



(21) 申请号 202410797874.8

C21D 8/06 (2006.01)

(22) 申请日 2024.06.20

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 107326161 A, 2017.11.07

申请公布号 CN 118360553 A

CN 118166189 A, 2024.06.11

(43) 申请公布日 2024.07.19

审查员 王金永

(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 唐佳勇

(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.

G22C 38/04 (2006.01)

G22C 38/02 (2006.01)

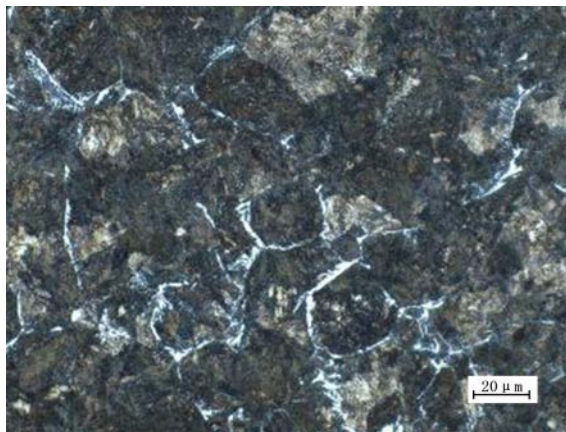
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

9.8级热轧碳素非调冷锻钢盘条及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种9.8级热轧碳素非调冷锻钢盘条及其制造方法,基于C-Si-Mn碳素钢成分热轧生产线材,将线材按 $\geq 935^{\circ}\text{C}$ 的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴强等温处理,使盘条按 $\geq 33^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 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珠光体和魏氏体所组成的复相组织提供基体强度,并经过等温促进珠光体和魏氏体回火韧化,最后经过辊道缓冷,制为显微组织包括以回火珠光体为主和少量回火魏氏体所组成混合组织的冷锻钢盘条,可以达到抗拉强度为820~850MPa,断面收缩率为58~62%,实现了冷锻钢盘条的强塑性匹配,用于制造9.8级非调高强度紧固件螺栓等应用领域,具有良好工业适应性和应用前景。



1. 一种9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条,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:0.39%~0.44%、Si:0.15%~0.35%、Mn:0.3%~0.5%、P \leq 0.020%、S \leq 0.020%,其余为Fe和不可避免杂质;其显微组织包括体积百分比占80%~89%的回火珠光体和体积百分比占11%~20%的回火魏氏体所组成的混合组织;其制造方法包括:

基于所述9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的化学成分热轧生产线材,将线材按 $\geq 935^{\circ}\text{C}$ 的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴强等温处理,使盘条按 $\geq 33^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 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珠光体和魏氏体所组成的复相组织并经过等温回火,最后经过辊道缓冷,制为显微组织包括以回火珠光体为主和少量回火魏氏体所组成混合组织的冷镦钢盘条;

所述热轧生产时控制终轧温度 $\geq 950^{\circ}\text{C}$,轧后线材晶粒度 ≤ 9 级,所述在线盐浴强等温处理的熔盐温度为 $560\sim 590^{\circ}\text{C}$,等温时间为 $370\sim 650\text{s}$,所述辊道缓冷采用按 $0.1\sim 0.3\text{m}/\text{s}$ 的辊道速度输送盘条进入保温罩,经 $5\sim 15\text{min}$ 冷却至 $410\sim 440^{\circ}\text{C}$ 后,提高辊道速度至 $0.7\sim 1.2\text{m}/\text{s}$,直至集卷。

2. 根据权利要求1所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条,其特征在于,所述回火珠光体的片层间距为 $150\sim 180\text{nm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条,其特征在于,所述冷镦钢盘条的规格为 $8.0\sim 18.0\text{mm}$,抗拉强度为 $820\sim 850\text{MPa}$,断面收缩率为 $58\sim 62\%$ 。

4. 根据权利要求1所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的用途,其特征在于,包括用于在免退火且免调质条件下生产9.8级冷镦紧固件。

5. 一种9.8级热轧碳素非调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9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的化学成分热轧生产线材,将线材按 $\geq 935^{\circ}\text{C}$ 的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴强等温处理,使盘条按 $\geq 33^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 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珠光体和魏氏体所组成的复相组织并经过等温回火,最后经过辊道缓冷,制为显微组织包括以回火珠光体为主和少量回火魏氏体所组成混合组织的冷镦钢盘条。

6. 根据权利要求5所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述热轧生产时控制终轧温度 $\geq 950^{\circ}\text{C}$,轧后线材晶粒度 ≤ 9 级。

7. 根据权利要求6所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述吐丝温度 $< 960^{\circ}\text{C}$ 。

8. 根据权利要求5~7任意一项所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述在线盐浴强等温处理的熔盐温度为 $560\sim 590^{\circ}\text{C}$,等温时间为 $370\sim 650\text{s}$ 。

9. 根据权利要求8所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,控制所述在线盐浴强等温处理的熔盐循环量为 $320\sim 450\text{t}/\text{h}$,熔盐温升 $\leq 9^{\circ}\text{C}$ 。

10. 根据权利要求8所述的9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的制造方法,其特征在于,所述辊道缓冷采用按 $0.1\sim 0.3\text{m}/\text{s}$ 的辊道速度输送盘条进入保温罩,经 $5\sim 15\text{min}$ 冷却至 $410\sim 440^{\circ}\text{C}$ 后,提高辊道速度至 $0.7\sim 1.2\text{m}/\text{s}$,直至集卷。

9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于碳素热轧盘条技术领域,具体涉及一种9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条及其制造方法。

