



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105925889 A

(43)申请公布日 2016.09.07

(21)申请号 201610497930.1 *G22C 38/08*(2006.01)

(22)申请日 2016.06.30 *G22C 38/16*(2006.01)

(71)申请人 江阴兴澄特种钢铁有限公司 *G21D 8/02*(2006.01)

地址 214434 江苏省无锡市江阴市滨江东路297号

(72)发明人 宁康康 韩雷 方寿玉

(74)专利代理机构 江阴市同盛专利事务所(普通合伙) 32210

代理人 孙燕波

(51) Int. Cl.

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/18(2006.01)

G22C 38/12(2006.01)

G22C 38/06(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

一种特厚规格1.2311模具钢板及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种特厚规格1.2311模具钢板,钢板以Fe为基础元素并包含如下组分:按质量百分比计C0.35~0.45%,Si0.20~0.40%,Mn1.30~1.60%,P≤0.020%,S≤0.010%,Cr1.80~2.00%,Mo0.15~0.25%,Al0.01~0.05%,Ni≤0.30%,Cu≤0.25%,B0.001~0.002%及不可避免的杂质元素;碳当量0.98~1.1。该钢板的制造工艺包括坯料冶炼、连铸圆坯、加热、高压水除鳞、轧制、矫直、缓冷、探伤、回火等工序,本发明制造的1.2311模具钢板厚度可达160~250mm,钢板的平均表面硬度30~36HRC,芯部硬度为≥28HRC,成品按NB/T 47013.3标准超声波探伤,质量等级均达到II级以上。

1. 一种特厚规格1.2311模具钢板,其特征在于:所述钢板的厚度为160~250mm,钢板以Fe为基础元素且包含如下质量百分比的化学成分:C:0.35~0.45%,Si:0.20~0.40%,Mn:1.30~1.60%,P: \leq 0.020%,S: \leq 0.010%,Cr:1.80~2.00%,Mo:0.15~0.25%,Al:0.01~0.05%,Ni: \leq 0.30%,Cu: \leq 0.25%,B:0.001~0.002%及不可避免的杂质元素;碳当量0.98~1.2。

2. 根据权利要求1所述特厚规格1.2311模具钢板,其特征在于:所述钢板的平均表面硬度30~36HRC,芯部硬度 \geq 28HRC,成品按NB/T 47013.3标准超声波探伤,质量等级均达到II级以上。

3. 一种制备权利要求1或2所述特厚规格1.2311模具钢板的方法,其特征在于:包括如下步骤,

①冶炼原料依次经BOF冶炼、LF精炼、RH精炼,连铸采用低速恒速浇铸,并控制轻压下量为9~12mm,生产出直径1000mm的圆坯;对圆坯缓冷,缓冷后对圆坯表面进行清理,按尺寸需要切割得到圆坯料;

②圆坯料采用均热炉加热,500℃以下装炉,焖钢2~3小时,低温段以低于50℃/小时的加热速度升温到800~840℃,保温均热3~4小时;中温段以低于80℃/小时升温到1000~1050℃,加热时间2.5~3小时;高温段升温速率不限,升温到1260℃保温均热,控制温度波动在 \pm 15℃,保温时间14小时及以上;

③坯料出炉后经高压水除鳞,除鳞系统压力不小于20Mpa,然后进行四阶段轧制,分别是:大变形量成型轧制、宽度方向小角度角轧、正常展宽轧制、纵向精轧;

④轧制完成的钢板进预矫直机和热矫直机进行矫直;

⑤对矫直后的钢板进行高温下线堆缓冷,总缓冷时间大于48小时,缓冷开始表面下限温度不低于500℃;缓冷后进行回火热处理,控制回火温度为540~580℃,保温时间按照3~4min/mm,回火后即获得特厚规格1.2311模具钢板成品。

一种特厚规格1.2311模具钢板及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种特厚规格1.2311模具钢板及其制备方法,尤其涉及一种采用直径1000mm的连铸大圆坯制造该模具钢板的方法。

