(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 118086785 B
(45)授权公告日 2024.08.20

(21)申请号 202410510463.6

(22)申请日 2024.04.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118086785 A

(43)申请公布日 2024.05.28

(73)专利权人 江苏永钢集团有限公司
地址 215600 江苏省苏州市张家港市南丰镇永联工业园永钢大道100号

(72)发明人 彭梦都 时彤彤 张叶飞 于同仁 李成斌 陈远清 谷杰

(74)专利代理机构 南京智造力知识产权代理有限公司 32382
专利代理师 邵娟

(51)Int.Cl.
C22C 38/06(2006.01)
C22C 38/04(2006.01)
C22C 38/02(2006.01)
C21D 8/06(2006.01)

(56)对比文件
CN 116676459 A,2023.09.01
CN 117845031 A,2024.04.09

审查员 黄烨

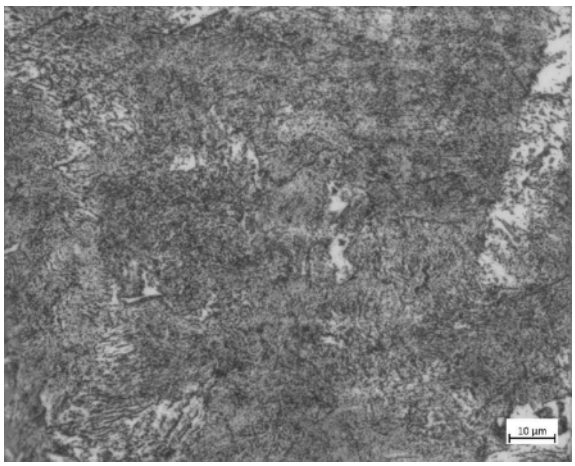
权利要求书1页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条及其制造方法,采用C-Si-Mn-Al-B化学成分设计,其制造方法包括将热轧吐丝后的盘条经过在线熔盐冷却处理,使盘条以≥30℃/s的冷速冷却至≥580℃的等温温度,在等温温度等温处理400s及以上,再保温冷却,制为组织包括体积百分比占30%~40%的铁素体、体积百分比占60%~65%的珠光体、含有准球化珠光体所组成复相组织的冷镦钢盘条,抗拉强度可达520~565MPa,断面收缩率高达73~83%,以高塑性热轧盘条实现8.8级螺栓减退火加工制造,实现冷镦钢热轧盘条向超高强化、绿色化方向发展,以满足市场使用需求,具有良好的工业适应性和市场应用前景。



CN 118086785 B

1.一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.25%～0.35%、Si:0.10%～0.30%、Mn:0.60%～0.90%、Al:0.10%～0.30%、P≤0.020%、S≤0.020%、B:0.0010%～0.0020%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法包括将热轧吐丝后的盘条经过在线熔盐冷却处理,使盘条以≥30℃/s的冷速冷却至＞580℃的等温温度,在等温温度等温处理400s及以上,再保温冷却,制为组织包括体积百分比占30%~40%的铁素体、体积百分比占60%~65%的珠光体、含有准球化珠光体所组成复相组织的冷镦钢盘条,冷镦钢盘条的断面收缩率为73~83%;

所述在线熔盐冷却处理的熔盐温度控制在580～650℃,等温时间控制在400~800s,所述保温冷却控制盘条在≥400℃进行≥300s的持续回火。

2.根据权利要求1所述的8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述热轧生产前将钢坯送入加热炉加热,钢坯均热温度为1040~1140℃,总加热时间＜6h。

3.根据权利要求2所述的8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述钢坯出加热炉后,用压力为15~20MPa的除鳞水去除钢坯表面鳞。

4.根据权利要求1所述的8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述热轧生产时控制精轧入口温度为900~950℃,精轧变形量为10~18%,且精轧出口温度≥880℃。

5.根据权利要求1所述的8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述保温冷却采用盘条沿辊道进保温罩后,辊道速度为0.05~0.1m/s,在辊道前段堆积保温,保温时间控制在300~800s,使盘条在≥400℃进行持续回火,之后提升辊道速度至0.5~0.8m/s。

6.一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条,其特征在于,由权利要求1~5任意一项所述8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法获得。

7.根据权利要求6所述的8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条,其特征在于,所述冷镦钢盘条的直径为10.0～18.0mm,抗拉强度为520~565MPa。

8.根据权利要求6所述的8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的用途,其特征在于,用于制备8.8级螺栓时至少减少一道球化退火工序。

一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于热轧盘条技术领域,具体涉及一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条及其制造方法。

背景技术

[0002] 螺栓作为紧固件的重要组成部分,广泛应用在航空航天、轨道交通、机械设备、电力工程、家居生活等领域。8.8级高强度紧固件螺栓是指抗拉强度达800MPa级、屈强比达0.8级、屈服强度达640MPa级的螺栓,常需进行“二球二拉”工艺,即热轧盘条→球化退火→拉拔→球化退火→拉拔→冷镦的工艺处理,最后还需经调质处理才能达到8.8级螺栓性能等级要求,球化退火的主要目的是使钢材中的微观组织碳化物球化,降低材料硬度和变形抗力,提高材料塑性便于加工成形。热处理工序亦会增加材料的加工成本,如若减少8.8级高强度紧固件螺栓的退火热处理工序次数,则需要热轧盘条具有极高塑性,以使材料在拉拔和冷镦过程可稳定高效,加工不开裂。