背景技术

[0002] 冷镦性能是冷镦钢的重要加工性能指标,严重影响紧固件的生产能力,9.8级及以上高强度紧固件生产时,需要将热轧盘条经过740℃以上多次长时间球化退火,使得基体上均匀分布球状或颗粒状碳化物组织来改善冷塑变形性,降低拉拔断丝和冷镦开裂风险,以便在拉拔后直接冷镦,同时冷镦成型后仍需经过调质热处理才能达到相应强度等级,而多次球化退火和调质热处理不仅不符合绿色生产要求、且能耗高、生产成本低、效率低,因此,开发9.8级非调质冷镦钢盘条,对实现9.8级高强度紧固件高效绿色生产具有重要意义。

[0003] 目前,为了满足高强度紧固件高强塑性等非调质使用性能要求,国内9.8级高强度紧固件用冷镦钢盘条,通常通过在普通碳素钢成分基础上添加Cr、V、Ti、Al、B、Mo等合金元素对盘条进行合金化设计,结合热轧吐丝后的斯太尔摩风冷工艺,例如:专利CN115261727B公开的一种9.8级紧固件用MnV系非调质冷镦钢盘条及其生产方法,采用C-Si-Mn-V-Ti-Cr-Al成分设计、结合低温吐丝和缓慢冷却工艺,获得铁素体+珠光体组织,达到抗拉强度为750~800MPa、断面收缩率 $\geq 50\%$,但一方面,合金元素的添加增加了材料成本,合金化的提强作用有限并会使盘条产生一定塑性损失,而以降低成本为目的,省略合金元素将带来盘条强度的明显下降和相变温度变化,另一方面,合金元素的添加增加了材料的淬透性,提高斯太尔摩风冷线冷速下较易析出马氏体和贝氏体硬脆相缺陷,引起盘条塑性显著下降,现有技术中还会结合低碳成分、增加组织中的软相铁素体比例来改善盘条塑性,配合细晶强化来改善盘条强度,例如:专利CN117327979A公开的一种大规格非调质冷镦钢及其生产方法及由其制备的紧固件及其制备方法,采用C-Si-Mn-Al-Nb-Cr-Mg-Pr成分设计,结合低温吐丝和低速冷却工艺,获得超细晶的铁素体+珠光体组织,达到 R_m 为740~780MPa, $Z \geq 67\%$,虽然塑性得以改善,但只能获得以铁素体和珠光体软相组成的组织,微合金和细晶作用对强度的改善效果有限,强度不足在免调质处理下则需深拉减面提强,过程中塑性损失较大,加剧拉拔断丝和开裂风险;同时低温轧制会增加轧制线磨损、影响轧制效率。

[0004] 目前,9.8级热轧碳素冷镦钢盘条较合金化钢种盘条难以满足非调需求的技术难点和成因还在于:(1)碳素钢较合金化钢种具有冶炼简便的优势,但钢种中不含有Cr、V、Ti、Al、B、Mo等强化合金元素后,作为低成本强化元素的碳含量相对较高,而随着碳含量的增加,钢种强度明显增加但塑性明显下降、同时敏感性大大增加、奥氏体晶粒易长大,风冷前期冷速过快会引起魏氏体、贝氏体、马氏体等异常组织,其中魏氏体伴有晶粒粗大,在持续冷却过程中,魏氏体组织遗留在最终组织中,会粗晶并使钢的力学性能下降,同时魏氏体的位错密度较大,钢的塑韧性和冲击性能下降尤甚,为了避免异常组织、延长高温相变时间,碳素钢盘条常采用低温轧制与吐丝后的慢冷或延迟缓冷工艺,但铁素体和珠光体在持续冷却相变后还残有少量未完全转化的高温奥氏体组织,进而在中温温度区间的低冷速下,钢

种敏感性会导致未转化的高温奥氏体转变为贝氏体脆性组织,因此在斯太尔摩风冷线末端仍会析出异常组织,所以组织调控较难,其强塑性较难提升。

[0005] (2) 由于斯太尔摩风冷线的长度有限,即使损失一定生产效率,采用轧后缓慢或延迟冷却,使组织中铁素体的占比增加,能够一定程度上提高盘条塑性,但在持续冷却过程中珠光体的孕育时间较短,获得珠光体后难以维持高温软化,使得基体组织的塑性提升有限,加工硬化引起在免退火和免调质过程中引起冷敏开裂。

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9.8级热轧碳素非调冷敏钢盘条及其制造方法,可调控盘条组织及性能,有利于实现9.8级高强度紧固件的免调质高效绿色生产,降低全流程生产成本、提高生产效率。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0008] 一种9.8级热轧碳素非调冷敏钢盘条,所述冷敏钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.39%~0.44%、Si:0.15%~0.35%、Mn:0.3%~0.5%、 $P \leq 0.020\%$ 、 $S \leq 0.020\%$,其余为Fe和不可避免杂质;其显微组织包括以回火珠光体为主和少量回火魏氏体所组成的混合组织。

[0009] 上述冷敏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,随着碳含量增大,能显著提高钢材的抗拉强度,但会导致钢材塑性和冷加工性能降低、增加紧固件的延迟断裂风险,同时热敏感性增大,以降低材料成本为目的,不添加Cr、V、Ti、Al、B、Mo等强化合金元素的基础上,为了保证9.8级非调紧固件的最终强度级别,适当提高碳含量,因此C的质量百分比控制为0.39%~0.44%。

[0011] (2) 硅:Si元素是良好的还原剂和脱氧剂,也能溶于奥氏体中提高钢的强度,但硅过量将促使铸坯中柱状晶成长,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,因此Si的质量百分比控制为0.15%~0.35%。

[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,扩大奥氏体区,降低马氏体和贝氏体的转变温度,对细化珠光体有利,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,适当降低Mn含量,因此Mn的质量百分比控制为0.3%~0.5%。

[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 $P \leq 0.020\%$ 、 $S \leq 0.020\%$ 。

