



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111961982 B

(45) 授权公告日 2022.02.01

(21) 申请号 202010966385.2

C21D 8/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.15

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108546812 A, 2018.09.18

申请公布号 CN 111961982 A

CN 107419179 A, 2017.12.01

(43) 申请公布日 2020.11.20

WO 2018/083035 A1, 2018.05.11

CN 108546812 A, 2018.09.18

(73) 专利权人 东北大学

审查员 陈帅

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号

(72) 发明人 景颂扬 丁桦 蔡志辉

(74) 专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

代理人 马海芳

(51) Int. Cl.

G22C 38/04 (2006.01)

G22C 38/06 (2006.01)

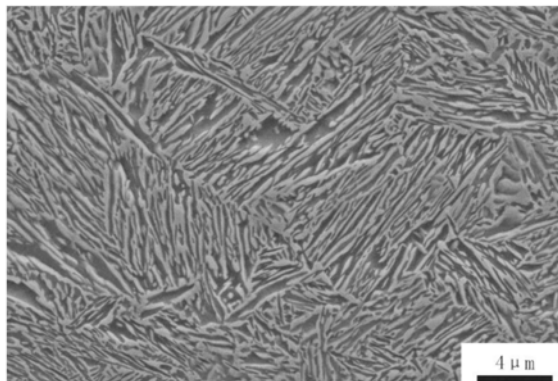
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板及其制备方法

(57) 摘要

一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板及其制备方法,属于先进高强钢领域。高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分为: C:0.18~0.22%, Mn:6.0~9.0%, Al:0~4%, 余量为Fe及不可避免的杂质;其制备方法为:1) 按照成分配比冶炼浇铸成铸锭;2) 加热锻造;3) 钢坯进行多道次异步热轧;4) 热轧板进行临界退火,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板;该钢板通过添加Al,并结合异步热轧工艺调控热轧中锰钢板微观组织的体积分数和奥氏体稳定性,显著提高热轧中锰钢的扩孔率,制备出既有高强度高延伸率又有高扩孔率的中锰钢板,从而解决中锰钢可以获得高强度高延伸率却难以获得高扩孔率的难题。



1. 一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其特征在于,该高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板包含的成分及各个成分的质量百分比为:C:0.18~0.22%,Mn:6.0~9.0%, $0 < A1 \leq 4\%$,余量为Fe及不可避免的杂质;

所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其抗拉强度为900~1307MPa,总延伸率为32~40%,扩孔率为35~73%,屈服强度为553~597MPa,奥氏体相稳定性k值为1.2~7.6;

所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板中,含有铁素体相和奥氏体相,含有的奥氏体相的体积分数为40~73%,奥氏体相呈现粒状和/或弯曲分叉板条状;

所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,采用以下步骤制得:

步骤1:冶炼

按照高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比,准备原料,进行熔炼,得到合金熔液;将合金熔液进行浇铸,得到铸锭;

步骤2:锻造

将铸锭加热至1180~1220℃,保温1.5-3h,锻造,得到钢坯;

步骤3:异步热轧

将钢坯再次加热至1180~1220℃,保温4-6h后,在进行多道次异步热轧,异步热轧的初轧温度为1130~1150℃,终轧温度 $\geq 850^\circ\text{C}$,随后空冷至室温,得到异步热轧板;其中,异步热轧的总下压率为90~95%;

步骤4:临界退火处理

将异步热轧板在650~800℃保温10~60min,以100~150℃/s的速度快速水淬至室温,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板。

2. 根据权利要求1所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其特征在于,所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板中,A1的质量百分含量为1.5~4%。

3. 根据权利要求1所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其特征在于,所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其厚度为1~3mm。

4. 权利要求1~3任意一项所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:冶炼

按照高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比,准备原料,进行熔炼,得到合金熔液;将合金熔液进行浇铸,得到铸锭;

步骤2:锻造

将铸锭加热至1180~1220℃,保温1.5-3h,锻造,得到钢坯;