[0003] 现有技术中的8.8级螺栓用冷镦钢盘条普遍采用轧后斯太尔摩冷却处理,在提升强度同时,其塑性不足,难以满足减少冷镦前拉拔道次间隔的软化退火次数需求的技术难点和成因在于:

[0004] 由于斯太尔摩冷却线的控冷能力有限,现有8.8级螺栓用减退火或免退火冷镦钢盘条,在控制B、Al、Mn、C等元素来保证钢种具有足够淬透性的基础上,主要通过低温轧制,在极度变形的奥氏体晶界和晶粒内部形成大量的位错和变形带,结合后续充分缓冷过程相变控制,获得较高体积分数和适当粗大晶粒铁素体,珠光体团小而分散,用塑性高于珠光体组织、强度低于珠光体的铁素体组织,来降低盘条强度、提高盘条塑性和冷镦性能;例如:专利CN117403127A公开的一种高冷镦性能高塑性的免退火冷镦钢及其制造方法及紧固件,采用C-Mn-Al-B-Mg-Pr成分设计,以800℃～850℃的精轧温度低温轧制来避免铁素体晶粒度过分细化,吐丝后通过保温罩关闭的斯太尔摩冷却线和保温通道,获得的盘条组织包括体积百分比占80％～85％铁素体组织和15％～20％的退化的珠光体组织,盘条Rm≤480MPa,Z≥65％。

[0005] 但一方面:低温轧制会导致高速线材轧机的磨损加剧、轧速降低,而提高轧制温度后,由于斯太尔摩的冷却能力最高仅能达到盘条冷速为10℃/s,不能快速达到相变温度,会导致孕育时间较短,软相组织含量降低,引起塑性下降;现有技术中也有采用轧后强冷和斯太尔摩冷保温冷却工艺设计来改善此问题的工艺设计,例如专利CN116065099A公开的一种免退火冷镦钢线材及其生产工艺,采用C-Si-Mn-B成分设计,吐丝前采用一道水箱快速冷却和吐丝后1#和2#风机开50％,来快速降温,以便在有效的保温罩缓冷区间精确控制相变,获得细小均匀的铁素体基体上弥散分布40％左右的珠光体组织,抗拉强度达537MPa,面缩率达57.0％,但穿水冷却和风冷的冷却能力仍有限,盘条经过相应相变区间的时间相对较短,会导致盘条塑性仍不足,且穿水冷却会因大量气泡影响钢坯表面换热而增加盘条的力学性能波动。

[0006] 另一方面:斯太尔摩冷却线即使采用保温罩缓冷,盘条冷速也在0.5℃/s以上,盘条在持续的缓慢冷却过程中,难以长时间维持高温状态,晶粒粗化、渗碳体形成和渗碳体片层厚度的增加会加剧珠光体熔断难度,而盘条经过珠光体孕育后已处于无法熔断球化珠光体的低温状态,下线前仅能获得含量较少的片层珠光体组织,导致材料塑性不足,不能达到减退火需求,在冷镦加工过程中开裂。

发明内容

[0007] 本发明旨在至少在一定程度上解决上述技术问题之一,本发明提供一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条及其制造方法,以高塑性热轧盘条实现8.8级螺栓减退火加工制造,实现冷镦钢热轧盘条向超高强化、绿色化方向发展,以满足市场使用需求。

[0008] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0009] 一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法,所述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.25%~0.35%、Si:0.10%~0.30%、Mn:0.60%~0.90%、Al:0.10%~0.30%、P≤0.020%、S≤0.020%、B:0.0010%~0.0020%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法包括将热轧吐丝后的盘条经过在线熔盐冷却处理,使盘条以≥30℃/s的冷速冷却至≥580℃的等温温度,在等温温度等温处理400s及以上,再保温冷却,制为组织包括体积百分比占30%~40%的铁素体、体积百分比占60%~65%的珠光体、含有准球化珠光体所组成复相组织的冷镦钢盘条。

[0010] 上述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比设计依据包括:

[0011] (1)碳:C溶解在钢中形成固溶体,起到固溶强化作用,或形成碳化物析出,起到沉淀强化作用,随着碳含量增加,钢的硬度和强度会提高,但C溶于基体的含量越多,会引起熔断难度增加,所需球化转变时间延长,导致塑性降低、在线熔盐冷却处理能耗增加,且碳含量过高会导致基体强度过高、材料变脆,增加拉拔断丝和冷镦开裂风险,因此C的质量百分比控制为0.25%~0.35%。

[0012] (2)硅、铝:Si与Al元素作用类似,在钢中起固溶强化作用,可抑制在线熔盐冷却处理前期的晶粒粗化,进而抑制渗碳体形成和渗碳体片层的厚度,有利于片层珠光体熔断,进而有助于通过等温回火使珠光体组织向球化组织转变,极大提高盘条的塑性;但硅过量会导致基体强度过高、对钢的冷塑性变形不利,铝过量会导致增加非金属夹杂和脱碳风险,因此Si的质量百分比控制为0.10%~0.30%,Al的质量百分比控制为0.10%~0.30%。