背景技术

[0002] 模具钢材是模具加工制造业中的重要材料,其直接影响模具加工、模具质量以及产品质量。其中德国的1.2311钢作为模具用钢的典型钢种,在模具加工制造业中得到了长足地发展和广泛地应用,1.2311钢是一种预硬型的中碳合金塑料模具钢,其被大量地应用于塑料模具加工领域,相类似的有美国的P20,我国的3Cr2Mo等钢。这类钢由钢厂预先进行调质处理,以获得所要求的使用性能,再进行刻模加工,待模具成型后,不需要再进行最终热处理就可以直接使用。这类模具钢可以避免由于热处理而引起的模具变形和裂纹问题,最适宜制作形状复杂的大、中型精密塑料模具。目前,国内生产厂对塑料模具钢一般均采用锻锤或压机进行生产,很少采用轧制工艺生产,即使采用轧制工艺生产也因为表面裂纹或内部探伤不合格或合格率低而不能大批量规模生产。国内外都正在努力探究和拓展制造方法,以获得具有较低冶炼成本、合金化最合理的、具有最佳组织结构及优良综合性能的1.2311钢。目前模具钢的现有生产工艺主要有以下3种:

(1)电炉(转炉)→炉外精炼→模铸→锻打→轧制→热处理,是最为传统的一种方式。自80年代以来,国内大部分特殊钢厂都采用这种方法,它是较为传统的一种工艺模式。

[0003] (2)电炉→炉外精炼→连铸板坯→轧制→热处理,这种生产工艺采用以轧代锻工艺使得生产能耗降低较多,同时生产收得率也有所提高,由于连铸板坯厚度限制,只能生产小厚度规格模具钢。

[0004] (3)电炉→炉外精炼→模铸→电渣重熔→锻打→轧制→热处理,这样的工艺通常是为了生产纯净度要求更高、致密度、综合性能均匀以及偏析程度较好的用途材料,其也是目前世界上公认生产高品质1.2311模具用钢最广泛的工艺流程。

[0005] 但是,上述生产工艺都存在较多缺点:第一,通过模铸工艺生产钢锭,1.2311模具用钢的成材率受到一定限制;第二,通过锻造方式来生产1.2311模具用钢,虽然可以有效地改善钢坯内部组织,但是锻造方式的生产效率较低,并且成品模具用钢的尺寸精度不高;第三,电渣重熔钢锭生产的钢坯也只适用于需求量较少的高端用途产品,其由于生产成本较高而无法满足一般民用1.2311模具用钢的生产制造。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术提供一种连铸大圆坯生产特厚1.2311模具用钢的方法。该方法采用连铸圆坯浇铸+以轧代锻工艺,所制造的特厚规格1.2311模具用钢在不采用模铸工艺的前提下,既保证了1.2311模具用钢的各项综合力学性能,又提高了1.2311模具用钢的成材率及内部探伤合格率,降低了生产成本并提升了生产效率。

[0007] 本发明解决上述问题所采用的技术方案为：一种特厚规格1.2311模具钢板，所述钢板的厚度为160~250mm，钢板以Fe为基础元素且包含如下质量百分比的化学成分：C：0.35~0.45%，Si：0.20~0.40%，Mn：1.30~1.60%，P：≤0.020%，S：≤0.010%，Cr：1.80~2.00%，Mo：0.15~0.25%，Al：0.01~0.05%，Ni：≤0.30%，Cu：≤0.25%，B：0.001~0.002%及不可避免的杂质元素；碳当量0.98~1.2。

[0008] 上述钢板的平均表面硬度30~36HRC，芯部硬度≥28HRC，成品按NB/T 47013.3标准超声波探伤，质量等级均达到Ⅱ级以上。

[0009] 以下对本发明中所含组分的作用及用量选择作具体说明：

C：是确保钢板强度所必须的元素，提高钢中的碳含量将会增加它的马氏体转变能力，从而提高它的强度。但过高的C含量对钢的延性、韧性不利。另外，过高的C含量也会导致更严重的中心C偏析从而影响钢板的心部性能。本发明控制其含量为0.35~0.45%。