步骤3:异步热轧

将钢坯再次加热至1180~1220℃,保温4-6h后,在进行多道次异步热轧,异步热轧的初轧温度为1130~1150℃,终轧温度 $\geq 850^\circ\text{C}$,随后空冷至室温,得到异步热轧板;其中,异步热轧的总下压率为90~95%;

步骤4:临界退火处理

将异步热轧板在650~800℃保温10~60min,以100~150℃/s的速度快速水淬至室温,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板。

5. 根据权利要求4所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,其特

征在于,所述的步骤2中,钢坯的截面积为100 mm×30 mm。

6.根据权利要求4所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,其特征在于,所述的步骤3中,异步热轧的异步比为1.2~1.8。

7.根据权利要求4所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,其特征在于,异步热轧为异速异步轧制,异步热轧的异步比为1.5。

8.根据权利要求4所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,其特征在于,所述的步骤3中,经过4-6道次异步热轧,每道次的压下量为1.5-11mm。

高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于先进高强钢技术领域,特别涉及一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板及其制备方法。

背景技术

[0002] 汽车产业是我国国民经济重要的支柱产业,在近十年里汽车产业经历了快速的发展,对经济的发展起到巨大的推动作用。但汽车行业的发展也带来了一系列日益严重的能源和环保问题,对于汽车轻量化技术的研究与推广提出了更加迫切的要求。而汽车轻量化技术中,轻量化材料也必然成为了研究的焦点。先进高强钢是轻量化材料之一,主要用于生产汽车外覆盖件、白车身、悬挂件等。先进高强钢的使用可以在保证强度的同时降低板料厚度进而减少车身的重量。

[0003] 中锰钢属于第三代先进高强钢,是开发先进高强钢的一个重要研究方向。在变形过程中亚稳奥氏体转变为马氏体产生的TRIP效应使得中锰钢可以同时获得较高的强度和延伸率。但变形过程中的应变诱导马氏体相变也会使微观组织中出现局部硬化区,损害材料的扩孔性能,使得中锰钢扩孔性能劣化。而在实际生产中,许多零部件都需要经过扩孔加工,需要有较高的扩孔率(Hole Expansion Ratio,HER)。因此对先进高强钢的开发不仅仅需要关注强度和延伸率,成形能力如扩孔性能也决定了材料投入使用的可能性。然而,研究发现在提高扩孔率的同时,会带来抗拉强度的降低,如何保证综合性质总体提高,成为了研究重点。

发明内容

[0004] 针对中锰钢扩孔率低的问题,本发明提供一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板及其制备方法,该高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板通过添加合金元素Al,降低奥氏体相体积分数,提高中锰钢奥氏体稳定性,减弱应变诱导马氏体相变对扩孔性能的伤害。同时结合异步热轧工艺调控微观组织形貌,缓解应力集中,获得具有高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,并提供了高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法。

[0005] 本发明的一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,包含的成分及各个成分的质量百分比为:C:0.18~0.22%,Mn:6.0~9.0%, $0 < \text{Al} \leq 4\%$,余量为Fe及不可避免的杂质;

[0006] 所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其抗拉强度为900~1307MPa,总延伸率为32~40%,扩孔率为35~73%。

[0007] 所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板中,Al的质量百分含量,优选为1.5~4%。

[0008] 进一步的,所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其屈服强度为553~597MPa,奥氏体相稳定性k值为1.2~7.6。

[0009] 进一步的,所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板中,含有铁素体相和奥氏体相,含有的奥氏体相的体积分数为40~73%,奥氏体相呈现粒状和/或弯曲分叉板条状。

[0010] 进一步的,所述的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其厚度为1~3mm。

[0011] 本发明的一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,包括以下步骤:

[0012] 步骤1:冶炼

[0013] 按照高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比,准备原料,进行熔炼,得到合金熔液;将合金溶液进行浇铸,得到铸锭;

[0014] 步骤2:锻造

[0015] 将铸锭加热至1180~1220℃,保温1.5-3h,锻造,得到钢坯;

[0016] 步骤3:异步热轧

[0017] 将钢坯再次加热至1180~1220℃,保温4-6h后,在进行多道次异步热轧,异步热轧的初轧温度为1130~1150℃,终轧温度 $\geq 850^{\circ}\text{C}$,随后空冷至室温,得到异步热轧板;其中,异步热轧的总下压率为90~95%;