[0013] (3)锰:Mn元素可扩大奥氏体相区,有利于调控基体组织含量,同时Mn元素可通过固溶强化作用提高盘条的强度级别,但Mn含量过高会增加钢的过热敏感性和粗晶风险,对钢的塑性、组织控制均产生不利影响,因此Mn的质量百分比控制为0.60%~0.90%。

[0014] (4)硼:B元素可提高材料的淬透性,保证材料的基体强度,提高热轧时的材料强度,但硼含量过高易生产非金属夹杂,会引起脆性和粗晶风险,因此B的质量百分比控制为0.0010%~0.0020%。

[0015] (5)磷、硫:P元素和S元素属于杂质元素,越低越好,因此控制P≤0.020%、S≤0.020%。

[0016] 在上述冷镦钢盘条采用C-Si-Mn成分设计、添加适宜Al、B合金元素的基础上,一方面:相较于现有轧后强冷的工艺设计,上述制造方法采用热轧吐丝直接在线熔盐冷却进行

在线熔盐等温处理,可以利用熔盐的高换热特性,使盘条快速变至熔盐温度,以更快的冷速快速由吐丝的奥氏体化温度,降温至铁素体相变温度区间,且较穿水冷却方式可以避免气泡干扰引起的盘条力学性能波动。

[0017] 另一方面:相较现有斯太尔摩冷保温冷却工艺设计,上述制造方法由于盘条可以保持与熔盐同一温度,温度不变而非现有保温罩内的持续缓慢降温,可以获得更长时间的高温等温处理,吐丝后盘条中的奥氏体组织可以转变为铁素体和片层珠光体组织,片层珠光体组织又在≥580℃的长时间高温下不断熔断球化,形成准球化珠光体的回火态组织,进一步保温冷却后可以进行持续回火,进而可以尽可能的以较大冷速、较长等温温度,获得小部分铁素体、大部分珠光体、以及准球化珠光体所组成的复相组织,相较现有斯太尔摩风冷线盘条包括大部分粗化铁素体和小部分片层珠光体的混合组织,本发明能够在保持强度同时,有效地以回火态组织提高盘条的塑性,使冷镦钢盘条后续经过减少一道球化退火工序,再调质处理后即能够达到8.8级紧固件的强韧性能,材料在拉拔和冷镦过程可稳定高效,加工不开裂。

[0018] 优选的,所述热轧生产前将钢坯送入加热炉加热,钢坯均热温度为1040~1140℃,总加热时间<6h,可以以较高的均热温度促进成分均匀化,同时避免均热温度过高、总加热时间过长引起脱碳、过烧风险。

[0019] 优选的,所述钢坯出加热炉后,用压力为15~20MPa的除鳞水去除钢坯表面鳞,用于尽可能的去除出炉后钢坯表面氧化形成的一次鳞,避免氧化层在后续轧制过程中被压入钢坯中影响线材表面质量。

[0020] 优选的,所述热轧生产时控制精轧入口温度为900~950℃,精轧变形量为10~18%,且精轧出口温度≥880℃,相较于现有技术中的8.8级螺栓用减退火或免退火冷镦钢盘条制造方法,需要用低温轧制和来大压下量来避免铁素体晶粒度过分细化,由于本发明的在线熔盐冷却处理可以以更快的冷却速度达到相变温度并更长时间地高温等温处理,因此可以打破低温轧制的限制,以相对更高的精轧温度和小的精轧变形量快速轧制,减少高速线材轧机的磨损,提高热轧生产效率。

[0021] 优选的,由于盘条会迅速降为熔盐温度,熔盐温度越高、等温时间越长,则盘条组织的铁素体含量和准球化珠光体含量越多,盘条塑性越高,但对钢厂来说,所需耗能和成本随之增加,不够经济,不利于高效生产,反之熔盐温度越低则盘条组织中的铁素体含量下降,熔盐温度过低则会产生贝氏体组织,引起盘条塑性显著下降,而等温时间过短则不利于片层珠光体熔断球化,因此所述在线熔盐冷却处理的熔盐温度控制在580~650℃,等温时间控制在400~800s,可以进一步控制熔盐温度和等温时间,在兼顾制造成本和效率的基础上,调控盘条组织,获得高塑性的复相组织。

[0022] 优选的,由于盘条出熔盐后的温度≥580℃,所述保温冷却控制盘条在≥400℃进行≥300s的持续回火,可以利用≥400℃继续保温处理,促进片层光体熔继续熔断球化,延长在线熔盐冷却处理的回火软化效果。

[0023] 优选的,所述保温冷却采用盘条沿辊道进保温罩后,辊道速度为0.05~0.1m/s,在辊道前段堆积保温,保温时间控制在300~800s,使盘条在≥400℃进行持续回火,之后提升辊道速度至0.5~0.8m/s,可以利用前段较低的辊道速度使盘条高温持续回火,而400℃以下回火软化效果下降,可以提高后段的辊道速度,使盘条正常快速运输至集卷筒集卷,以便快

速下线,提高生产效率。

[0024] 一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条,由如上任意一项所述8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法获得。

[0025] 优选的,为了使冷镦钢盘条经过拉拔调质处理后能够达到8.8级紧固件的强韧性能,所述冷镦钢盘条的直径为10.0～18.0mm,抗拉强度为520~565MPa,断面收缩率为73~83%,相较现有技术的8.8级紧固件用斯太尔摩风冷热轧盘条显著提高了塑性,且力学性能波动较小。