[0010] Si：是钢中的脱氧元素，并以固溶强化形式提高钢的强度。Si含量低于0.10%时，脱氧效果较差，Si含量较高时降低韧性。本发明Si含量控制为0.20~0.40%。

[0011] Mn：是提高淬透性和强度的元素，并起固溶强化作用以弥补钢中因C含量降低而引起的强度损失。当钢中Mn含量低于0.8%时，无法充分发挥强度确保的作用，但当Mn含量过高时则会增加其碳当量从而损坏焊接性能。另外，Mn易在钢板中心产生偏析，降低钢板中心部位的冲击韧性。因此，本发明Mn含量控制为1.30~1.60%。

[0012] Cr：是提高钢的淬透性而有助于强度提高的元素。在C含量较低的情况下，添加适量的Cr，可以保证钢板达到所需的强度，但是若添加过量，则将降低材料的韧性同时也降低材料的焊接性能，因此，本发明将其含量控制在1.80~2.00%。

[0013] Mo：可以显著提高钢的淬透性和强度。在低合金钢中添加少量的Mo还能起到克服热处理过程中的回火脆性以改善热处理性能，但Mo也是贵金属，含量过高会增加成本同时也降低材料的焊接性能。本发明中Mo的含量控制在0.15~0.25%。

[0014] Ni：是提高钢板的淬透性并可以显著改善其低温韧性的元素，对冲击韧性和韧脆转变温度具有良好的影响。但Ni含量太高时，板坯表面易生成黏性较高的氧化铁皮，难以去除，影响钢板的表面质量。另外，Ni也是贵金属，含量过高会增加成本。本发明中将其含量控制在≤0.30%。

[0015] Cu：可提高钢板的淬透性和耐大气腐蚀和耐海水腐蚀性能，降低钢的氢致裂纹敏感性。但过高的Cu含量不利于钢板的焊接性能，而且也易产生铜脆现象，恶化钢板的表面性能。因此本发明控制Cu含量为≤0.25%。

[0016] Al：主要是起固氮和脱氧作用。Al与N接合形成的AlN可以有效地细化晶粒，但含量过高会损害钢的韧性。因此，本发明控制其含量在0.01~0.05%。

[0017] B：是提高钢的淬透性最为显著的元素，B和Nb共存的情况下将显著提高钢板的淬透性，B含量过低或过高均对淬透性不利，过高的B将增大焊接裂纹敏感性从而使钢板的焊接性能降低。因此，本发明控制其含量在0.001~0.002%。

[0018] S、P：为钢中的有害杂质元素，易形成偏析、夹杂等缺陷。作为杂质元素会给钢板的韧性和焊接热影响区的韧性带来不利的影响，应尽量地减少其含量。本发明控制P≤0.020%、S≤0.010%。

[0019] 上述特厚规格1.2311模具钢板的制备方法，包括如下步骤，

①冶炼原料依次经BOF冶炼、LF精炼、RH精炼,连铸采用低速恒速浇铸,并控制轻压下量为9~12mm,生产出直径 1000mm的圆坯;对圆坯缓冷,缓冷后对圆坯表面进行清理,按尺寸需要切割得到圆坯料。

[0020] ②圆坯料采用均热炉加热,500℃以下装炉,焖钢2~3小时,低温段以低于50℃/小时的加热速度升温到800~840℃,保温均热 3~4小时;中温段以低于80℃/小时升温到1000~1050℃,加热时间2.5~3小时;高温段升温速率不限,升温到1260℃保温均热,控制温度波动在±15℃,保温时间14小时及以上。

[0021] ③坯料出炉后经高压水除鳞,除鳞系统压力不小于20Mpa,然后进行四阶段轧制,分别是:大变形量成型轧制、宽度方向小角度角轧、正常展宽轧制、纵向精轧;