[0018] 步骤4:临界退火处理

[0019] 将异步热轧板在650~800℃保温10~60min,以100~150℃/s的速度快速水淬至室温,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板。

[0020] 所述的步骤2中,钢坯的截面积为100mm×30mm。

[0021] 所述的步骤3中,异步热轧异步比为1.2~1.8,优选为1.5,异步热轧优选为变速异步轧制。

[0022] 所述步骤3中,经过4-6道次异步热轧,每道次的压下量为1.5-11mm。

[0023] 本发明的一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板及其制备方法,基本原理为:

[0024] 通过添加Al元素进行多相组织调控,包括降低中锰钢亚稳奥氏体体积分数,提高亚稳奥氏体稳定性,减弱应变诱导马氏体相变对扩孔性能的伤害;改变奥氏体相形貌,缓解应力集中,从而提高中锰钢扩孔性能。

[0025] 本发明的一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板及其制备方法,与现有技术相比,有益效果为:

[0026] 本发明通过改变钢板的化学成分,添加适当比例的Al元素调控热轧中锰钢板中奥氏体相体积分数及铁素体的板条宽度,获得合适的奥氏体稳定性,并通过异步热轧工艺细化、均匀热轧中锰钢板晶粒尺寸,提高抵抗应力集中能力,制备出既具有高强度高延伸率又具有高扩孔率(HER)的中锰钢板,从而解决中锰钢可以获得高强度高延伸率却难以获得高扩孔率(HER)的难题。

附图说明

[0027] 图1本发明对比例1制备的钢板60min退火样品微观组织SEM图;

[0028] 图2本发明对比例2制备的钢板10min退火样品微观组织SEM图;

[0029] 图3本发明实施例2制备的钢板10min退火样品微观组织SEM图;

具体实施方式

[0030] 下面结合实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0031] 本发明以下实施例中,使用的轧机是 $\phi 450*400\text{mm}$ 的二辊异步热轧机组,最大轧制力为3000kN,主电机功率为2*225kW。道次轧制规程为30-21-10-6-3-1.2,以下实施例中,采用的异步比为1.5,考虑轧辊存在弹跳,最终热轧板的厚度为1.5mm。

[0032] 本发明以下实施例中,轧制表面温度的测量采用日本产ICON手提式红外测温仪,高温仪测温范围为600~3000℃,低温仪测温范围为-50~1000℃。

[0033] 本发明以下实施例中,轧后热处理采用是箱式电阻炉,额定功率为8kW,额定电压380V,额定温度1350℃。

[0034] 本发明以下实施例中,制得的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的拉伸实验在MTS美特斯CMT5303系列电子万能试验机上进行。

[0035] 本发明以下实施例中,制得的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的形貌观察采用场发射电子探针,型号:JEOL JXA-8530F。

[0036] 本发明以下实施例中,采用X射线衍射(XRD)测定制得的高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板中奥氏体相的体积分数,其中 $V_A = 1.4I_\gamma / (I_\alpha + 1.4I_\gamma)$;其中, I_α 为铁素体相(200) α 和(211) α 峰的积分和, I_γ 为奥氏体相(200) γ 、(220) γ 和(311) γ 峰的积分和; V_A 为奥氏体相体积分数。

[0037] 本发明以下实施例中,使用公式 $f_\gamma = f_{\gamma_0} \exp(-k\varepsilon)$ 计算奥氏体相稳定性,在等式中 f_{γ_0} 是初始奥氏体分数, f_γ 是应变 ε 下的奥氏体分数, ε 是应变, k 是奥氏体稳定性值。较高的 k 值对应较低的奥氏体稳定性。

[0038] 以下实施例中,步骤4的临界退火处理在箱式电阻炉中进行。

[0039] 对比例1

[0040] 不含Al的热轧中锰钢板,其合金成分按重量百分比分别为含C:0.19%,Mn:7.68%,余量为Fe及杂质。

[0041] 本发明的一种不含Al的热轧中锰钢板的制备方法,按以下步骤进行:

