(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 118360552 B
(45)授权公告日 2024.10.01

(21)申请号 202410797872.9
(22)申请日 2024.06.20
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118360552 A
(43)申请公布日 2024.07.19
(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 于同仁
(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 38/04(2006.01)
C22C 38/02(2006.01)
C21D 8/06(2006.01)
(56)对比文件
CN 113877960 A,2022.01.04
CN 117535585 A,2024.02.09
审查员 蔡灿

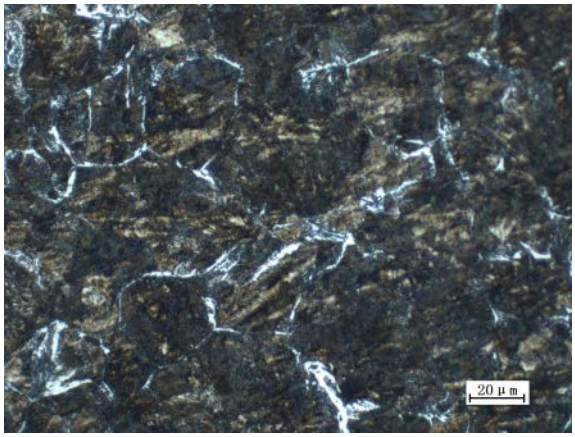
权利要求书1页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条及其制造方法,基于中C-低Si-高Mn的碳素钢成分按≥960℃的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴弱等温按≥36℃/s的冷却速度降至熔盐温度,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,最后经过辊道快冷,制为显微组织包括由以回火珠光体为主、少量回火魏氏体和片层熔断珠光体所组成的混合组织的冷镦钢盘条,可高效生产,达抗拉强度880~910MPa,断面收缩率57%~61%,用于制造10.9级高强度紧固件螺栓等应用领域,可以至少减少一道退火工序。



CN 118360552 B

1.一种10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条,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:0.42%~0.48%、Si:0.1%~0.25%、Mn:0.6%~0.9%、P≤0.020%、S≤0.020%,其余为Fe和不可避免杂质;其显微组织包括由体积百分比为70%~76%的回火珠光体、体积百分比为22%~28%的回火魏氏体,其余片层熔断珠光体所组成的混合组织,其制造方法包括:

基于所述10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的化学成分生产线材,将线材按≥960℃的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴弱等温,使盘条按≥36℃/s的冷却速度降至熔盐温度,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,最后经过辊道快冷,制为显微组织包括由体积百分比为70%~76%的回火珠光体、回火魏氏体和片层熔断珠光体所组成的混合组织的冷镦钢盘条,所述在线盐浴弱等温的等温温度控制在525~555℃,等温处理时间控制在30~230s。

2.根据权利要求1所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条,其特征在于,所述回火珠光体的片层间距为75~100nm。

3.根据权利要求1所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条,其特征在于,所述冷镦钢盘条的直径为6.5~18.0mm,抗拉强度为880~910MPa,断面收缩率为57%~61%。

4.一种10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,其制造方法包括:

基于权利要求1所述10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的化学成分生产线材,将线材按≥960℃的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴弱等温,使盘条按≥36℃/s的冷却速度降至熔盐温度,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,最后经过辊道快冷,制为显微组织包括由体积百分比为70%~76%的回火珠光体、体积百分比为22%~28%的回火魏氏体和片层熔断珠光体所组成的混合组织的冷镦钢盘条。

5.根据权利要求4所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述线材采用热轧生产,控制终轧温度为980~1010℃,终轧压下量为26%~36%,线材晶粒度≤8级。

6.根据权利要求5所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述吐丝温度≤980℃。

7.根据权利要求4~6任意一项所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述在线盐浴弱等温的等温温度控制在525~555℃,等温处理时间控制在30~230s。

8.根据权利要求7所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述在线盐浴弱等温的盐浴槽前端控制熔盐循环量为450~650t/h,熔盐温升≤8℃,盐浴槽后端控制熔盐循环量为250~450t/h,熔盐温升≤3℃。

9.根据权利要求7所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述辊道快冷控制盘条的冷却速度为3~6℃/s,控制盘条在450℃以下进行集卷。

10.根据权利要求9所述的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述辊道快冷采用保温罩开启或同时将风机按总风量的15%~40%开启,风机的总风量为16-26万m3/h,由辊道按0.9~1.6m/s的辊道速度输送盘条。

10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于热轧碳素盘条技术领域,具体涉及一种10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条及其制造方法。

背景技术

[0002] 随着紧固件产品结构不断向高强化升级,中高强度紧固件比例不断提高,10.9级紧固件的生产需将冷镦钢盘条用多次拉拔、多次球化退火、冷镦成型和调质处理达到性能等级要求,其球化退火采用将盘卷放线或拉拔后的热轧盘条加热至奥氏体化后,再退火处理使钢中的碳化物球化来降低材料硬度、提高冷变形性,但多次球化退火同时带来了工序多、排放和能耗大的问题。现有10.9级紧固件产品用热轧盘条主要通过添加提高材料淬透性的元素,以到达紧固件产品的高强化升级目标,而省略合金元素的碳素钢具有材料成本低、冶炼简单的优势,因此,需要开发10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条,用于至少减少一道后续球化退火工序,以满足高强度紧固件螺栓绿色制造的市场使用需求。

[0003] 热轧碳素冷镦钢盘条较合金化热轧盘条难以满足10.9级紧固件减退火制造的技术难点和成因在于:

[0004] (1)现有10.9级热轧冷镦钢盘条主要通过降低影响盘条塑韧性的碳含量,添加Ti、Al、B、Mo等材料淬透性元素来保证强度等级,结合斯太尔摩风冷线的控冷手段制造,但淬透性元素的添加,易在斯太尔摩风冷线控冷工序中出现马氏体、贝氏体等恶化塑性组织,导致在冷加工过程的开裂风险提高,为达到减退火或免退火应用,轧后会采用低温吐丝和缓慢冷却来增加组织中铁素体占比进行塑性调整,例如:专利 CN117265408A公开的一种免退火冷镦钢及其制造方法及以其得到的紧固件 ,采用C-Si-Mn-Al-Cr-Mo-B-Mg成分设计,结合≤800℃的低温吐丝和保温冷却工艺,获得铁素体+退化的珠光体组织,达到Rm≤650MPa,Z≥53%;但一方面,碳素钢在省却淬透性元素后,为了保证最终性能等级,碳含量较合金钢种更高,带来了钢种热敏感性增大的问题,即使将斯太尔摩风冷线的保温罩关闭,盘条在持续冷却过程中未完全转化为铁素体或珠光体的奥氏体组织,在2~5℃/s的冷速下仍会在500℃左右出现贝氏体硬脆相组织,导致盘条塑性明显下降;另一方面,碳素钢在省却抑制奥氏体组织粗化的Ti、Nb、V等元素后,在相应加热温度下晶粒趋向粗大,随着风冷冷却速度的提高,更易出现沿饱和固溶体晶面析出、呈片状或针状分布的魏氏体组织,魏氏体组织硬度高但塑性和韧性极差,在连续控冷降温过程中难以消除,其组织遗传性伴有晶粒粗大,增加了冷加工开裂风险,同时斯太尔摩风冷线的最高冷却速度和总长有限,通过降低冷却速度、保温延长盘条在线时间来减少魏氏体异常、获得的软相铁素体和珠光体组织,会导致冷镦钢盘条的生产效率和最终强度太低,增加了拉拔减面提强需求,过程中塑性损失较大,进而对减少球化退火工序不利。

[0005] (2)为了降低碳素冷镦钢的球化退火时间,现有技术中有的采用低温轧制来增加钢材内部的畸变能,利用珠光体中渗碳体片层呈亚稳状态,下线后通过退火使得渗碳体熔断和析出来快速球化,例如:专利 CN116426818A公开的一种快速球化中碳碳素棒钢及其制

造方法,采用C-Si-Mn-Cr-Al-Ca成分设计,结合低温加热和超低温轧制使得短时球化后抗拉强度达545~582MPa,但强塑性较不足,极易导致热轧盘条在10.9级紧固件拉拔及冷镦过程的开裂风险提高。

发明内容

[0006] 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10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条及其制造方法,基于C-Si-Mn碳素化学成分设计高效生产并调控热轧盘条组织性能,特别是提高冷镦钢盘条塑性,降低冷加工因异常组织导致的开裂风险,用于至少减少一道退火工序下实现10.9级高强度紧固件绿色制造,以满足市场使用需求。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0008] 一种10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条,所述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.42%~0.48%、Si:0.1%~0.25%、Mn:0.6%~0.9%、P≤0.020%、S≤0.020%,其余为Fe和不可避免杂质;其显微组织包括由体积百分比为70%~76%的回火珠光体、少量回火魏氏体和片层熔断珠光体所组成的混合组织。

[0009] 上述冷镦钢盘条的化学成分及质量百分比设计依据包括:

[0010] (1)碳:C是钢中最基本有效且经济的强化元素,在冷镦钢中主要以渗碳体的形式存在,随着碳含量增大,能显著提高钢材的抗拉强度,但会导致钢材的冷脆性和热敏感性增大,先共析组织减少,对调控魏氏体组织不利,因此以降低材料成本、相变时先析出少量魏氏体组织为目的,在不添加Ti、Al、B、Mo等材料淬透性元素、Nb、V等元素等细化晶粒元素的基础上,为了保证10.9级非调紧固件的最终强度级别,适当提高碳含量,C的质量百分比控制为0.42%~0.48%。

[0011] (2)硅:Si元素是良好的脱氧剂,可以提高钢的淬透性和抗拉强度,降低钢的临界冷却速度,容易促使组织形成珠光体,但硅过量将增加表面脱碳倾向,提升钢的冷加工硬化程度而使钢的冷塑性变形和韧性降低,为了兼顾钢的冷镦性能,适当降低Si含量,因此Si的质量百分比控制为0.1%~0.25%。

[0012] (3)锰:Mn元素是良好的脱氧剂和脱硫剂,也可通过固溶强化作用提高盘条的强度级别和淬透性,增加奥氏体冷却时的过冷度,对细化珠光体、促进魏氏组织形成有利,但Mn含量过高会加剧钢的偏析,增加钢的过热敏感性和回火脆性倾向,对钢的塑性、组织控制均产生不利影响,为了兼顾钢的强度、组织控制和冷加工性能,适当提高Mn含量,因此Mn的质量百分比控制为0.6%~0.9%。

[0013] (4)磷、硫:P元素和S元素属于杂质元素,偏聚在晶界会降低钢的韧性,越低越好,因此控制P≤0.020%、S≤0.020%。

[0014] 在上述冷镦钢盘条采用中C-低Si-高Mn、省却淬透性元素和的碳素钢成分基础上,显微组织中的回火珠光体保留了强度高于铁素体、塑性高于贝氏体的珠光体的强塑性能适中的特点,用回火进一步降低珠光体组织应力改善其韧性,同时用细片层间距的珠光体熔断形成片层熔断珠光体,来达到综合提高冷镦钢塑性的作用,回火魏氏体利用了碳素钢种在省却细化晶粒元素后奥氏体晶粒较粗,冷却后更易因切变机制、在高温碳扩散转移条件下析出魏氏体组织的特点,保留了魏氏体高硬度的特征,用回火显著降低魏氏体组织的位错密度,来改善塑韧性能,获得既强又韧的组织性能,相较于现有通过加入淬透性元素后用