[0026] 根据如上所述的8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的用途,用于制备8.8级螺栓时至少减少一道球化退火工序。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0028] (1)针对现有冷镦钢热轧盘条在提升强度同时,导致塑性不足而不能满足8.8级螺栓减退火加工制造的现状,本发明的制造方法通过C-Si-Mn-Al-B化学成分设计,保证材料的基体强度和淬透性,抑制渗碳体形成和渗碳体片层的厚度,结合在线熔盐等温技术工艺设计,尽可能的以较大冷速、较长的高温等温温度,使盘条奥氏体向铁素体和珠光体转变同时,促进片层珠光体组织进一步在高温下不断熔断球化,获得显微组织类型以珠光体为主,少量铁素体、含有准球化珠光体所组成的复相组织,能够有效地以回火态组织提高盘条的塑性,可以用于制造8.8级高强度紧固件螺栓等应用领域。

[0029] (2)本发明的制造方法可以打破现有低温轧制对8.8级螺栓减退火加工的限制,选用合适的高温控轧和在线熔盐等温工艺设计,减少高速线材轧机的磨损,用在线熔盐冷却处理后的保温冷却持续回火,不断软化提高塑性,兼顾生产成本和效率,具有良好工业适应性。

[0030] (3)本发明成功开发了一种8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条,产品抗拉强度可达520~565MPa,断面收缩率高达73~83%,以高塑性热轧盘条实现8.8级螺栓减退火加工制造,实现冷镦钢热轧盘条向超高强化、绿色化方向发展,以满足市场使用需求,具有良好的市场应用前景。

附图说明

[0031] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0032] 图1是本发明实施例1的盘条为铁素体+珠光体+准球化珠光体复相组织的金相组织图;

[0033] 图2是本发明对比例1的盘条为铁素体+珠光体的金相组织图;

[0034] 图3是本发明实施例3的盘条为铁素体+珠光体+准球化珠光体复相组织的金相组织图。

具体实施方式

[0035] 下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅仅为了进行举例说明且不限制对本发明的特点和特征的描述,以提出执行本发明的最佳方式,旨在用于解释本发明,并足以使得本领域技术人员能够实施本发明,而不能理解为对本发明的范围有任何限制,本发明

的范围仅由所附权利要求来限定。

实施例1：

[0036] 本发明所述8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法的一种较佳实施方式，所述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比包括：C：0.25％、Si：0.15％、Mn：0.75％、Al：0.3％、P：0.018％、S：0.018％、B：0.0012％，其余为Fe和不可避免杂质；其制造方法按照加热炉加热→热轧→吐丝→在线熔盐冷却处理→保温冷却→集卷的工艺流程制造，具体的：

[0037] 所述加热炉加热用于先将规格为220mm×220mm的钢坯，通过加热炉加热为达到可轧制塑性的高温钢坯，并促进钢坯成分均匀化，具体的：加热炉采用依次为预热段、加热段和均热段三段式加热，钢坯均热温度为1100℃，总加热时间＜6h，严格控制钢坯脱碳和烧损。

[0038] 所述热轧工序用于将出加热炉的高温钢坯去除表面鳞后，通过轧制线以高温快速轧制为规格为14mm的线材，减少轧制线中高速线材轧机的磨损，提高热轧生产效率，为后续在线熔盐冷却处理作组织上的准备，具体的：钢坯出加热炉后，用压力为18MPa的除鳞水，尽可能的去除钢坯表面一次鳞，除鳞后的钢坯进入轧制线，控制精轧入口温度为925℃，精轧变形量为14％，且精轧出口温度为915℃；所述吐丝工序用于将出轧制线的线材，经过吐丝机制为盘条，控制吐丝温度为902℃，盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0039] 所述在线熔盐冷却处理采用内设熔盐的盐浴槽，用于将吐丝后的盘条经辊道输送穿过盐浴槽的熔盐，使盘条快速降温至熔盐温度，进行在线熔盐等温处理，具体的：熔盐温度控制在615℃，盘条经过熔盐时以36℃/s的冷速冷却至熔盐温度即等温温度，在等温温度等温处理605s，使盘条中的奥氏体组织转变为铁素体和片层珠光体组织，片层珠光体组织不断熔断球化形成准球化珠光体的回火态组织，以回火态组织提高盘条的塑性。

[0040] 所述保温冷却工序用于将从盐浴槽出来的盘条，用辊道输送进入保温罩进行保温冷却处理，具体的：盘条沿辊道进保温罩后，辊道速度为0.08m/s，在辊道前段堆积保温，保温时间控制在500s，使盘条在≥400℃进行持续回火，不断软化提高塑性，之后提升辊道速度至0.6m/s，进行正常快速运输至集卷工位；所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷，包装入库后获得冷镦钢盘条成品，其金相组织图如图1中所示。

[0041] 对比例1：

[0042] 一种8.8级螺栓用冷镦钢盘条的制造方法，其与实施例1的区别在于：其制造方法按照加热炉加热→热轧→吐丝→斯太尔摩风冷保温冷却→集卷的工艺流程制造，具体的：所述斯太尔摩风冷保温冷却采用将吐丝后的盘条经过辊道输送进入保温罩，在罩内以0.9℃/s的冷速完成相变，集卷下线后获得冷镦钢盘条，其金相组织图如图2中所示。