[0042] 步骤1,冶炼:

[0043] 按照不含Al的热轧中锰钢板的成分配比冶炼浇铸获得钢锭;

[0044] 步骤2,锻造:

[0045] 将钢锭加热至1200℃,保温2h,热锻成横截面积为100mm×30mm钢坯;

[0046] 步骤3,异步热轧:

[0047] 将钢坯放入高温炉在1200℃,保温4h,经过5道次异步热轧,异步热轧的初轧温度为1150℃,终轧温度860℃,总压下率为95%,随后空冷到室温,得到厚度为1.5mm异步热轧板;其中,异步热轧的异步比为1.5;

[0048] 步骤4,临界退火处理:

[0049] 将异步热轧板于650℃的电阻炉保温60min,水冷至室温,得到不含Al的热轧中锰钢板。

[0050] 将热处理后的实验钢加工成拉伸试样,拉伸试样按GB/T 228-2002“金属材料室温拉伸试验方法”标准加工,设定拉伸速度3mm/min进行拉伸试验。按GB/T 24524-2009“金属材料薄板和薄带扩孔试验方法”标准加工扩孔试样,压边力为100kN,凸模位移速率15mm/

min进行扩孔试验。

[0051] 沿轧制方向切取试样,将切下的材料制备金相试样观察微观组织并测定拉伸前后试样中奥氏体相体积分数计算奥氏体相稳定性。热轧中锰钢板的力学性能、扩孔率和奥氏体稳定性k值如表1所示。

[0052] 本实施例高扩孔率高强度高延伸率热轧中锰钢板的金相显微组织结构见图1。奥氏体相呈密集排列的长板条状,不利于缓解应力集中。k值高奥氏体稳定性差,依靠TRIP效应提高强度和延伸率,损害扩孔性能。

[0053] 对比例2

[0054] 一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其合金成分按重量百分比分别为含C:0.19%,Mn:7.86%,Al:3%,余量为Fe及杂质。

[0055] 本发明的一种高扩孔率(HER)高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,按以下步骤进行:

[0056] 步骤1,冶炼:

[0057] 按照高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比冶炼浇铸获得钢锭;

[0058] 步骤2,锻造:

[0059] 将钢锭加热至1200℃,保温2h,热锻成横截面积为100mm×30mm钢坯;

[0060] 步骤3,常规热轧:

[0061] 将钢坯放入高温炉在1200℃,保温4h,经过5道次常规热轧,常规热轧初轧温度为1150℃,终轧温度860℃,总压下率为90%,随后空冷到室温,得到厚度为3mm常规热轧板;

[0062] 步骤4,临界退火处理:

[0063] 将常规热轧板于750℃的电阻炉保温10min,水冷至室温,得到Al含量为3%(wt%)的热轧中锰钢板。

[0064] 将热处理后的实验钢加工成拉伸试样,拉伸试样按GB/T 228-2002“金属材料室温拉伸试验方法”标准加工,设定拉伸速度3mm/min进行拉伸试验。按GB/T 24524-2009“金属材料薄板和薄带扩孔试验方法”标准加工扩孔试样,压边力为100kN,凸模位移速率15mm/min进行扩孔试验。

[0065] 沿轧制方向切取试样,将切下的材料制备金相试样观察微观组织并测定拉伸前后试样中奥氏体相体积分数计算奥氏体相稳定性。热轧中锰钢板的力学性能、扩孔率和奥氏体稳定性k值如表1所示。

[0066] 实施例1

[0067] 一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其合金成分按重量百分比分别为含C:0.19%,Mn:7.86%,Al:1.5%,余量为Fe及杂质。

[0068] 本发明的一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,按以下步骤进行:

[0069] 步骤1,冶炼:

[0070] 按照高扩孔率(HER)高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比冶炼浇铸获得钢锭;

[0071] 步骤2,锻造:

[0072] 将钢锭加热至1200℃,保温2h,热锻成横截面积为100mm×30mm钢坯;

[0073] 步骤3,异步热轧:

[0074] 将钢坯放入高温炉在1200℃,保温4h,经过5道次异步热轧,异步热轧的初轧温度为1150℃,终轧温度880℃,总压下率为95%,随后空冷到室温,得到厚度为1.5mm异步热轧板;其中,异步热轧的异步比为1.5;

[0075] 步骤4,临界退火处理:

[0076] 将异步热轧板于700℃的电阻炉保温10min,水冷至室温,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板。

[0077] 将热处理后的实验钢加工成拉伸试样,拉伸试样按GB/T 228-2002“金属材料室温拉伸试验方法”标准加工,设定拉伸速度3mm/min进行拉伸试验。按GB/T 24524-2009“金属材料薄板和薄带扩孔试验方法”标准加工扩孔试样,压边力为100kN,凸模位移速率15mm/min进行扩孔试验。热轧中锰钢板的力学性能、扩孔率和奥氏体稳定性k值如表1所示。扩孔率(HER)和k值较对比例提高。

[0078] 实施例2

[0079] 一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其合金成分按重量百分比分别为含C:0.19%,Mn:7.86%,Al:3%,余量为Fe及杂质。

[0080] 本发明的一种高扩孔率(HER)高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,按以下步骤进行:

[0081] 步骤1,冶炼:

[0082] 按照高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比冶炼浇铸获得钢锭;

[0083] 步骤2,锻造:

[0084] 将钢锭加热至1200℃,保温2h,热锻成横截面积为100mm×30mm钢坯;

[0085] 步骤3,异步热轧:

[0086] 将钢坯放入高温炉在1200℃,保温4h,经过5道次异步热轧,异步热轧初轧温度为1150℃,终轧温度900℃,总压下率为95%,随后空冷到室温,得到厚度为1.5mm异步热轧板;其中,异步热轧的异步比为1.5;

[0087] 步骤4,临界退火处理:

[0088] 将异步热轧板于750℃的电阻炉保温10min,水冷至室温,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板。

[0089] 将热处理后的实验钢加工成拉伸试样,拉伸试样按GB/T 228-2002“金属材料室温拉伸试验方法”标准加工,设定拉伸速度3mm/min进行拉伸试验。按GB/T 24524-2009“金属材料薄板和薄带扩孔试验方法”标准加工扩孔试样,压边力为100kN,凸模位移速率15mm/min进行扩孔试验。

[0090] 沿轧制方向切取试样,将切下的材料制备金相试样观察微观组织并测定拉伸前后试样中奥氏体相体积分数计算奥氏体相稳定性。

[0091] 热轧中锰钢板的力学性能、扩孔率和奥氏体稳定性k值如表1所示。

[0092] 本实施例高扩孔性高拉伸性高强度钢板的金相显微组织结构见图3。

[0093] 按本发明实施例2制备的高扩孔性高拉伸性高强度钢板奥氏体相的体积分数与对比例2中奥氏体相的体积分数基本一致,分别为62.8%和64.1%。但通过图2(对比例2的微观组织)和图3(实施例2的微观组织)的对比可以看出,实施例2通过异步热轧获得的组织具

有更细更均匀的晶粒,利于缓解应力集中,改善扩孔性能。虽然对比例2和实施例2中奥氏体体积分数基本一致,但通过细化晶粒使实施例2中奥氏体相的稳定性(k值)提高,TRIP效应局部强化减弱,减少裂纹萌生,对扩孔性能的伤害降低。

[0094] 另外,对比图1(对比例1的微观组织)和图3(实施例2的微观组织)可以发现,通过Al元素的添加一方面降低了奥氏体相的比例,使得奥氏体相的稳定性(k值)增加,弱化TRIP效应对扩孔性能的伤害。另一方面也使得铁素体相的板条尺寸增加,软相铁素体可以缓解TRIP效应导致的应力集中,提升扩孔性能。

[0095] 实施例3

[0096] 一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其合金成分按重量百分比分别为含C:0.19%,Mn:7.91%,Al:4%,余量为Fe及杂质。

[0097] 本发明的一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,按以下步骤进行:

[0098] 步骤1,冶炼:

[0099] 按照高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比冶炼浇铸获得钢锭;