④轧制完成的钢板进预矫直机和热矫直机进行矫直。

[0022] ⑤对矫直后的钢板进行高温下线堆缓冷,总缓冷时间大于48小时,缓冷开始表面下限温度不低于500℃;缓冷后进行回火热处理,控制回火温度为540~580℃,保温时间按照3~4min/mm,回火后即获得特厚规格1.2311模具钢板成品。

[0023] 本发明1.2311模具钢板制备方法的步骤①连铸出直径 1000mm的圆坯,采用连铸大圆坯生产模具用钢,摒弃了现有技术中所采用的模铸方法,在大大提高1.2311模具用钢的成材率并降低生产成本的同时,还保证了所获得的1.2311模具用钢在成分控制、低倍组织,金相组织,非金属夹杂物、显微硬度、内部探伤及综合力学性能等方面都与采用现有模铸工艺所制造的1.2311模具用钢相当,满足民用领域对于1.2311模具用钢的需求。

[0024] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

(1)提供了一种特厚规格1.2311模具钢板“以轧代锻”的制造方法,该方法采用 1000mm连铸大圆坯,通过均热炉加热和四辊可逆式轧机轧制,依靠大压缩比、大的单道次压下量来达到变形渗透从而改善板材内部质量,实现将大圆坯到钢板的轧制,针对1.2311模具钢板的生产,提供了一种全新的生产轧制路线。

[0025] (2)采用该方法生产的模具钢板的硬度、探伤质量等特性均达到行业要求,成材率更是达到85%以上,相比现有采用模铸方式生产模具钢,成材率整整提高了12%左右。

具体实施方式

[0026] 以下结合实施例对本发明作进一步详细描述。

[0027] 实施例1

本实施例涉及的特厚规格1.2311模具钢板的厚度为180mm,所包含的成分及其质量百分数为:C:0.40%,Si:0.25%,Mn:1.55%,P:0.009%,S:0.0018%,Cr:1.93%,Mo:0.22%,Al:0.03%,Ni:0.02%,Cu:0.02%,B:0.0003%,余量为Fe及不可避免的杂质元素,碳当量 $CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 = 1.07$ 。

[0028] 该模具钢板的生产工艺如下:

按上述特厚规格1.2311模具钢板的化学组成配置冶炼原料将冶炼原料依次经BOF冶炼、LF精炼、RH精炼以获得高纯净度钢水,进而通过圆坯连铸机生产出直径 1000mm的连铸大圆坯,连铸过程控制轻压下量为9~12mm,将连铸圆坯装入缓冷坑缓冷,缓冷后对连铸圆坯表面进行清理,按尺寸需要切割得到坯料。

[0029] 在均热炉对直径 1000mm的圆坯进行加热,加热总时间为30小时,500℃以下装

炉, 焖钢2小时, 低温段以 $\leq 50^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 的加热速度升温到 800°C , 加热时间约4小时, 在 $800+(0\sim 40)^{\circ}\text{C}$, 保温均热3小时; 中温段以 $\leq 80^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 升温到 $1000+(0\sim 50)^{\circ}\text{C}$, 加热时间约2.5小时; 高温段升温速率不限, 升温到 1260°C 保温均热, 保温时间约14小时, 临出钢前1~1.5小时, 为改善除鳞效果, 逐渐将温度控制到均热下限。

[0030] 坯料出炉后经高压水除鳞, 除鳞系统压力不小于 20MPa , 之后进行轧制, 因圆坯轧制变形的特殊性, 无法采用二级全自动轧制, 故采用一级手动轧制规程进行轧制。轧制前, 由人工策划、计算出相应的轧制数据, 编制出轧制规程表, 再输入计算机, 进行手动轧制。实际压下规程分四部分, 包括展宽前的纵轧、宽度方向小角度角轧或横轧展宽、正常展宽轧制, 精轧以及平整道次。来料圆坯直径为 $\Phi 1000\text{mm}$, 因需要展宽, 则纵轧道次总压下量的选择需要考虑到能否成功展宽, 经过计算, 采用展宽前的纵轧5道次, 每道次压下量为 80mm , 纵轧至厚度 610mm ; 然后进行转钢横轧展宽, 但是因轧制平面宽度处于转钢的临界值, 无法正常送钢咬入, 不能直接横轧展宽, 此时转钢采用宽度方向小角度角轧方式, 角轧角度 30° , 正角轧3道次, 然后反角轧3道次, 单道次压下量设定 28mm , 角轧结束时坯料厚度为 430mm , 宽度为 1300mm ; 随后则根据此时宽度, 进行3道次的正常展宽轧制, 轧制到所需宽度, 轧制过程采用立轧挤边, 最后转钢经7道次纵向精轧获得预定厚度的平整钢板。

