确保了钢板性能达到GB-T 1591-2008标准要求。

## 具体实施方式

[0019] 下面通过实例1对本发明的技术特征做进一步描述。

[0020] 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、模铸、加热、热轧、堆冷、热处理工艺、获得一种420mm厚低温冲击Q390E级模铸钢板,它包含如下质量百分比的化学成分(单位,wt%):C:0.14、Si:0.26、Mn:1.58、P:0.012、S:0.002、Als:0.021、V:0.040、Ni:0.020、Nb:0.030,其它为Fe和残留元素。

[0021] 对上述实施例1进行机械力学性能分析：

[0022] 成分及机械力学性能按GB-T 1591-2008执行，机械力学性能具体见下表1：

执行标准	厚度/mm	Re <sub>l</sub> /MPa	R <sub>m</sub> /MPa	A%	AK <sub>v</sub> /J (-40℃)
按 GB-T 1591-2008	100-150	≥310	470~620	≥18	≥34

[0024] 试生产钢板性能如下表2：

试样批次	厚度/mm	Re <sub>l</sub> /MPa	R <sub>m</sub> /MPa	A%	AK <sub>v</sub> /J (-40℃)
1	420	321	490	28	177、132、162
2	420	332	512	20	86、132、111
3	420	328	492	24	159、141、135

[0026] 本次试生产420mm厚390E共计3批，采用热轧+正火快冷工艺，通过表2得知：屈服强度控制在321~332 MPa，平均达到了327 MPa；抗拉强度控制在490~512 MPa，平均达到了498 MPa；伸长率控制在20%-28%，平均达到24%；-40℃ V型冲击功控制在86~177J，平均达到了137J；按 GB-T 1591-2008标准中Q345E最大厚度性能要求，屈服强度富裕17MPa，抗拉强度富裕28MPa，伸长率富裕6%，冲击功富裕103J；完全满足420mm厚Q390E的标准。

[0027] 外检及探伤：上述实施例得到的钢板外检，正品率100%，按JB/T 47030进行探伤，合一级率为80%，合三级率为100%，达到了预期效果。

[0028] 以上所描述的仅为本发明的较佳实施例，上述具体实施例不是对本发明的限制，凡本领域的普通技术人员根据以上描述所做的润饰、修改或等同替换，均属于本发明的保护范围。