[0043] 对比例2：

[0044] 一种8.8级螺栓用冷镦钢盘条的制造方法，其与实施例1的区别在于：其制造方法按照加热炉加热→热轧→吐丝→斯太尔摩风冷→保温冷却→集卷的工艺流程制造，具体的：所述斯太尔摩风冷采用将吐丝后的盘条经过辊道输送，开启风机以9.8℃/s的冷速风冷降温，之后进入保温罩，即保温冷却，进罩温度在698℃，在罩内以0.9℃/s的冷速完成相变，集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例2：

[0045] 本发明所述8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法的另一种较佳实施方式，

所述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.22%、Si:0.26%、Mn:0.6%、Al:0.15%、P:0.016%、S:0.02%、B:0.0016%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照加热炉加热→热轧→吐丝→在线熔盐冷却处理→保温冷却→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0046] 所述加热炉加热用于先将规格为160mm×160mm的钢坯,通过加热炉加热为达到可轧制塑性的高温钢坯,并促进钢坯成分均匀化,具体的:加热炉采用依次为预热段、加热段和均热段三段式加热,钢坯均热温度为1140℃,总加热时间<6h,严格控制钢坯脱碳和烧损。

[0047] 所述热轧工序用于将出加热炉的高温钢坯去除表面鳞后,通过轧制线以高温快速轧制为规格为10mm的线材,减少轧制线中高速线材轧机的磨损,提高热轧生产效率,为后续在线熔盐冷却处理作组织上的准备,具体的:钢坯出加热炉后,用压力为19MPa的除鳞水,尽可能的去除钢坯表面一次鳞,除鳞后的钢坯进入轧制线,控制精轧入口温度为950℃,精轧变形量为18%,且精轧出口温度为937℃;所述吐丝工序用于将出轧制线的线材,经过吐丝机制为盘条,控制吐丝温度为914℃,盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0048] 所述在线熔盐冷却处理采用内设熔盐的盐浴槽,用于将吐丝后的盘条经辊道输送穿过盐浴槽的熔盐,使盘条快速降温至熔盐温度,进行在线熔盐等温处理,具体的:熔盐温度控制在582℃,盘条经过熔盐时以40℃/s的冷速冷却至熔盐温度即等温温度,在等温温度等温处理410s,使盘条中的奥氏体组织转变为铁素体和片层珠光体组织,片层珠光体组织不断熔断球化形成准球化珠光体的回火态组织,以回火态组织提高盘条的塑性。

[0049] 所述保温冷却工序用于将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进入保温罩进行保温冷却处理,具体的:盘条沿辊道进保温罩后,辊道速度为0.05m/s,在辊道前段堆积保温,保温时间控制在800s,使盘条在≥400℃进行持续回火,不断软化提高塑性,之后提升辊道速度至0.8m/s,进行正常快速运输至集卷工位;所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷,包装入库后获得冷镦钢盘条成品。

[0050] 对比例3:

[0051] 一种8.8级螺栓用冷镦钢盘条的制造方法,其与实施例2的区别在于:所述在线熔盐冷却处理的熔盐温度控制在545℃,盘条经过熔盐时以45℃/s的冷速冷却至熔盐温度即等温温度,在等温温度等温处理290s,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例3:

[0052] 本发明所述8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法的另一种较佳实施方式,所述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.35%、Si:0.3%、Mn:0.9%、Al:0.1%、P:0.02%、S:0.018%、B:0.001%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照加热炉加热→热轧→吐丝→在线熔盐冷却处理→保温冷却→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0053] 所述加热炉加热用于先将规格为220mm×220mm的钢坯,通过加热炉加热为达到可轧制塑性的高温钢坯,并促进钢坯成分均匀化,具体的:加热炉采用依次为预热段、加热段和均热段三段式加热,钢坯均热温度为1040℃,总加热时间<6h,严格控制钢坯脱碳和烧损。

[0054] 所述热轧工序用于将出加热炉的高温钢坯去除表面鳞后,通过轧制线以高温快速轧制为规格为18mm的线材,减少轧制线中高速线材轧机的磨损,提高热轧生产效率,为后续在线熔盐冷却处理作组织上的准备,具体的:钢坯出加热炉后,用压力为16MPa的除鳞水,尽

可能的去除钢坯表面一次鳞,除鳞后的钢坯进入轧制线,控制精轧入口温度为900℃,精轧变形量为10%,且精轧出口温度为890℃;所述吐丝工序用于将出轧制线的线材,经过吐丝机制为盘条,控制吐丝温度为880℃,盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0055] 所述在线熔盐冷却处理采用内设熔盐的盐浴槽,用于将吐丝后的盘条经辊道输送穿过盐浴槽的熔盐,使盘条快速降温至熔盐温度,进行在线熔盐等温处理,具体的:熔盐温度控制在648℃,盘条经过熔盐时以33℃/s的冷速冷却至熔盐温度即等温温度,在等温温度等温处理795s,使盘条中的奥氏体组织转变为铁素体和片层珠光体组织,片层珠光体组织不断熔断球化形成准球化珠光体的回火态组织,以回火态组织提高盘条的塑性。