[0100] 步骤2,锻造:

[0101] 将钢锭加热至1200℃,保温2h,热锻成横截面积为100mm×30mm钢坯;

[0102] 步骤3,异步热轧:

[0103] 将钢坯放入高温炉在1200℃,保温4h,经过5道次异步热轧,异步热轧的初轧温度为1150℃,终轧温度920℃,总压下率为95%,随后空冷到室温,得到厚度为1.5mm异步热轧板;其中,异步热轧的异步比为1.5;

[0104] 步骤4,临界退火处理:

[0105] 将热轧板于800℃的电阻炉保温10min,水冷至室温,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板。

[0106] 将热处理后的实验钢加工成拉伸试样,拉伸试样按GB/T 228-2002“金属材料室温拉伸试验方法”标准加工,设定拉伸速度3mm/min进行拉伸试验。按GB/T 24524-2009“金属材料薄板和薄带扩孔试验方法”标准加工扩孔试样,压边力为100kN,凸模位移速率15mm/min进行扩孔试验。沿轧制方向切取试样,测定拉伸前后试样中奥氏体相体积分数计算奥氏体相稳定性k值。

[0107] 热轧中锰钢板的力学性能,包括屈服强度(YS)、抗拉强度(UTS)、总延伸率(TE)、强塑积(PSE)、扩孔率(HER)和奥氏体稳定性k值如表1所示。

[0108] 实施例4

[0109] 一种高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板,其合金成分按重量百分比分别为含C:0.19%,Mn:7.86%,Al:4%,余量为Fe及杂质。

[0110] 一种高扩孔率(HER)高强度高延伸率的热轧中锰钢板的制备方法,按以下步骤进行:

[0111] 步骤1,冶炼:

[0112] 按照高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板的成分配比冶炼浇铸获得钢锭;

[0113] 步骤2,锻造:

[0114] 将钢锭加热至1180℃,保温3h,热锻成横截面积为100mm×30mm钢坯;

[0115] 步骤3,异步热轧:

[0116] 将钢坯放入高温炉在1200℃,保温6h,经过5道次异步热轧,异步热轧初轧温度为1130℃,终轧温度850℃,总压下率为90%,随后空冷到室温,得到异步热轧板;其中,异步热轧的异步比为1.5;

[0117] 步骤4,临界退火处理:

[0118] 将异步热轧板于650℃的电阻炉保温60min,水冷至室温,得到高扩孔率高强度高延伸率的热轧中锰钢板。

[0119] 表1热轧中锰钢板的力学性能、扩孔率和奥氏体稳定性k值

	YS / MPa	UTS / MPa	TE / %	PSE / GPa·%	HER / %	k 值
对比例 1	570	1503	30.76	46.2	7.9	9.96
对比例 2	531	1185	32.21	38.2	42.3	5.64
[0120] 实施例 1	597	1307	32.52	42.5	35.5	7.52
实施例 2	553	1100	35.8	39.4	69.3	1.83
实施例 3	553	900	39.88	35.9	72.8	1.24