[0014] 在上述C-Si-Mn碳素钢成分基础上,热轧的冷敏钢盘条摒弃了传统铁素体+珠光体的显微组织,制为以回火珠光体为主、少量回火魏氏体组织的混合组织,混合组织中的回火珠光体保留了强度和硬度高于铁素体组织、塑性高于贝氏体组织的片层珠光体组织的强度和塑性适中的特征,相较于现有冷敏钢盘条通过增大铁素体占比来提高盘条塑性,上述冷敏钢盘条在不包括软相铁素体和硬脆相贝氏体的基础上,以回火组织进一步消除珠光体组织内应力进行韧化,使回火珠光体较珠光体组织得到塑性和韧性的明显提升,弥补了增碳带来的塑性损失;相较于现有冷敏钢盘条将魏氏体组织视为降低钢冲击性能的过热异常组

织,混合组织中的回火魏氏体利用了从晶界向晶内延伸、按切变机制形成并析出的针状且强度高于珠光体的魏氏体组织的强度特征,以回火进一步降低魏氏体组织的位错密度来实现韧化,得到既强又韧的回火魏氏体组织,既避免了魏氏体组织带来的遗传缺陷,又弥补了不增加Cr、V、Ti、Al、B、Mo等强化合金元素带来的强度损失,进而在低成本成分设计基础上实现了热轧的冷镦钢盘条强塑性匹配,有利于制造9.8级非调冷镦紧固件,降低不球化退火和不调质工艺下的拉拔断丝和冷镦开裂风险。

[0015] 优选的,所述回火珠光体的体积百分比占80%~89%,所述回火魏氏体的体积百分比占11%~20%,回火珠光体占比越高则冷镦钢盘条的强度下降、塑性上升,回火魏氏体占比越高则冷镦钢盘条的强度上升、塑性下降,因此可以进一步调控回火珠光体与回火魏氏体组织的占比,进一步调控冷镦钢盘条的强塑性匹配。

[0016] 优选的,所述回火珠光体的片层间距为150~180nm,片层间距越低则冷镦钢盘条的强度上升、塑性下降,片层间距越高则冷镦钢盘条的强度下降、塑性上升,因此可以进一步控制回火珠光体的片层间距,进一步调控冷镦钢盘条的强塑性匹配。

[0017] 优选的,所述冷镦钢盘条的规格为8.0~18.0mm,抗拉强度为820~850MPa,断面收缩率为58~62%,相较于现有热轧碳素冷镦钢盘条,在不添加强化合金元素的基础上实现了抗拉强度的提升,有利于在非调质工艺中降低加工硬化和塑性损失,同时兼具不输于现有铁素体+珠光体混合组织的冷镦钢盘条塑性,有利于在非调质制造9.8级冷镦紧固件过程中降低拉拔断丝和冷镦开裂风险。

[0018] 上述9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的用途,包括用于在免退火且免调质条件下生产9.8级冷镦紧固件。

[0019] 上述9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的制造方法,其制造方法包括:基于上述9.8级热轧碳素非调冷镦钢盘条的化学成分热轧生产线材,将线材按 $\geq 935^{\circ}\text{C}$ 的吐丝温度吐丝为盘条,盘条经过在线盐浴强等温处理,使盘条按 $\geq 33^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 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珠光体和魏氏体所组成的复相组织并经过等温回火,最后经过辊道缓冷,制为显微组织包括以回火珠光体为主和少量回火魏氏体所组成混合组织的冷镦钢盘条。

[0020] 上述制造方法在C-Si-Mn碳素钢成分基础上,相较于现有工艺需要通过低温吐丝来降低异常组织风险和增加铁素体与珠光体的孕育时间,上述制造方法由于吐丝后直接进行在线盐浴强等温处理、使珠光体充分转变并与魏氏体组织回火韧化,因此可以打破需避免魏氏体组织对低温吐丝需求的限制,提高吐丝温度,一方面,不添加阻碍奥氏体晶粒长大的Ti、V、Nb、Mo等元素,结合高温吐丝,能够使得吐丝后少部分粗大的高温奥氏体经过在线盐浴,按 $\geq 33^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度强冷,钢中的先共析相以针片状形态与片状珠光体混合存在形成魏氏体组织,吐丝温度越高则混合组织中回火魏氏体的占比越大;另一方面,可以打破低温吐丝对低温轧制的限制,降低轧制线和吐丝过程中的磨损,提高生产效率。

[0021] 吐丝后的盘条直接进行在线盐浴,相较风冷具有更快的冷却速度,利用熔盐的接触式高换热能力,特别是在制造规格较大的盘条时,相较风冷快冷能够减小盘条表面和芯部温差,降低力学性能波动,以较快的冷却速度可以快速略过铁素体的相变温度区间,使高温奥氏体组织充分转变为以珠光体为主、少量魏氏体组成的复相组织,相较吐丝后的慢冷或延迟冷却工艺,盐浴等温可以使盘条保持在熔盐温度延长高温等温时间,不仅能够充分

孕育珠光体和魏氏体组织,提供基体强度,还能够在更长时间的高温等温下回火,促进珠光体和魏氏体组织的回火形成回火珠光体和回火魏氏体并进一步韧化,调节回火珠光体组织的片层间距,进而调控冷锻钢盘条组织,也避免了现有因碳素钢碳含量较高导致敏感性增加、高温奥氏体组织转化不完全引起辊道缓冷过程中出现贝氏体异常组织的问题。

[0022] 由于经过在线盐浴强等温后盘条保持高温状态,通过辊道缓冷较延长等温时间,可以在避免回火珠光体片层间距过分降低、能耗增加的基础上,利用高温状态发挥在线盐浴强等温处理后期的软化作用,促进回火珠光体和回火魏氏体进一步韧化,提高盘条基体组织的软化效果,进而降低材料、热轧和控冷全流程的生产成本,通过碳素化学成分设计,结合在线盐浴强等温和辊道缓冷技术,调控盘条组织及性能。