细化晶粒来提升盘条强度,上述冷镦钢盘条用以回火珠光体为主、少量回火魏氏体提供基体强度,弥补了省略淬透性元素后来带的强度损失,相较于现有通过增大组织中的铁素体比例来改善盘条塑性或利用珠光体片层的亚稳状态来简化退火,上述冷镦钢盘条用珠光体和魏氏体组织的回火态组织改善和消除内应力、提高组织稳定性,明显改善脆性,结合少量的片层熔断珠光体,可以在兼顾盘条强度的同时得到高塑性的冷镦钢盘条,通过降低组织位错密度以及片层熔断珠光体更易球化降低退火难度,用于后续制造10.9级紧固件时至少减少一道球化退火工序,具有良好的市场应用前景。

[0015] 优选的,所述回火珠光体的片层间距越细,则冷镦钢盘条强度上升、塑性下降,因此可以进一步控制回火珠光体的片层间距为75~100nm,来调控冷镦钢盘条的强塑性能。

[0016] 优选的,所述回火魏氏体的占比越高,则冷镦钢盘条强度上升、塑性下降,因此可以进一步控制回火魏氏体的体积百分比为22%~28%,来调控冷镦钢盘条的强塑性能。

[0017] 优选的,所述冷镦钢盘条的直径为6.5~18.0mm,抗拉强度为880~910MPa,断面收缩率为57%~61%,具有不亚于合金化钢种的高强度特征,同时较铁素体+珠光体组织的风冷盘条具有明显提高的塑性特点,表现为较高的断面收缩率,因而可以用于制造10.9级高强度紧固件螺栓等应用领域,至少减少一道球化退火工序。

[0018] 一种10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法包括:

[0019] 基于上述10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条的化学成分生产线材,将线材按≥960℃的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴弱等温,使盘条按≥36℃/s的冷却速度降至熔盐温度,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,最后经过辊道快冷,制为显微组织包括由体积百分比为70%~76%的回火珠光体、少量回火魏氏体和片层熔断珠光体所组成的混合组织的冷镦钢盘条。

[0020] 上述制造方法在采用C-Si-Mn成分基础上,在较高的吐丝温度下使得奥氏体晶粒适当粗化,更易获得较高比例的魏氏体组织,高温吐丝后的盘条直接经过熔盐进行在线盐浴弱等温处理,相较于现有斯太尔摩风冷线,盘条可以以较高的冷却速度、较大的过冷度快速略过铁素体的相变温度区间,相较温度较低、时间较长的强等温处理,在碳素钢成分基础上,在线盐浴弱等温可以避免析出贝氏体或马氏体组织,使得吐丝后盘条组织中的大部分高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体,小部分高温奥氏体在高温碳扩散转移条件下,形成针片状的魏氏体组织,提供基体强度,同时相较于现有保温冷却或延迟冷却工艺,又利用了熔盐的高换热能力维持盘条更长时间的高温等温状态,使珠光体回火形成回火珠光体,同时细片层间距的珠光体容易熔断形成片层珠光体,魏氏体组织位错密度下降形成回火魏氏体,相较采用分别低温与高温这种两段式的盐浴处理工艺,在线盐浴弱等温处理这种一段式的处理方法,熔盐温度的控制更简便,也容易维持回火珠光体细片层间距的状态,避免过度回火软化。

[0021] 由于经过在线盐浴弱等温后,盘条组织中的奥氏体组织充分转化,也避免了碳素钢因碳含量增大,导致敏感性增加而在辊道快冷过程中析出硬脆相影响组织均匀性的情况,再经过辊道快冷快速到达集卷位置,较辊道慢冷工艺能够有效减少在线时间,提高冷镦钢盘条的生产效率,同时通过辊道快冷使盘条快速降温,防止盘条过度回火软化而降低盘条强度等级,最终调控碳素冷镦钢盘条的组织、强度和塑性匹配,对简化制造环节、降低生

成成本更为有利。

[0022] 优选的,由于吐丝后采用在线盐浴弱等温处理改善了魏氏体与贝氏体异常组织的情况,同时相较保温冷却可以获得更长时间的等温处理,无需考虑为增加铁素体占比需要低温轧制,带来的轧制线磨损增加的问题,因此所述线材采用热轧生产,控制终轧温度为980~1010℃,终轧压下量为26%~36%,线材晶粒度≤8级,一方面,可以用更高度的终轧温度降低对轧制线的磨损、提高轧制效率,另一方面,可以用较高的终轧温度和大终轧压下量适当粗化线材晶粒,为吐丝后获得适当比例的珠光体和魏氏体作组织上的准备。

[0023] 优选的,所述吐丝温度越高,则组织中的回火魏氏体占比越高,反之吐丝温度越低,则组织中的回火珠光体占比越高,因此,可以进一步调控盘条吐丝温度来调控基体强度,优选所述吐丝温度≤980℃。

[0024] 优选的,由于以冷镦钢盘条高效生产和10.9级紧固件减退火生产为目的制造碳素冷镦钢盘条,等温温度越低、等温处理时间越短,则回火珠光体的片层间距越细,使得冷镦钢盘条的强度上升、塑性下降,但等温温度过低会出现贝氏体组织甚至马氏体组织,引起强度明显损失,等温处理时间过短则珠光体和魏氏体未完全回火引起冷镦钢盘条脆性明显上升,反之,等温温度越高、等温处理时间越长,则回火珠光体的片层间距越粗,随着等温处理时间延长,片层珠光体储能增加,片层熔断珠光体占比增加,使得冷镦钢盘条的强度下降、塑性上升,但等温温度过高产生的珠光体片层间距较大,会导致回火珠光体的片层间距较大,也不利于熔断形成片层珠光体,对冷镦钢盘条的塑性不利,等温温度再高甚至会出现铁素体组织,对冷镦钢盘条的强度不利,等温处理时间过长则能耗和在线时间增加,不利于高效生产,同时回火珠光体片层间距增加,盘条过度回火软化,降低盘条强度等级,因此可以进一步调控在线盐浴弱等温的等温温度和等温处理时间,优选所述在线盐浴弱等温的等温温度控制在525~555℃,等温处理时间控制在30~230s,来调控盘条的强度和塑性匹配。