[0056] 所述保温冷却工序用于将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进入保温罩进行保温冷却处理,具体的:盘条沿辊道进保温罩后,辊道速度为0.1m/s,在辊道前段堆积保温,保温时间控制在300s,使盘条在≥400℃进行持续回火,不断软化提高塑性,之后提升辊道速度至0.5m/s,进行正常快速运输至集卷工位;所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷,包装入库后获得冷镦钢盘条成品,其金相组织图如图3中所示。

[0057] 对比例4:

[0058] 一种8.8级螺栓用冷镦钢盘条的制造方法,其与实施例3的区别在于:所述在线熔盐冷却处理的熔盐温度控制在460℃,盘条经过熔盐时以48℃/s的冷速冷却至熔盐温度即等温温度,在等温温度等温处理350s,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例4:

[0059] 本发明所述8.8级螺栓用减退火冷镦钢盘条的制造方法的另一种较佳实施方式,所述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.28%、Si:0.1%、Mn:0.8%、Al:0.22%、P:0.018%、S:0.017%、B:0.002%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照加热炉加热→热轧→吐丝→在线熔盐冷却处理→保温冷却→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0060] 所述加热炉加热用于先将规格为220mm×220mm的钢坯,通过加热炉加热为达到可轧制塑性的高温钢坯,并促进钢坯成分均匀化,具体的:加热炉采用依次为预热段、加热段和均热段三段式加热,钢坯均热温度为1080℃,总加热时间<6h,严格控制钢坯脱碳和烧损。

[0061] 所述热轧工序用于将出加热炉的高温钢坯去除表面鳞后,通过轧制线以高温快速轧制为规格为16mm的线材,减少轧制线中高速线材轧机的磨损,提高热轧生产效率,为后续在线熔盐冷却处理作组织上的准备,具体的:钢坯出加热炉后,用压力为15MPa的除鳞水,尽可能的去除钢坯表面一次鳞,除鳞后的钢坯进入轧制线,控制精轧入口温度为965℃,精轧变形量为12%,且精轧出口温度为945℃;所述吐丝工序用于将出轧制线的线材,经过吐丝机制为盘条,控制吐丝温度为926℃,盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0062] 所述在线熔盐冷却处理采用内设熔盐的盐浴槽,用于将吐丝后的盘条经辊道输送穿过盐浴槽的熔盐,使盘条快速降温至熔盐温度,进行在线熔盐等温处理,具体的:熔盐温度控制在630℃,盘条经过熔盐时以35℃/s的冷速冷却至熔盐温度即等温温度,在等温温度等温处理530s,使盘条中的奥氏体组织转变为铁素体和片层珠光体组织,片层珠光体组织不断熔断球化形成准球化珠光体的回火态组织,以回火态组织提高盘条的塑性。

[0063] 所述保温冷却工序用于将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进入保温罩进行保温冷却处理,具体的:盘条沿辊道进保温罩后,辊道速度为0.07m/s,在辊道前段堆积保温,保

温时间控制在600s,使盘条在≥400℃进行持续回火,不断软化提高塑性,之后提升辊道速度至0.7m/s,进行正常快速运输至集卷工位;所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷,包装入库后获得冷镦钢盘条成品。

[0064] 对比例5:

[0065] 一种8.8级螺栓用冷镦钢盘条的制造方法,其与实施例4的区别在于:其制造方法按照加热炉加热→热轧→吐丝→在线熔盐冷却处理→空冷→集卷的工艺流程制造,所述空冷工序的辊道速度为1.5m/s,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

[0066] 对上述实施例和对比例所得冷镦钢盘条进行组织与性能检测:拉伸测试采用《GB-T 228 .1-2021金属材料拉伸试验第1部分:室温试验方法》进行测试,获得抗拉强度和断面收缩率,按照GB/T13298标准的金属显微组织检测方法进行组织检测,获得的对比结果如下表1所示:

[0067] 表1.不同冷镦钢盘条成分与制造方法的盘条组织性能的对比结果

[0068]

序号	抗拉强度/MPa	断面收缩率/%	显微组织
实施例 1	541	76	体积百分比占 33%的铁素体、体积百分比占 62%的珠光体、其余为准球化珠光体
对比例 1	493	45	铁素体+珠光体
对比例 2	590	22	马氏体+铁素体+珠光体
实施例 2	565	73	体积百分比占 31%的铁素体、体积百分比占 65%的珠光体、其余为准球化珠光体
对比例 3	482	55	体积百分比占 60%的铁素体、体积百分比占 40%的珠光体
实施例 3	520	83	体积百分比占 34%的铁素体、体积百分比占 60%的珠光体、其余为准球化珠光体
对比例 4	579	33	贝氏体+铁素体+珠光体
实施例 4	536	79	体积百分比占 34%的铁素体、体积百分比占 61%的珠光体、其余为准球化珠光体
对比例 5	570	67	体积百分比占 31%的铁素体、体积百分比占 68%的珠光体、其余为准球化珠光体

[0069] 由实施例1~4和对比例1的对比结果可见,相较斯太尔摩冷保温冷却工艺,本发明的制造方法在采用C-Si-Mn成分设计、添加适宜Al、B合金元素的基础上,可以以更快的冷速快速、更长时间的高温等温处理,使奥氏体组织可以转变为铁素体和珠光体组织,片层珠光体组织在长时间高温下不断熔断球化,以较大冷速、较长等温温度获得小部分铁素体、大部分珠光体、以及准球化珠光体所组成的复相组织,较斯太尔摩冷保温冷却获得铁素体、珠光体组织的盘条,能够有效地以回火态组织提高盘条的塑性,使产品抗拉强度达520~565MPa,断面收缩率高达73~83%,使冷镦钢盘条经过减少一道球化退火工序,再调质处理后即能够达到8.8级紧固件的强韧性能,材料在拉拔和冷镦过程可稳定高效,加工不开裂。