[0023] 优选的,所述热轧生产时控制终轧温度 $\geq 950^{\circ}\text{C}$,轧后线材晶粒度 ≤ 9 级,一方面,较高的吐丝温度可以采用较高的终轧温度,使得轧制线磨损降低、轧制效率提升,另一方面,轧制温度的提高伴有晶粒度粗化,对于对应吐丝温度下生成少量魏氏体组织进而回火有利。

[0024] 优选的,所述吐丝温度 $< 960^{\circ}\text{C}$,轧制温度越低、晶粒度越细、晶粒度级别越高,吐丝温度越低,回火魏氏体占比越小,因此可以进一步控制吐丝温度来调控回火珠光体与回火魏氏体的占比。

[0025] 优选的,所述在线盐浴强等温处理的熔盐温度为 $560\sim 590^{\circ}\text{C}$,等温时间为 $370\sim 650\text{s}$;吐丝后的盘条直接进行在线盐浴强等温处理后,可以有吐丝温度快速降至熔盐温度,熔盐温度越高、等温时间越长,则回火珠光体组织的片层间距越大,回火软化韧化效果越明显,冷锻钢盘条的强度下降、塑性上升,但熔盐温度过高会出现铁素体组织、等温时间过长会引起能耗过高和盘条强度损失较大,反之,熔盐温度越低、等温时间越短,则回火珠光体组织中的片层间距越小,冷锻钢盘条的强度上升、塑性下降,但熔盐温度过低则会出现贝氏体异常组织,对盘条塑性不利,等温时间过短则珠光体和魏氏体组织未充分回火,韧化作用下降,塑性损失较大,因此可以进一步控制在线盐浴强等温处理的熔盐温度和等温时间,进一步调控冷锻钢盘条的混合组织、回火珠光体组织的片层间距和回火韧化效果,进而调控盘条的强塑性匹配。

[0026] 优选的,控制所述在线盐浴强等温处理的熔盐循环量为 $320\sim 450\text{t/h}$,熔盐温升 $\leq 9^{\circ}\text{C}$,可以通过调控熔盐的循环量降低熔盐温升,来进一步控制在线盐浴强等温的处理精度和冷锻钢盘条的一致性。

[0027] 优选的,所述辊道缓冷采用按 $0.1\sim 0.3\text{m/s}$ 的辊道速度输送盘条进入保温罩,经 $5\sim 15\text{min}$ 冷却至 $410\sim 440^{\circ}\text{C}$ 后,提高辊道速度至 $0.7\sim 1.2\text{m/s}$,直至集卷,可以采用辊道输送盘条进入保温罩进行辊道缓冷处理,控制辊道速度用较低的冷却速度延续盘条出盐浴后的高温状态进一步韧化回火珠光体和回火魏氏体,同时当盘条降低至 410°C 以下后,软化效果下降,为避免辊道速度过低引起产品堆积,可以适当提高辊道速度保持高效生产。

[0028] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0029] (1) 针对现有9.8级高强度紧固件用冷锻钢盘条通常通过对盘条进行合金化设计,以满足高强度紧固件使用性能要求,且仍需多次球化退火和调质热处理,带来9.8级高强度紧固件生产能耗高、成本高、效率低的问题,本发明成功开发了一种9.8级高强度紧固件用冷锻钢盘条,采用碳素化学成分设计,摒弃了传统铁素体+珠光体的显微组织,显微组织类

型包括以回火珠光体为主、少量魏氏体所组成的混合组织,可以达到抗拉强度为820~850MPa,断面收缩率为58~62%,实现了冷锻钢盘条的强塑性匹配,用于制造9.8级非调高强度紧固件螺栓等应用领域,具有良好工业适应性和应用前景。

[0030] (2) 针对现有热轧碳素冷锻钢盘条采用低温吐丝和缓冷或延迟冷却工艺,带来的效率低、磨损高、异常组织、冷锻钢盘条强塑性不足的问题,本发明成功开发了一种9.8级热轧碳素非调冷锻钢盘条的制造方法,通过碳素化学成分设计,结合高温吐丝、在线盐浴强等温和辊道缓冷技术,用强冷却略过铁素体相变温度区间,促使高温奥氏体充分转变为以珠光体为主和少量魏氏体所组成的复相组织,提供基体强度,并进行长时间回火,促进回火珠光体和回火魏氏体进一步韧化,调控盘条组织及性能,用于9.8级高强度紧固件绿色生产,不仅可降低全流程生产成本,同时可提高生产效率,具有良好工业适应性和应用前景。

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的金相组织图;

[0033] 图2是本发明对比例1的金相组织图;

[0034] 图3是本发明实施例2的金相组织图;

[0035] 图4是本发明实施例3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9.8级热轧碳素非调冷锻钢盘条的制造方法的一种较佳实施方式,所述冷锻钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.43%、Si:0.33%、Mn:0.46%、P:0.018%、S:0.02%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→吐丝→在线盐浴强等温处理→辊道缓冷→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16mm的线材,降低轧制线的轧机磨损,提高轧制效率,同时调控组织晶粒度,通过适当粗化的晶粒为后续析出少量魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为955℃,轧后线材晶粒度≤9级;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940℃,奥氏体化为后续在线盐浴强等温处理时,调控珠光体与魏氏体组织占比作组织上的准备,盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0039] 所述在线盐浴强等温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,使盘条按38℃/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,使盘条中的高温奥氏体组织充分转变为以珠光体为主、少量

魏氏体组成的复相组织,同时在长时间高温等温下回火,促进珠光体回火形成回火珠光体、调控回火珠光体的片层间距,魏氏体组织回火形成回火魏氏体,进一步韧化,也用于避免因碳素钢敏感性较高引起辊道缓冷过程中出现贝氏体异常组织,具体的:熔盐温度为 569°C ,等温时间为 455s ,熔盐循环量为 410t/h ,熔盐温升 $\leq 9^{\circ}\text{C}$ 。