[0025] 优选的,由于盘条由较高的吐丝温度进入熔盐后快速降至较低的熔盐温度,温差较大,优选所述在线盐浴弱等温的盐浴槽前端控制熔盐循环量为450~650t/h,熔盐温升≤8℃,通过防止温升过高,控制盘条在目标温度范围内完成等温转变,调控盘条各相体积分数。

[0026] 优选的,所述在线盐浴弱等温的盐浴槽后端控制熔盐循环量为250~450t/h,熔盐温升≤3℃,可以通过控制盘条在目标温度范围内完成弱等温处理,以调控盘条的强度和塑性匹配。

[0027] 优选的,所述辊道快冷控制盘条的冷却速度为3~6℃/s,控制盘条在450℃以下进行集卷,在此冷却速度下盘条可以以较快的冷却速度快速到达集卷位置,防止冷却速度过低导致过度软化而降低冷镦钢盘条强度,同时避免冷却速度过快使得盘条到达集卷位置的温度过低而过度硬化、增加集卷难度,因此可以进一步控制辊道快冷的冷却速度,兼顾高效生产和盘条集卷后盘卷的同圈度。

[0028] 优选的,所述辊道快冷采用保温罩开启或同时将风机按总风量的15%~40%开启,风机的总风量为16-26万m^3/h,由辊道按0.9~1.6m/s的辊道速度输送盘条,用空冷或弱风冷控制盘条的冷却速度,利于冷镦钢盘条高效生产。

[0029] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0030] (1)针对现有紧固件产品用热轧盘条,易因淬透性元素和异常组织导致热轧盘条

在紧固件拉拔及冷镦过程的开裂风险提高的现状,本发明的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条采用C-Si-Mn碳素化学成分设计,显微组织类型包括以回火珠光体为主、少量既强又韧的回火魏氏体和片层熔断珠光体所组成的混合组织,以珠光体和魏氏体提供基体强度,并以回火改善珠光体组织和魏氏体组织的塑性,以片层熔断珠光体提高塑性、降低退火难度,避免出现贝氏体异常组织,可以达到产品抗拉强度为880~910MPa,断面收缩率为57%~61%,用于制造10.9级高强度紧固件螺栓等应用领域,可以至少减少一道退火工序,具有良好的市场应用前景。

[0031] (2)针对现有紧固件产品用热轧盘条通过添加提高材料淬透性元素,结合斯太尔摩风冷线的控冷手段,易产生异常组织、成材率和生产效率低的现状,本发明的10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘的制造方法,采用C-Si-Mn碳素化学成分设计、结合在线盐浴弱等温和辊道快冷技术工艺设计,可以促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,快速生产并调控热轧盘条组织强塑性,特别是提高了冷镦钢盘条塑性并防止盘条过度回火软化,可以简化制造方法、降低在线时间、明显提高制造效率,具有良好工业适应性。

附图说明

[0032] 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:

[0033] 图1是本发明实施例1的金相组织图;

[0034] 图2是本发明实施例3的金相组织图;

[0035] 图3是本发明对比例6的金相组织图。

具体实施方式

[0036] 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:

[0037] 本发明所述10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条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:0.45%、Si:0.2%、Mn:0.9%、P:0.02%、S:0.019%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→高温吐丝→在线盐浴弱等温→辊道快冷→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0038] 所述热轧工序用于先将规格为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,通过轧制线以高温快速轧制为规格为6.5mm的线材,降低轧制线的轧机磨损,提高轧制效率,同时用较高的终轧温度和大终轧压下量适当粗化线材晶粒,为吐丝后获得适当比例的珠光体和魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为987℃,终轧压下量为36%,线材晶粒度≤8级;所述高温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965℃,盘条散布在辊道上沿辊道输送,用较高的吐丝温度使得盘条

组织的奥氏体晶粒适当粗化,更易获得较高比例的魏氏体组织。

[0039] 所述在线盐浴弱等温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,使盘条按39℃/s的冷却速度降至熔盐温度,以较快的冷却速度快速略过铁素体的相变温度区间,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,过程中防止熔盐温升过高,控制盘条在目标温度范围内完成等温转变,具体的:等温温度控制在525℃,等温处理时间控制在30s,盐浴槽前端控制熔盐循环量为600t/h,熔盐温升≤8℃,盐浴槽后端控制熔盐循环量为450t/h,熔盐温升≤3℃。

[0040] 所述辊道快冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进行快冷处理,防止盘条过度回火软化而降低盘条强度等级,调控冷镦钢盘条的强度和塑性匹配,具体的:采用保温罩开启,由辊道按0.9m/s的辊道速度输送从盐浴槽出来的盘条,控制盘条的冷却速度为3℃/s,直至运输至集卷工位;所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷,集卷温度为405℃,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] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例1的区别在于:其制造方法按照低温控轧→低温吐丝→保温冷却→集卷的工艺流程制造,具体的:所述低温控轧工序的终轧温度为900℃,轧后线材晶粒度为9级,所述低温吐丝工序的吐丝温度为870℃,所述保温缓冷采用将吐丝后的盘条经过辊道输送进入保温罩,在罩内以2.1℃/s的冷速完成相变,集卷温度为400℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

[0043] 对比例2:

[0044] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例1的区别在于:其制造方法按照热轧→高温吐丝→斯太尔摩风冷→辊道慢冷→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送入斯太尔摩风冷线,控制总风量为20万m^3/h的1~4#风机按75%开启,使盘条在7.5℃/s的冷却速度下冷却至670℃,所述辊道慢冷采用风机与保温罩关闭,由辊道按1.3m/s的辊道输送经过斯太尔摩风冷的盘条,控制盘条的冷却速度为0.9℃/s,直至运输至集卷工位,集卷温度为410℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例2:

[0045] 本发明所述10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条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:0.48%、Si:0.1%、Mn:0.6%、P:0.018%、S:0.018%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→高温吐丝→在线盐浴弱等温→辊道快冷→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0046] 所述热轧工序用于先将规格为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,通过轧制线以高温快速轧制为规格为10mm的线材,降低轧制线的轧机磨损,提高轧制效率,同时用较高的终轧温度和大终轧压下量适当粗化线材晶粒,为吐丝后获得适当比例的珠光体和魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为1010℃,终轧压下量为32%,线材晶粒度≤8级;所述高温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980℃,盘条散布在辊道上沿辊道输送,用较高的吐丝温度使得盘条组织的奥氏体晶粒适当粗化,更易获得较高比例的魏氏体组织。

[0047] 所述在线盐浴弱等温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,使盘条按40℃/s的冷却速度降至熔盐温度,以较快的冷却速度快速略过铁素体的相变温度区间,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,过程中防止熔盐温升过高,控制盘条在目标温度范围内完成等温转变,具体的:等温温度控制在532℃,等温处理时间控制在95s,盐浴槽前端控制熔盐循环量为650t/h,熔盐温升≤8℃,盐浴槽后端控制熔盐循环量为370t/h,熔盐温升≤3℃。

[0048] 所述辊道快冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进行快冷处理,防止盘条过度回火软化而降低盘条强度等级,调控冷镦钢盘条的强度和塑性匹配,具体的:采用保温罩开启,同时总风量为16万m^3/h的11~14#风机按总风量的40%开启,由辊道按1.4m/s的辊道速度输送从盐浴槽出来的盘条,控制盘条的冷却速度为4.5℃/s,直至运输至集卷工位;所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷,集卷温度为416℃,包装入库后获得冷镦钢盘条成品。

[0049] 对比例3:

[0050] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例2的区别在于:所述终轧温度为950℃,所述吐丝温度为930℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

[0051] 对比例4:

[0052] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例2的区别在于:所述终轧温度为1025℃,所述吐丝温度为995℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例3:

[0053] 本发明所述10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条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:0.46%、Si:0.15%、Mn:0.73%、P:0.018%、S:0.019%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→高温吐丝→在线盐浴弱等温→辊道快冷→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0054] 所述热轧工序用于先将规格为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,通过轧制线以高温快速轧制为规格为18mm的线材,降低轧制线的轧机磨损,提高轧制效率,同时用较高的终轧温度和大终轧压下量适当粗化线材晶粒,为吐丝后获得适当比例的珠光体和魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为992℃,终轧压下量为26%,线材晶粒度≤8级;所述高温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970℃,盘条散布在辊道上沿辊道输送,用较高的吐丝温度使得盘条组织的奥氏体晶粒适当粗化,更易获得较高比例的魏氏体组织。

[0055] 所述在线盐浴弱等温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,使盘条按37℃/s的冷却速度降至熔盐温度,以较快的冷却速度快速略过铁素体的相变温度区间,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,过程中防止熔盐温升过高,控制盘条在目标温度范围内完成等温转变,具体的:等温温度控制在555℃,等温处理时间控制在230s,盐浴槽前端控制熔盐循环量为520t/h,熔盐温升≤8℃,盐浴槽后端控制熔盐循环量为250t/h,熔盐温升≤3℃。

[0056] 所述辊道快冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进行快冷处理,防止盘条过度回火软化而降低盘条强度等级,调控冷镦钢盘条的强度和塑性匹配,具体的:采用保温

罩开启,同时总风量为26万m^3/h的11~14#风机按总风量的15%开启,由辊道按1.6m/s的辊道速度输送从盐浴槽出来的盘条,控制盘条的冷却速度为6℃/s,直至运输至集卷工位;所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷,集卷温度为420℃,包装入库后获得冷镦钢盘条成品,其金相组织图如图2中所示。

[0057] 对比例5:

[0058] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例3的区别在于:所述等温温度控制在500℃,等温处理时间控制在85s,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

[0059] 对比例6:

[0060] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例3的区别在于:所述等温温度控制在25℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条,其金相组织图如图3中所示。

[0061] 对比例7:

[0062] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例3的区别在于:所述等温温度控制在565℃,等温处理时间控制在450s,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例4:

[0063] 本发明所述10.9级热轧碳素减退火冷镦钢盘条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:0.42%、Si:0.25%、Mn:0.82%、P:0.02%、S:0.02%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→高温吐丝→在线盐浴弱等温→辊道快冷→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0064] 所述热轧工序用于先将规格为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,通过轧制线以高温快速轧制为规格为14mm的线材,降低轧制线的轧机磨损,提高轧制效率,同时用较高的终轧温度和大终轧压下量适当粗化线材晶粒,为吐丝后获得适当比例的珠光体和魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为980℃,终轧压下量为28%,线材晶粒度≤8级;所述高温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960℃,盘条散布在辊道上沿辊道输送,用较高的吐丝温度使得盘条组织的奥氏体晶粒适当粗化,更易获得较高比例的魏氏体组织。

[0065] 所述在线盐浴弱等温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,使盘条按36℃/s的冷却速度降至熔盐温度,以较快的冷却速度快速略过铁素体的相变温度区间,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体,同时等温回火转变为回火珠光体和回火魏氏体,以及促使珠光体片层熔断形成片层熔断珠光体,过程中防止熔盐温升过高,控制盘条在目标温度范围内完成等温转变,具体的:等温温度控制在546℃,等温处理时间控制在170s,盐浴槽前端控制熔盐循环量为450t/h,熔盐温升≤8℃,盐浴槽后端控制熔盐循环量为290t/h,熔盐温升≤3℃。

[0066] 所述辊道快冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进行快冷处理,防止盘条过度回火软化而降低盘条强度等级,调控冷镦钢盘条的强度和塑性匹配,具体的:采用保温罩开启,同时总风量为20万m^3/h的11~14#风机按总风量的30%开启,由辊道按1.2m/s的辊道速度输送从盐浴槽出来的盘条,控制盘条的冷却速度为5.2℃/s,直至运输至集卷工位;所述集卷工序用于通过集卷筒将盘条集卷为盘卷,集卷温度为390℃,包装入库后获得冷镦钢盘条成品。