[0031] 轧制完成的钢板进预矫直机和热矫直机进行矫直;

矫直完的钢板进行高温下线堆缓冷, 总缓冷时间大于48小时以上, 缓冷开始表面下线温度不低于 500°C , 缓冷后进行回火处理, 回火温度为 550°C , 在炉时间为 $3.0\text{min}/\text{mm}$, 回火后即获得 180mm 厚的特厚规格1.2311模具钢钢板成品。

[0032] 最终钢板成品按NB/T 47013.3标准进行超声波探伤, 质量等级达到II级。

[0033] 经由上述工艺制造的成品钢板具有优良的表面硬度和芯部硬度, 以及高标准的探伤情况, 符合行业使用要求, 其性能指标见表1所示。

[0034] 表 1 实施例1制造的1.2311模具钢板的硬度及探伤指标

板厚(mm)	硬度检验位置	硬度值(HRC)	交货硬度 (HRC)	探伤标准 NB/T 47013.3
180	表面	35.1	$>30\sim 36$	满足II级合格
	芯部	32.3	>28	

实施例2

本实施例涉及的特厚规格1.2311模具钢板的厚度为 250mm , 其成分按质量百分比计为: C:0.41%, Si:0.26%, Mn:1.57%, P:0.010%, S:0.0019%, Cr:1.95%, Mo:0.24%, Al:0.028%, Ni:0.02%, Cu:0.02%, B:0.00028%, 余量为Fe及不可避免的杂质元素, 碳当量 $\text{CEV} = \text{C} + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Cu} + \text{Ni})/15 = 1.1$ 。

[0035] 该实施例的冶炼及制造工艺与实施例1基本相同, 主要差别在于轧制环节的工艺调整及后续缓冷工艺、回火工艺方面, 具体如下:

采用展宽前的纵轧3道次,每道次压下量80~90mm,纵轧至厚度640mm;然后进行转钢横轧展宽,但是因轧制平面宽度处于转钢的临界值,无法正常送钢咬入,不能直接横轧展宽,此时转钢采用宽度方向小角度角轧方式,角轧角度 30° ,正角轧3道次,然后反角轧3道次,单道次压下量设定30mm,角轧结束时坯料厚度为450mm,宽度为1500mm,随后则根据此时宽度,进行3道次的正常展宽轧制,轧制到所需宽度,轧制过程采用立轧挤边;最后转钢经7道次纵向精轧获得预定厚度的平直钢板。

[0036] 矫直后的钢板进行高温下线堆缓冷,总缓冷时间大于48h,缓冷开始表面温度下限不低于 550°C ;缓冷后进行回火处理,回火温度为 580°C ,在炉时间为4.0min/mm,回火后即获得成品240mm厚的特厚规格1.2311模具钢板。

[0037] 经由上述工艺制造的成品钢板具有优良的表面硬度和芯部硬度,以及高标准的探伤情况,符合行业使用要求,其性能指标见表2所示。

[0038] 表 2 实施例2制造的1.2311模具钢板的硬度及探伤指标

板厚(mm)	硬度检验位置	硬度值(HRC)	交货硬度(HRC)	探伤标准 NB/T 47013.3
250	表面	34.5	$>30\sim36$	满足II级合格
	芯部	31.2	>28	

除上述实施例外,本发明还包括有其他实施方式,凡采用等同变换或者等效替换方式形成的技术方案,均应落入本发明权利要求的保护范围之内。