。

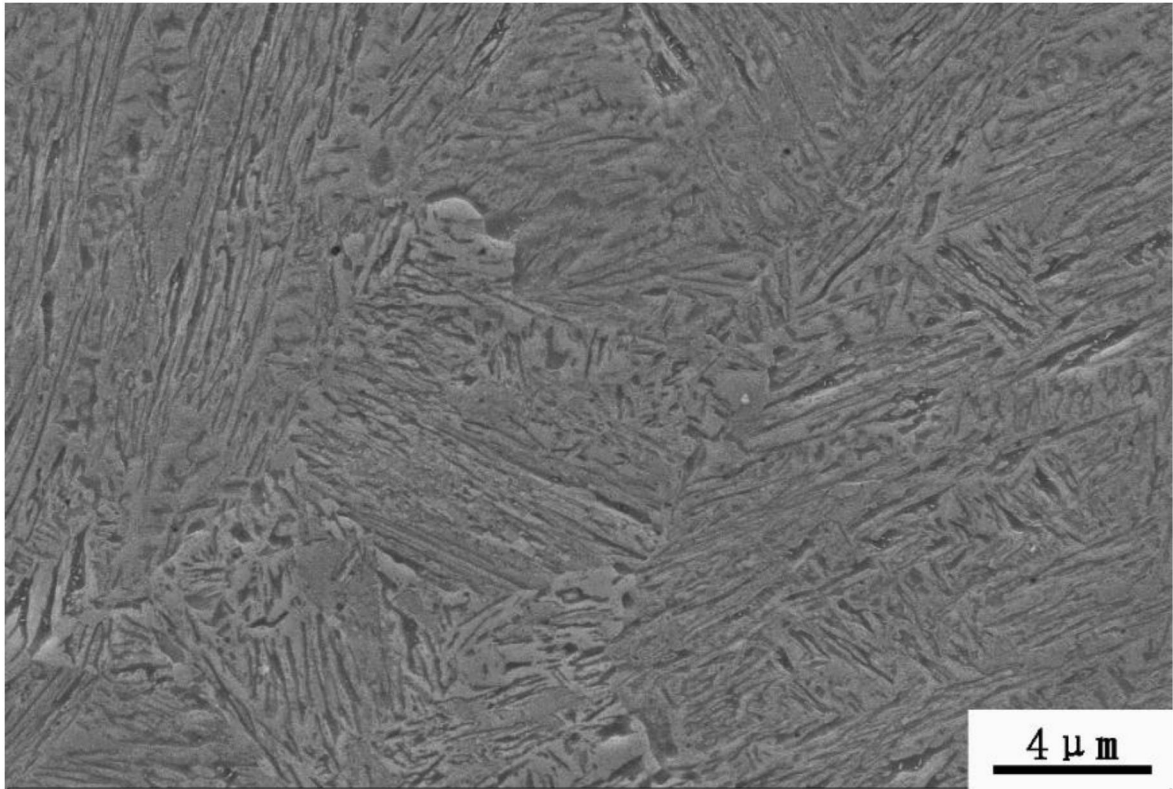


图1

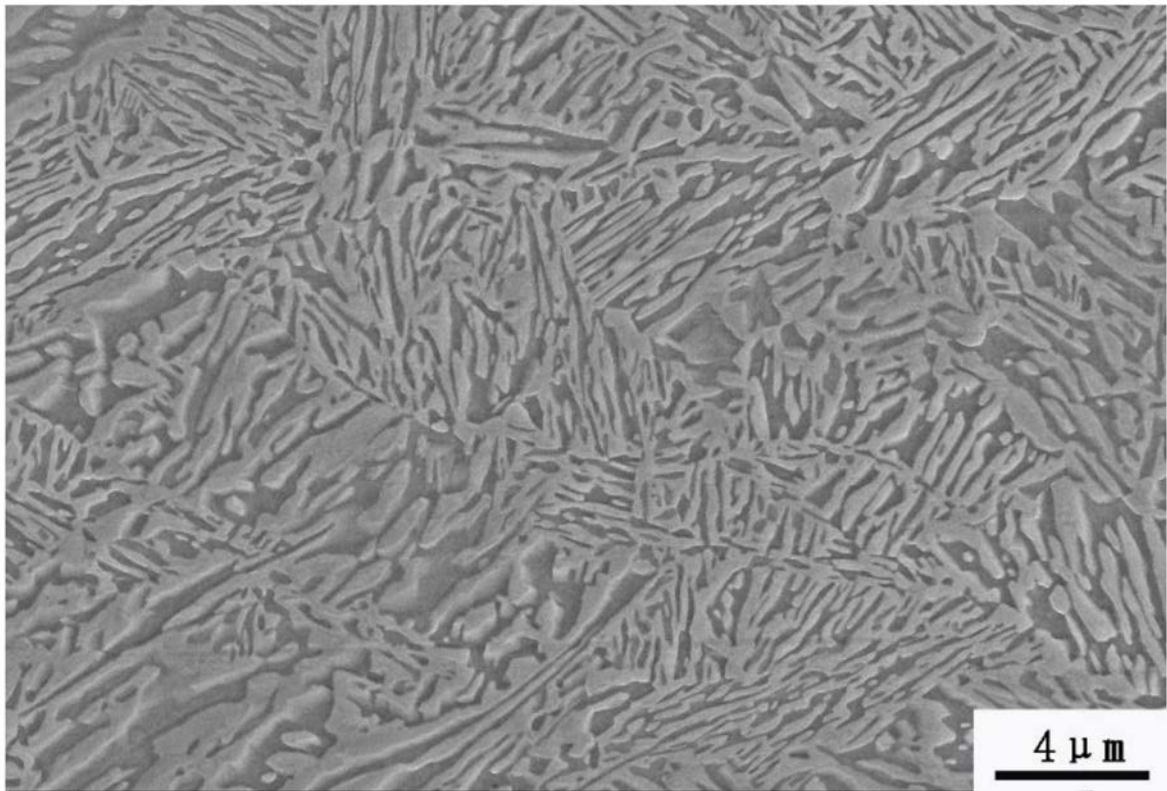