[0067] 对比例8:

[0068] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例4的区别在于:其制造方法按照热轧→高温吐丝→在线盐浴弱等温→辊道慢冷→集卷的工艺流程制造,具体的:所述辊道慢冷采用风机与保温罩关闭,由辊道按0.4m/s的辊道输送经过斯太尔摩风冷的盘条,控制盘条的冷却速度为1.2℃/s,直至运输至集卷工位,集卷温度为438℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

[0069] 对比例9:

[0070] 一种热轧碳素冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例4的区别在于:其制造方法按照热轧→高温吐丝→在线盐浴弱等温→辊道慢冷→集卷的工艺流程制造,具体的:所述辊道快冷工序采用温罩开启,同时总风量为20万m^3/h的11~14#风机按总风量的65%开启,由辊道按1.1m/s的辊道速度输送从盐浴槽出来的盘条,控制盘条的冷却速度为7.2℃/s,直至运输至集卷工位;所述集卷温度为310℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

[0071] 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:

[0072] 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

[0073]

序号	抗拉强度/MPa	断面收缩率/%	显微组织
实施例 1	904	58	体积百分比为 76%的回火珠光体、片层间距为 75nm,体积百分比为 23%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
对比例 1	1168	17	铁素体+珠光体+贝氏体
对比例 2	1076	20	铁素体+珠光体+魏氏体
实施例 2	910	57	体积百分比为 70%的回火珠光体、片层间距为 83nm,体积百分比为 28%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
对比例 3	767	62	体积百分比为 78%的回火珠光体、片层间距为 80nm,体积百分比为 18%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
对比例 4	995	49	体积百分比为 62%的回火珠光体、片层间距为 85nm,体积百分比为 35%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
实施例 3	896	60	体积百分比为 72%的回火珠光体、片层间距为 100nm，体积百分比为 24%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
对比例 5	952	52	体积百分比为 76%的回火珠光体、片层间距为 65nm,体积百分比为 24%的回火魏氏体
对比例 6	1700	4	淬火马氏体
对比例 7	799	67	体积百分比为 69%的回火珠光体、片层间距为 152nm，体积百分比为 24%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
实施例 4	880	61	体积百分比为 75%的回火珠光体、片层间距为 92nm,体积百分比为 22%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
对比例 8	824	65	体积百分比为 73%的回火珠光体、片层间距为 126nm，体积百分比为 22%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体
对比例 9	915	58	体积百分比为 76%的回火珠光体、片层间距为 84nm,体积百分比为 22%的回火魏氏体，其余为片层熔断珠光体，但错盘严重

[0074] 由实施例1~4与对比例1的对比结果可见,相较于碳素钢种,结合现有斯太尔摩风冷线的低温吐丝与保温冷却工艺,仍会出现贝氏体异常组织,本发明在采用中C-低Si-高Mn、省却淬透性元素和的碳素钢成分基础上,促使盘条组织中的高温奥氏体转变为细片层间距的珠光体和少量魏氏体并等温回火,转变为回火珠光体和回火魏氏体,同时促使珠光

体片层熔断形成片层熔断珠光体,可以避免碳素钢因碳含量增大,导致敏感性增加而在辊道快冷过程中析出硬脆相影响组织均匀性的情况。

[0075] 由实施例1~4与对比例2的对比结果可见,相较于碳素钢种,结合高温吐丝下以现有斯太尔摩风冷线的快速风冷冷却与缓慢冷却工艺,会因出现沿饱和固溶体晶面析出、呈片状或针状分布的魏氏体组织,而明显增加冷镦钢盘条脆性,本发明用回火显著降低魏氏体组织的位错密度,来改善塑韧性能,得到既强又韧的回火魏氏体组织,用以回火珠光体为主、少量回火魏氏体提供基体强度,弥补了省略淬透性元素后来带的强度损失,同时用回火态组织改善了组织内应力、提高组织稳定性,结合少量因珠光体片层熔断形成的片层熔断珠光体提高塑性、降低退火难度,可以达到产品抗拉强度为880~910MPa,断面收缩率为57%~61%,用于制造10.9级高强度紧固件螺栓等应用领域,可以至少减少一道退火工序,具有良好的市场应用前景。

[0076] 由实施例1~4与对比例3的对比结果可见,吐丝温度越低,则组织中的回火魏氏体占比越低,冷镦钢盘条强度下降、塑性上升;由实施例1~4与对比例4的对比结果可见,吐丝温度越高,则组织中的回火魏氏体占比越高,可以进一步调控盘条吐丝温度来调控回火珠光体与回火魏氏体的比例。

[0077] 由实施例1~4与对比例5的对比结果可见,等温温度越低、等温处理时间越短,则回火珠光体的片层间距越细,使得冷镦钢盘条的强度上升、塑性下降,但由实施例1~4与对比例6的对比结果可见,等温温度过低会甚至会出现淬火马氏体组织,引起塑性明显损失;由实施例1~4与对比例7的对比结果可见,等温温度越高,则回火珠光体的片层间距越粗,使得冷镦钢盘条的强度下降、塑性上升,但等温温度过高产生的回火珠光体的片层间距较大,也不利于熔断形成片层珠光体,等温处理时间越长,则片层熔断珠光体占比增加,使得冷镦钢盘条的强度下降、塑性上升,可以进一步调控在线盐浴弱等温的等温温度和等温处理时间,来调控盘条的强度和塑性匹配。

[0078] 由实施例1~4与对比例8的对比结果可见,相较于辊道缓冷,辊道快冷可以使盘条以较快的冷却速度快速到达集卷位置,防止冷却速度过低导致过度软化而降低冷镦钢盘条强度;由实施例1~4与对比例9的对比结果可见,提高辊道快冷工序的冷却速度虽然能够提高生产效率,但冷却速度过快会使得盘条到达集卷位置的温度过低而过度硬化,使盘卷错盘严重,对包装运输不利。