[0040] 所述辊道缓冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进入保温罩进行缓冷处理,利用在线盐浴强等温处理后盘条的高温状态,促进回火珠光体和回火魏氏体进一步韧化,提高盘条基体组织的软化效果,具体的:将从盐浴槽出来的盘条,按 0.2m/s 的辊道速度输送进入保温罩,经 12min 冷却至 420°C 后,提高辊道速度至 1m/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,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:其制造方法按照热轧→吐丝→延迟冷却→集卷的工艺流程制造,具体的:所述热轧工序的终轧温度为 802°C ,轧后线材晶粒度为11级,所述吐丝工序的吐丝温度为 785°C ,所述延迟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 0.6°C/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→吐丝→斯太尔摩快速风冷→保温冷却→集卷的工艺流程制造,具体的:所述斯太尔摩快速风冷采用1~4#风机按50%开启,控制盘条按 4.9°C/s 的速度冷却至 745°C ,所述保温冷却采用风机关闭、关闭保温罩,按 0.2m/s 的辊道速度输送进入保温罩,在罩内以 0.2°C/s 的冷却速度运行直至集卷,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例2:

[0045] 本发明所述9.8级热轧碳素非调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:0.39%、Si:0.26%、Mn:0.5%、P:0.02%、S:0.017%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→吐丝→在线盐浴强等温处理→辊道缓冷→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 $160\text{mm}\times 160\text{mm}$ 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 8mm 的线材,降低轧制线的轧机磨损,提高轧制效率,同时调控组织晶粒度,通过适当粗化的晶粒为后续析出少量魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为 974°C ,轧后线材晶粒度 ≤ 9 级;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 958°C ,奥氏体化为后续在线盐浴强等温处理时,调控珠光体与魏氏体组织占比作组织上的准备,盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0047] 所述在线盐浴强等温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,使盘条按 39°C/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,使盘条中的高温奥氏体组织充分转变为以珠光体为主、少量魏氏体组成的复相组织,同时在长时间高温等温下回火,促进珠光体回火形成回火珠光体、调控回火珠光体的片层间距,魏氏体组织回火形成回火魏氏体,进一步韧化,也用于避免因

碳素钢敏感性较高引起辊道缓冷过程中出现贝氏体异常组织,具体的:熔盐温度为560℃,等温时间为370s,熔盐循环量为450t/h,熔盐温升 $\leq 9^{\circ}\text{C}$ 。

[0048] 所述辊道缓冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进入保温罩进行缓冷处理,利用在线盐浴强等温处理后盘条的高温状态,促进回火珠光体和回火魏氏体进一步韧化,提高盘条基体组织的软化效果,具体的:将从盐浴槽出来的盘条,按0.1m/s的辊道速度输送进入保温罩,经15min冷却至440℃后,提高辊道速度至1.2m/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,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。

[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:控制终轧温度为947℃,轧后线材晶粒度为10级,控制吐丝温度为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:控制熔盐温度为482℃,集卷下线后获得冷镦钢盘条。

实施例3:

[0053] 本发明所述9.8级热轧碳素非调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:0.41%、Si:0.35%、Mn:0.3%、P:0.018%、S:0.015%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→吐丝→在线盐浴强等温处理→辊道缓冷→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11mm的线材,降低轧制线的轧机磨损,提高轧制效率,同时调控组织晶粒度,通过适当粗化的晶粒为后续析出少量魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为965℃,轧后线材晶粒度 ≤ 9 级;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949℃,奥氏体化为后续在线盐浴强等温处理时,调控珠光体与魏氏体组织占比作组织上的准备,盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0055] 所述在线盐浴强等温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,使盘条按35℃/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,使盘条中的高温奥氏体组织充分转变为以珠光体为主、少量魏氏体组成的复相组织,同时在长时间高温等温下回火,促进珠光体回火形成回火珠光体、调控回火珠光体的片层间距,魏氏体组织回火形成回火魏氏体,进一步韧化,也用于避免因碳素钢敏感性较高引起辊道缓冷过程中出现贝氏体异常组织,具体的:熔盐温度为584℃,等温时间为591s,熔盐循环量为395t/h,熔盐温升 $\leq 9^{\circ}\text{C}$ 。

[0056] 所述辊道缓冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进入保温罩进行缓冷处理,利用在线盐浴强等温处理后盘条的高温状态,促进回火珠光体和回火魏氏体进一步韧化,提高盘条基体组织的软化效果,具体的:将从盐浴槽出来的盘条,按0.25m/s的辊道速度输送进入保温罩,经8min冷却至416℃后,提高辊道速度至0.9m/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,包装入库后获得冷镦钢盘条成品,其金相

组织图如图4中所示。

[0057] 对比例5:

[0058] 一种热轧碳素冷锻钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例3的区别在于:控制熔盐温度为625℃,等温时间为700s,集卷下线后获得冷锻钢盘条。

[0059] 对比例6:

[0060] 一种热轧碳素冷锻钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例3的区别在于:控制熔盐温度为550℃,等温时间为350s,集卷下线后获得冷锻钢盘条。

实施例4:

[0061] 本发明所述9.8级热轧碳素非调冷锻钢盘条的制造方法的一种较佳实施方式,所述冷锻钢盘条的化学成分及质量百分比包括:C:0.44%、Si:0.15%、Mn:0.38%、P:0.017%、S:0.016%,其余为Fe和不可避免杂质;其制造方法按照热轧→吐丝→在线盐浴强等温处理→辊道缓冷→集卷的工艺流程制造,具体的:

[0062] 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,同时调控组织晶粒度,通过适当粗化的晶粒为后续析出少量魏氏体作组织上的准备,具体的:控制终轧温度为950℃,轧后线材晶粒度≤9级;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935℃,奥氏体化为后续在线盐浴强等温处理时,调控珠光体与魏氏体组织占比作组织上的准备,盘条散布在辊道上沿辊道输送。