图2

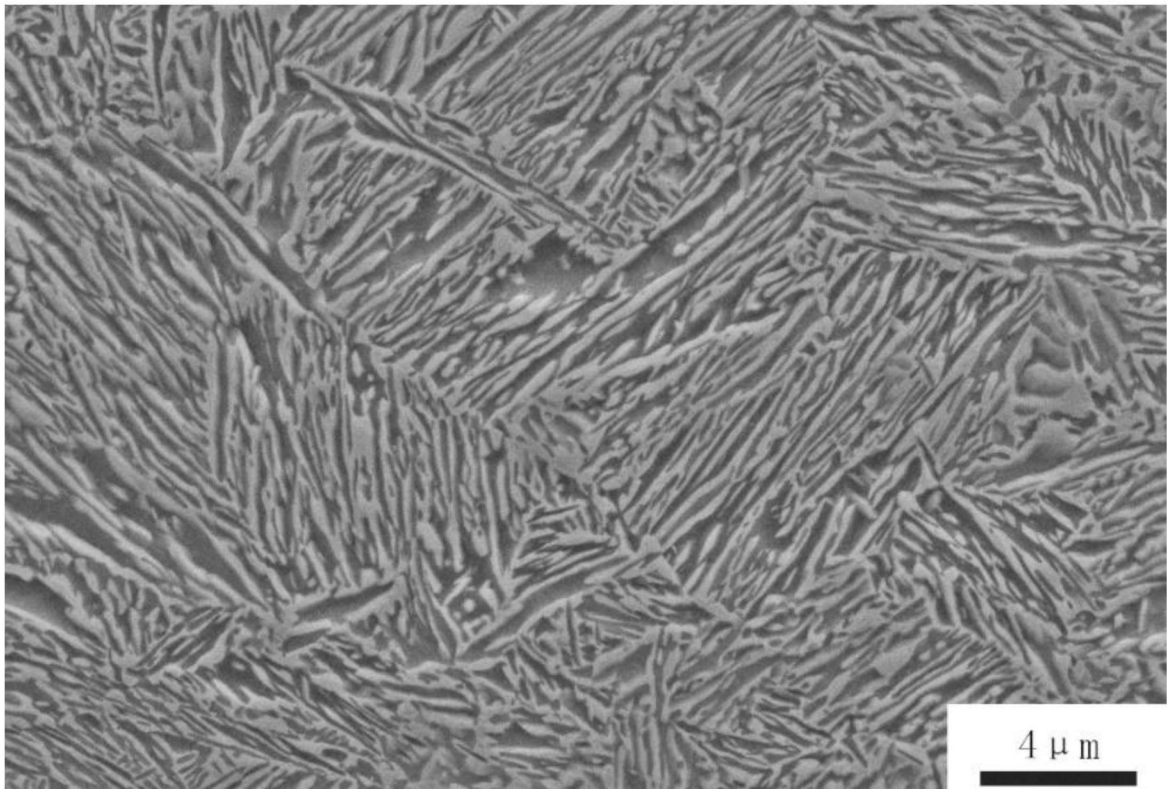


图3