[0070] 由实施例1~4和对比例2的对比结果可见,相较轧后强冷和斯太尔摩冷保温冷却工艺,本发明的制造方法可以以更快的冷速快速由吐丝的奥氏体化温度,降温至铁素体相变温度区间,可以打破低温轧制对后续控冷的限制,避免马氏体硬脆相的出现引起塑性显著下降,进而可以以相对更高的精轧温度和小的精轧变形量快速轧制,减少高速线材轧机的磨损,提高热轧和生产效率,能够兼顾生产成本和效率,具有良好工业适应性。

[0071] 由实施例1~4的对比,实施例2和对比例3的对比结果可见,熔盐温度越高、等温时间越长,则盘条组织的铁素体含量和准球化珠光体含量越多,盘条塑性越高,但对钢厂来说,所需耗能和成本随之增加,熔盐温度越低则盘条组织中的铁素体含量下降,等温时间过

短则不利于片层珠光体熔断球化,使准球化珠光体含量下降,引起盘条塑性下降;由实施例3和对比例4的对比结果可见,熔盐温度过低则会产生贝氏体组织,引起盘条塑性显著下降。

[0072] 由实施例4和对比例5的对比结果可见,本发明采用辊道保温冷却,使盘条在≥400℃进行持续回火,不断软化可以进一步提高塑性。

[0073] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施例的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施例或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