[0063] 所述在线盐浴强等温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,使盘条按33℃/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,使盘条中的高温奥氏体组织充分转变为以珠光体为主、少量魏氏体组成的复相组织,同时在长时间高温等温下回火,促进珠光体回火形成回火珠光体、调控回火珠光体的片层间距,魏氏体组织回火形成回火魏氏体,进一步韧化,也用于避免因碳素钢敏感性较高引起辊道缓冷过程中出现贝氏体异常组织,具体的:熔盐温度为590℃,等温时间为650s,熔盐循环量为320t/h,熔盐温升≤9℃。

[0064] 所述辊道缓冷工序将从盐浴槽出来的盘条,用辊道输送进入保温罩进行缓冷处理,利用在线盐浴强等温处理后盘条的高温状态,促进回火珠光体和回火魏氏体进一步韧化,提高盘条基体组织的软化效果,具体的:将从盐浴槽出来的盘条,按0.3m/s的辊道速度输送进入保温罩,经6min冷却至410℃后,提高辊道速度至0.7m/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,包装入库后获得冷锻钢盘条成品。

[0065] 对比例7:

[0066] 一种热轧碳素冷锻钢盘条的制造方法,其制造方法与实施例4的区别在于:其制造方法按照热轧→吐丝→在线盐浴强等温处理→空冷→集卷的工艺流程制造,所述空冷采用风机关闭,保温罩开启,按0.95m/s的辊道速度输送,盘条冷却速度为2.3℃/s,集卷下线后获得冷锻钢盘条。

[0067] 对上述实施例和对比例所得冷锻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:

[0068] 表1.不同冷锻钢盘条成分与制造方法的盘条组织性能的对比结果

序号	抗拉强度 /MPa	断面收 缩率/%	显微组织
实施例 1	834	61	回火珠光体的体积百分比占 87%，片层间距为 165nm，回火魏氏体的体积百分比占 13%
对比例 1	950	12	贝氏体+珠光体
对比例 2	965	9	贝氏体+珠光体+铁素体+魏氏体
实施例 2	850	58	回火珠光体的体积百分比占 80%，片层间距为 150nm，回火魏氏体的体积百分比占 20%
对比例 3	781	63	回火珠光体的体积百分比占 90%，片层间距为 153nm，回火魏氏体的体积百分比占 10%
[0069] 对比例 4	902	22	贝氏体+回火珠光体+回火魏氏体，回火珠光体片层间距 140nm
实施例 3	842	60	回火珠光体的体积百分比占 83%，片层间距为 172nm，回火魏氏体的体积百分比占 17%
对比例 5	736	65	铁素体+回火珠光体+回火魏氏体，回火珠光体片层间距为 210nm
对比例 6	861	40	回火珠光体的体积百分比占 83%，片层间距为 121nm，回火魏氏体的体积百分比占 17%
实施例 4	820	62	回火珠光体的体积百分比占 89%，片层间距为 180nm，回火魏氏体的体积百分比占 11%
对比例 7	846	54	回火珠光体的体积百分比占 89%，片层间距为 137nm，回火魏氏体的体积百分比占 11%

[0070] 由实施例1~4与对比例1的对比结果可见,相较于现有低温吐丝和延迟冷却工艺,仍会在斯太尔摩风冷线末端仍会析出异常组织,导致冷锻钢盘条塑性显著下降,本发明在C-Si-Mn碳素钢成分基础上,用高温吐丝后粗大的高温奥氏体经过在线盐浴,以较快的冷却速度可以快速略过铁素体的相变温度区间,奥氏体转变为以珠光体为主、少量先共析相以针片状形态与片状珠光体混合存在形成魏氏体组织的复相组织,避免了现有因碳素钢敏感性增加出现贝氏体异常组织的问题;由实施例1~4与对比例2的对比结果可见,相较于现有高温吐丝后采用快风冷与保温冷却的工艺,本发明不仅能够充分孕育珠光体和魏氏体组织,提供基体强度,还能够在更长时间的高温等温下回火,促进珠光体和魏氏体组织的回火形成回火珠光体和回火魏氏体并进一步韧化,调节回火珠光体组织的片层间距,经过辊道缓冷后回火珠光体的片层间距为150~180nm,冷锻钢盘条可以达到抗拉强度为820~850MPa,断面收缩率为58~62%,实现了冷锻钢盘条的强塑性匹配,用于制造9.8级非调高强度紧固件螺栓等应用领域,具有良好工业适应性和应用前景。

[0071] 由实施例1~4与对比例3的对比结果可见,吐丝温度越高则混合组织中回火魏氏体的占比越大,回火魏氏体占比越高则冷锻钢盘条的强度上升、塑性下降,因此可以进一步调控回火珠光体与回火魏氏体组织的占比,进一步调控冷锻钢盘条的强塑性匹配;由实施例2与对比例4的对比结果可见,熔盐温度过低则会出现贝氏体异常组织,对盘条塑性不利。

[0072] 由实施例3与对比例5的对比结果可见,熔盐温度太高会出现铁素体,熔盐温度过高、等温时间过长,则回火珠光体组织的片层间距过大,回火软化韧化效果越明显,冷锻钢盘条的强度下降、塑性上升;由实施例3与对比例6的对比结果可见,熔盐温度过低、等温时间过短,则回火珠光体组织中的片层间距过小,冷锻钢盘条的强度上升、塑性下降,因此可以进一步控制在线盐浴强等温处理的熔盐温度和等温时间,进一步调控冷锻钢盘条的混合组

织、回火珠光体组织的片层间距和回火韧化效果。

[0073] 由实施例4与对比例7的对比结果可见,通过辊道缓冷可以利用高温状态发挥在线盐浴强等温处理后期的软化作用,促进回火珠光体和回火魏氏体进一步韧化,提高盘条基体组织的软化效果。