[0079] 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,例如:热轧前的钢坯可以采用转炉冶炼、精炼和连铸的工艺流程生产获得,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。

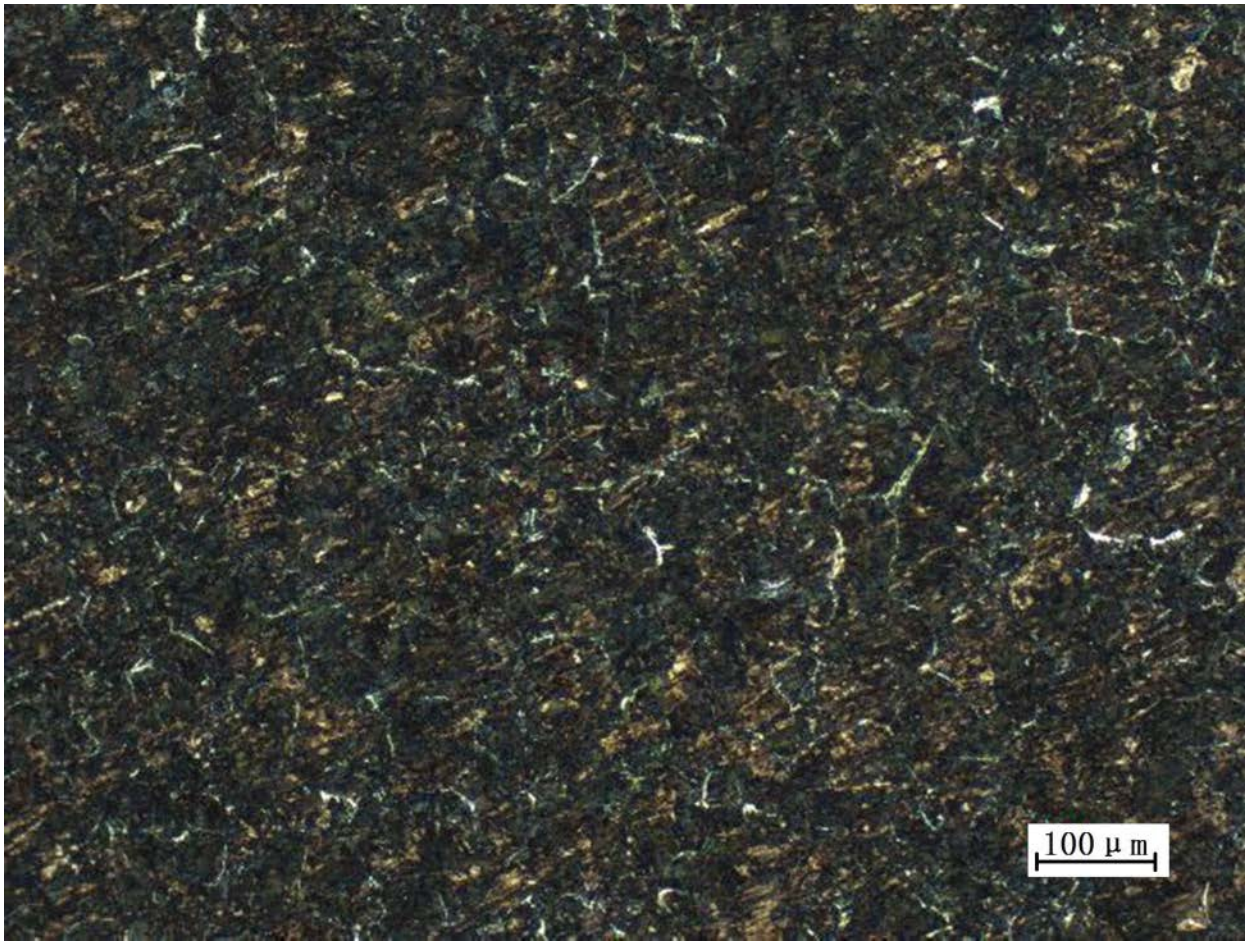


图 1

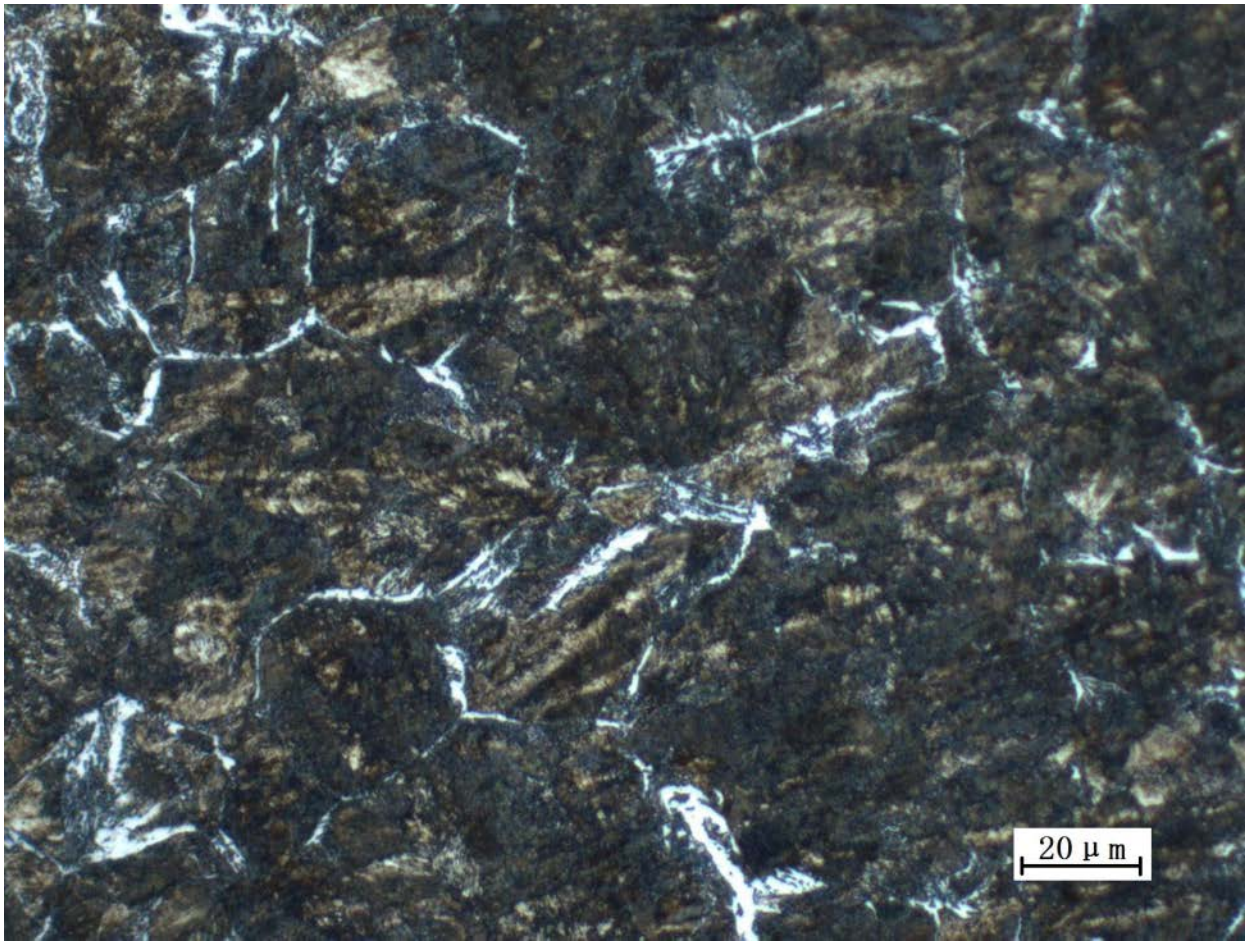


图 2

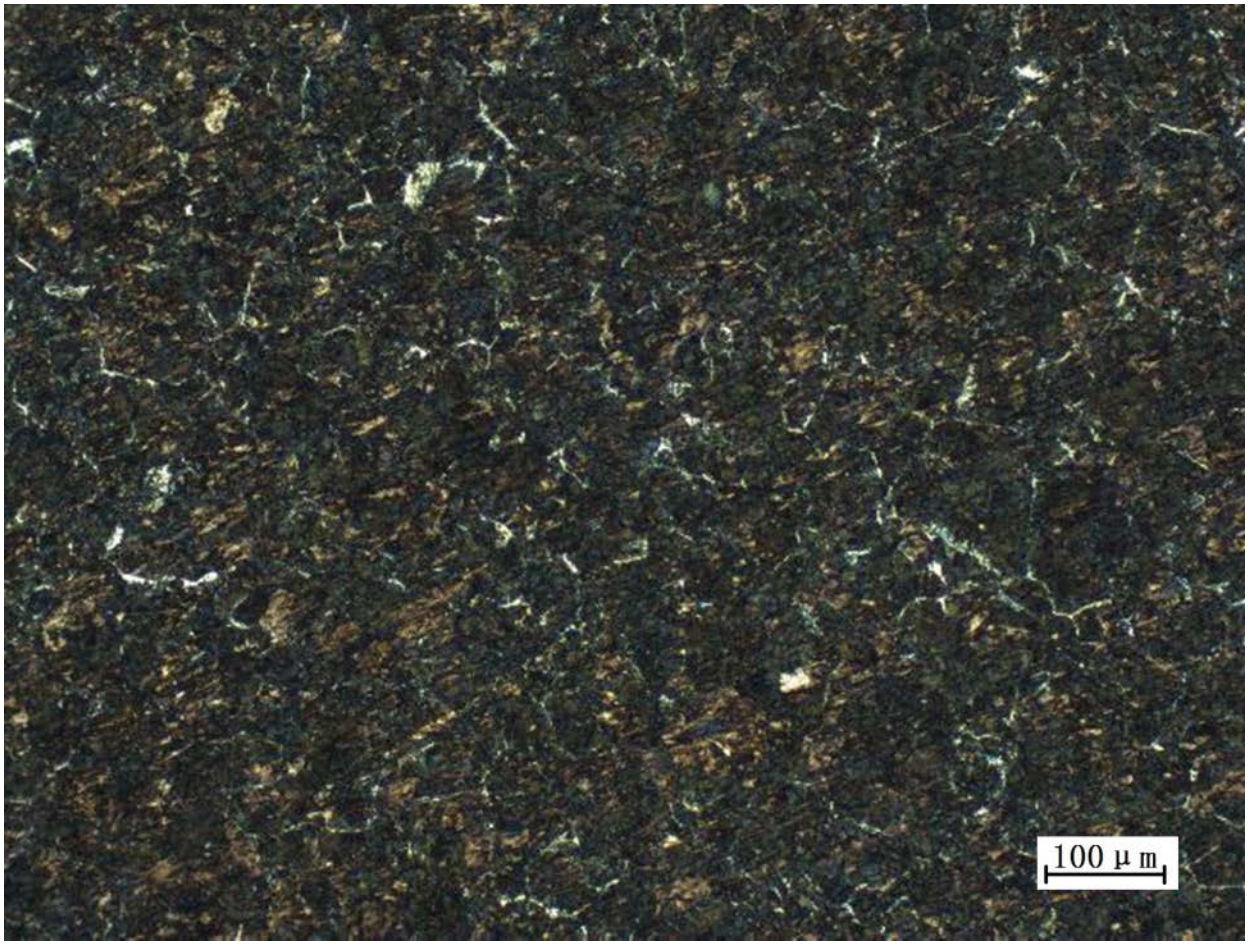


图 3