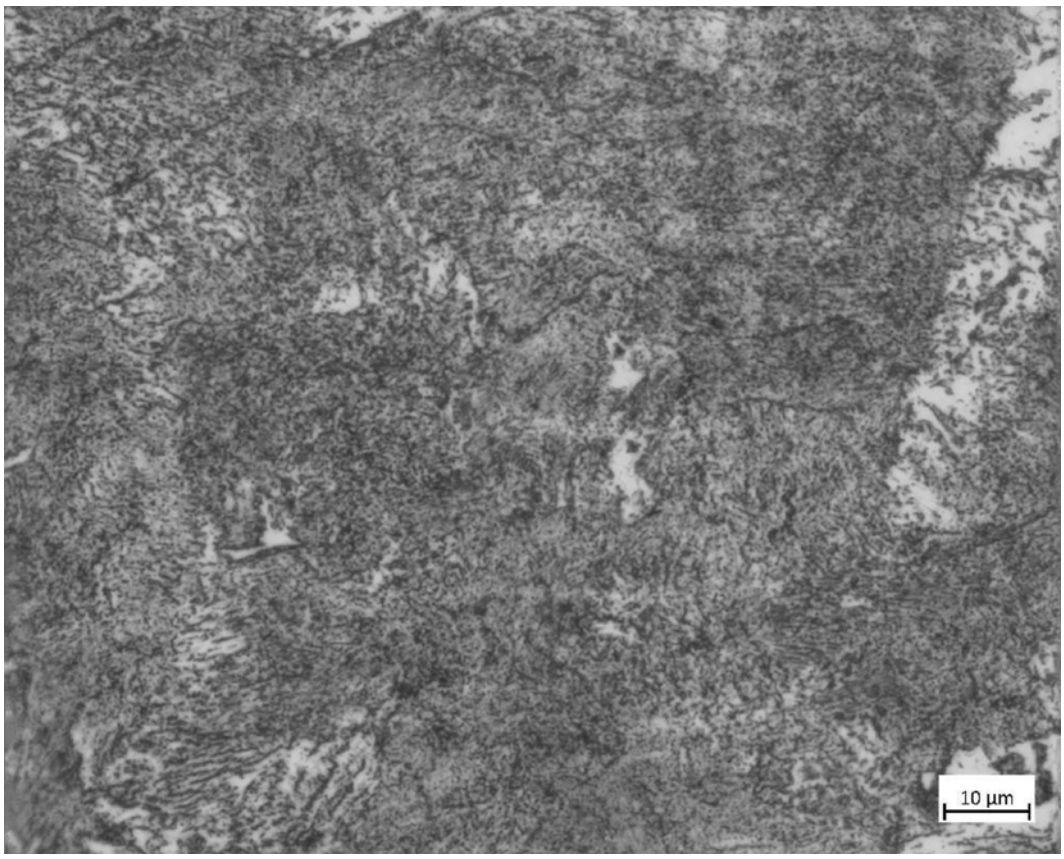


图 1

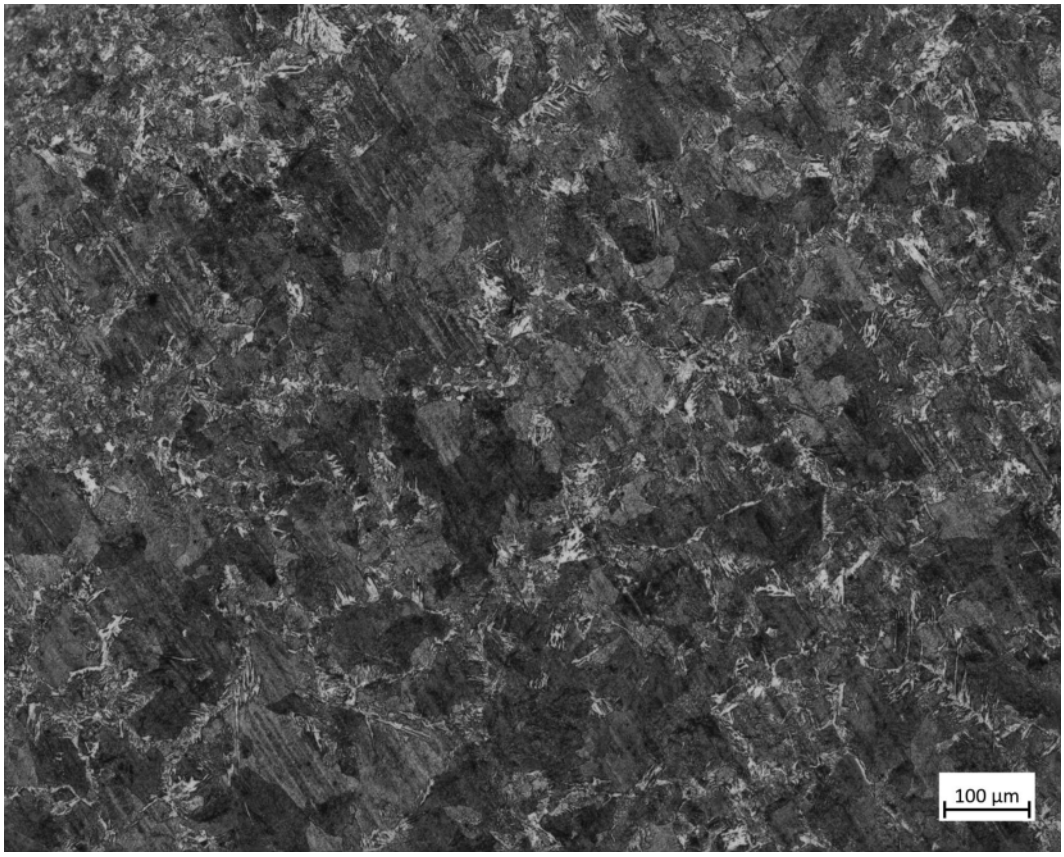


图 2

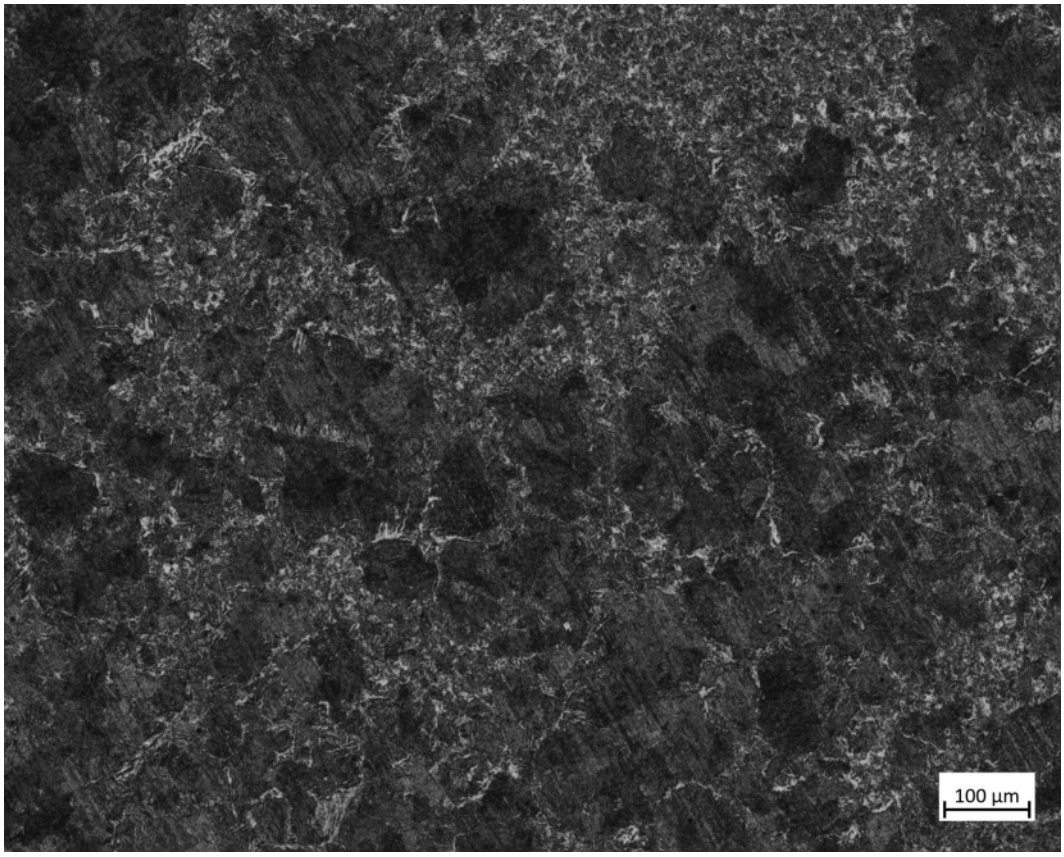


图 3