[0074] 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。

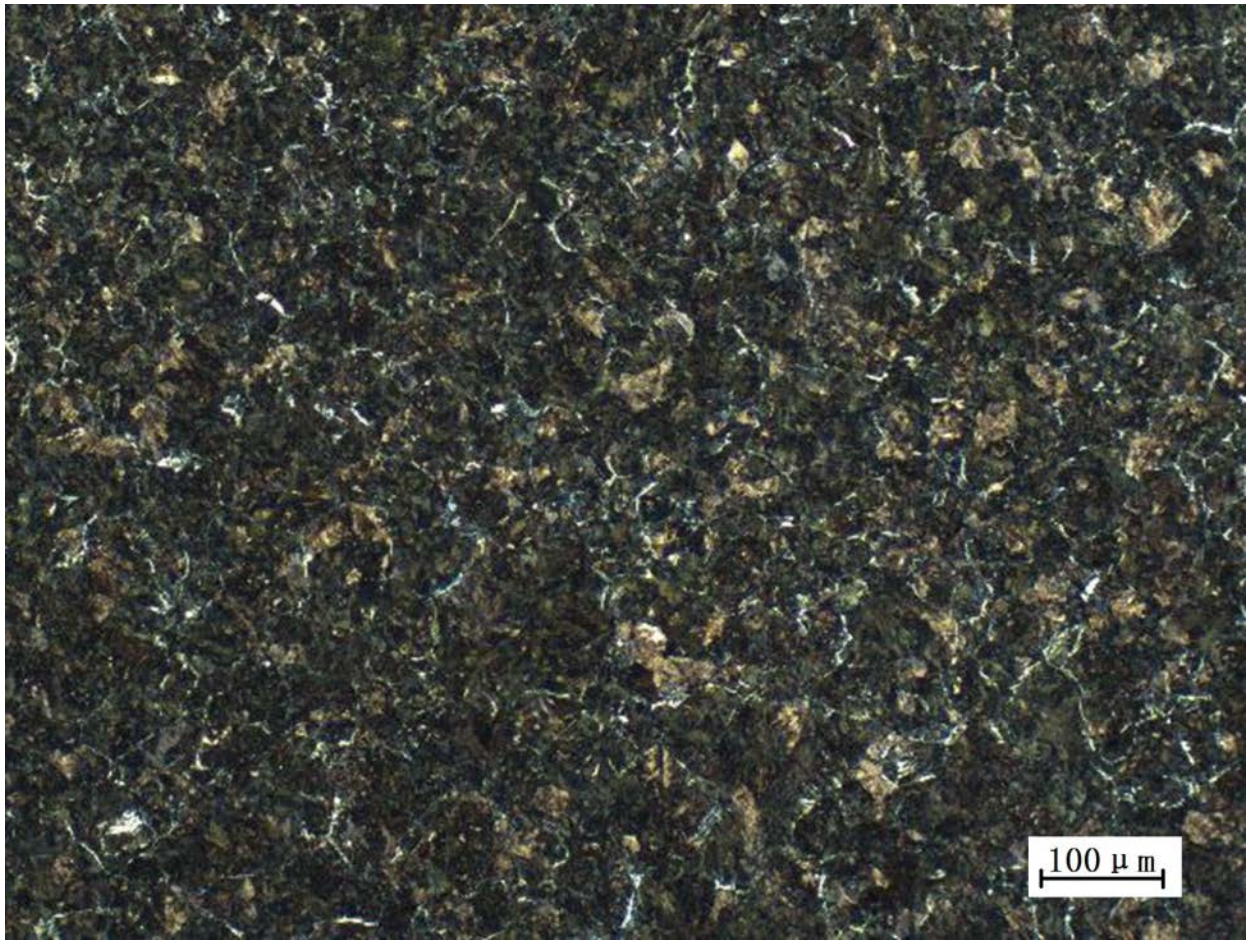


图 1



图 2

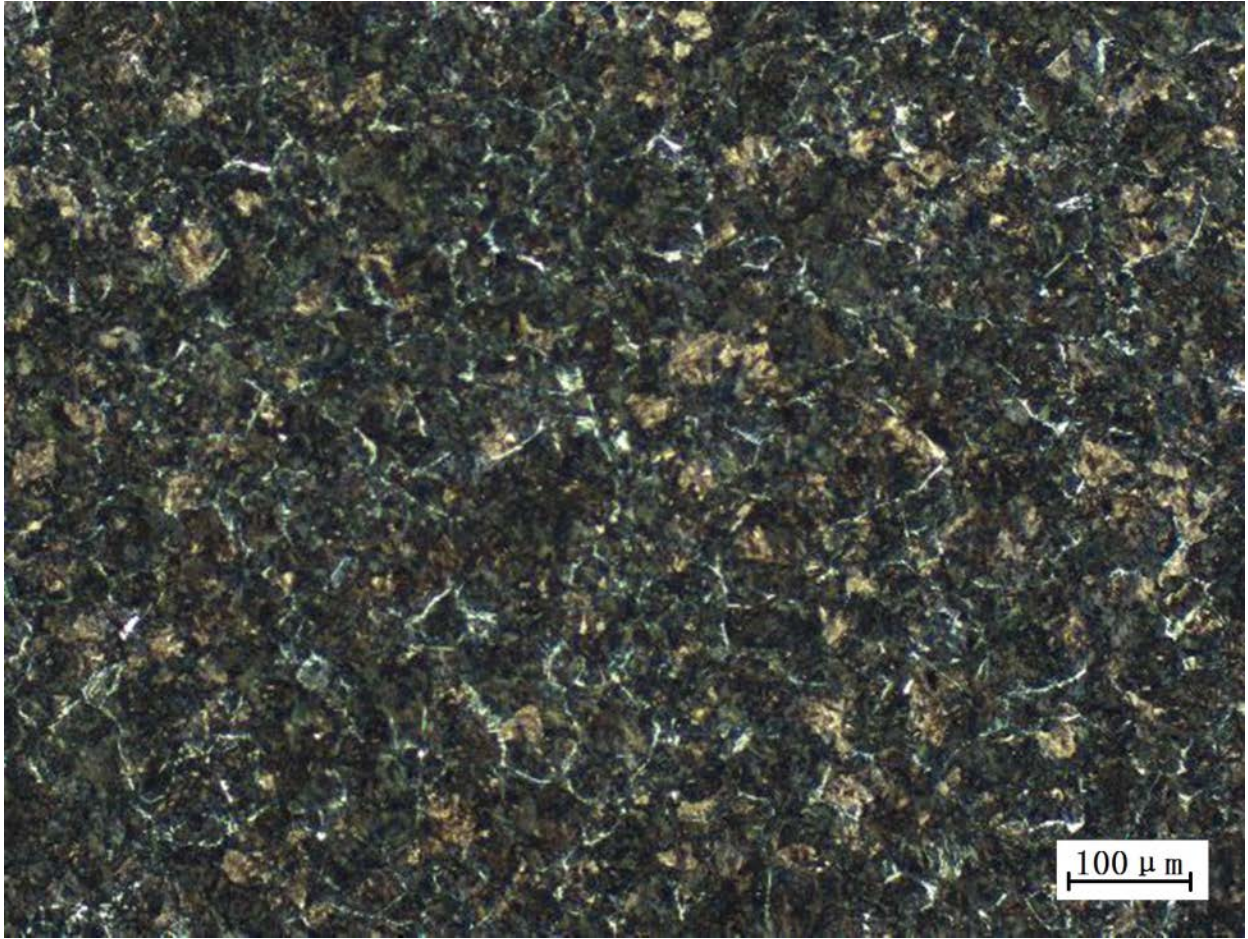


图 3

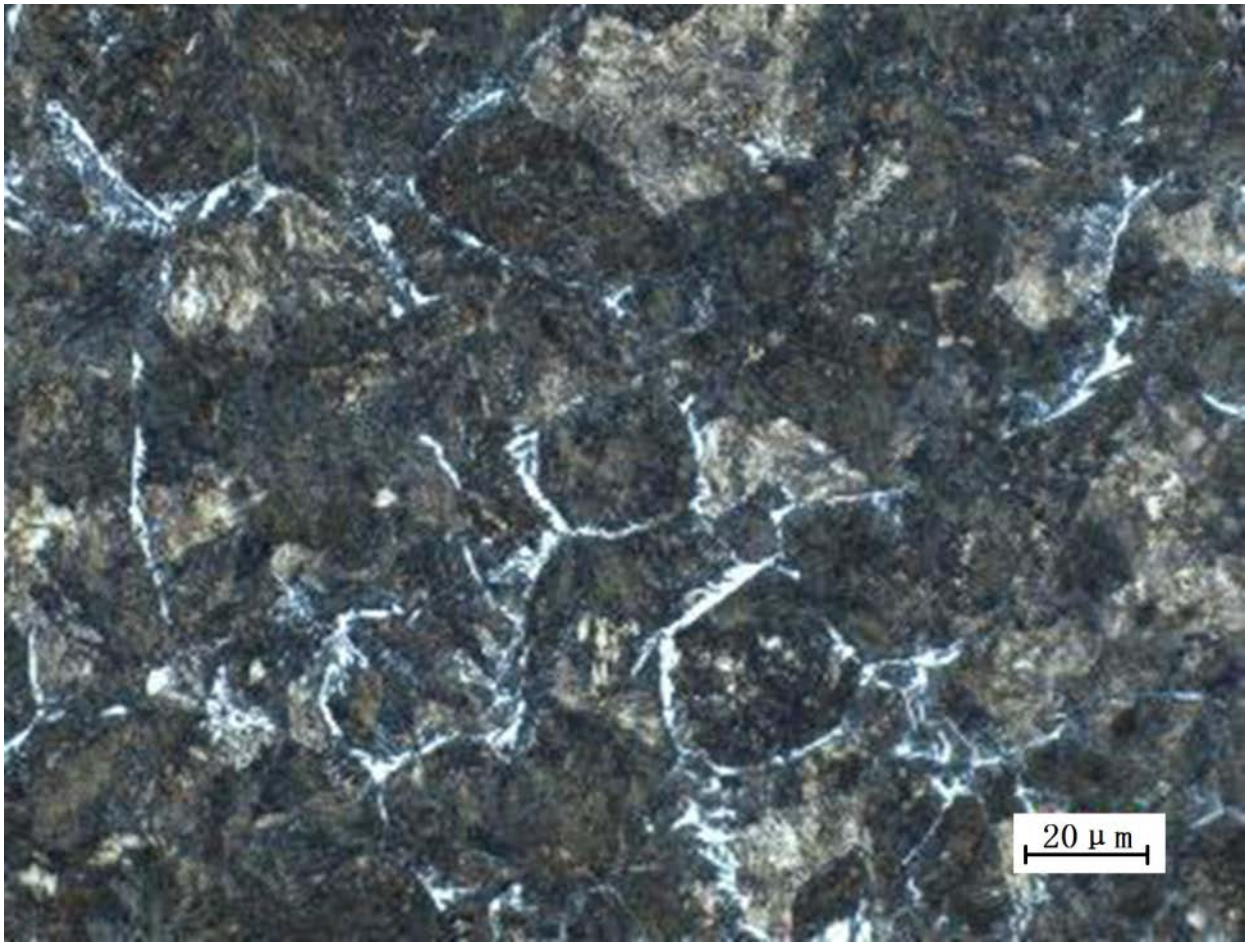


图 4