



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113857451 A

(43) 申请公布日 2021.12.31

(21) 申请号 202111254550.2

(22) 申请日 2021.10.27

(71) 申请人 江西理工大学

地址 341000 江西省赣州市红旗大道86号

申请人 新余钢铁股份有限公司

(72) 发明人 杨小刚 赖朝彬 冯小明 帅勇

余小琴 罗迪强 张真铭 赖籽屹

裴伟 冷焯旻 刘敏

(74) 专利代理机构 芜湖安汇知识产权代理有限

公司 34107

代理人 任晨晨

(51) Int. Cl.

B22D 11/18 (2006.01)

B22D 11/22 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法

(57) 摘要

本发明提供了一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,与现有技术相比,本发明提供的非常规连铸方法,即低过热度+弱冷+凝固末端强冷模式,可以增大距离连铸板坯表面1/10-3/10厚度范围内MnS尺寸,降低距离连铸板坯表面3/10-1/2厚度范围内MnS尺寸,缩小MnS尺寸在连铸板坯厚度方向上的差异,促使MnS在连铸板坯厚度方向上分布的均匀化,距离连铸坯表面3/10-1/2厚度范围内硫化锰夹杂物平均尺寸不大于距离连铸坯表面1/10-3/10厚度范围内硫化锰夹杂物平均尺寸的2.5倍。可降低MnS夹杂物尺寸分布不均带来的危害,显著提高中碳钢产品的质量,操作简单且易实现。

厚度位置	优化前 MnS	优化后 MnS
0-1/10		
1/10-1/5		
1/5-3/10		
3/10-2/5		
2/5-1/2		

1. 一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,其特征在于,所述连铸方法包括以下步骤:

钢水采用低过热度模式浇注,过热度控制在 $5-5^{\circ}\text{C}$;采用连铸二冷1-3区弱冷模式;在连铸板坯进入二冷4-6区内,继续采用弱冷模式;在连铸板坯进入二冷7-8区内,采用强冷模式。

2. 根据权利要求1所述的控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,其特征在于,连铸二冷1-3区和4-6区采用弱冷模式,各区比水量控制在 $0.035-0.08\text{L/kg}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,其特征在于,铸坯厚度方向上的温度梯度在 $42-77\text{K/cm}$,冷却速率在 $0.08-0.4\text{K/s}$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,其特征在于,连铸7-8区强冷模式,各区比水量控制在 $0.17-0.22\text{L/kg}$ 。

5. 根据权利要求1或2所述的控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,其特征在于,所述连铸板坯的断面尺寸为 $230\text{mm}\times(1200-2050\text{mm})$ 。

6. 根据权利要求1或2所述的控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,其特征在于,所述中碳钢的碳含量范围为 $0.42-0.5\%$ 。

7. 根据权利要求1或2所述的控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,其特征在于,所生产的铸坯,距离连铸坯表面 $3/10-1/2$ 厚度范围内硫化锰夹杂物平均尺寸不大于距离连铸坯表面 $1/10-3/10$ 厚度范围内硫化锰夹杂物平均尺寸的2.5倍。

一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法

技术领域

[0001] 本发明属于炼钢领域,具体涉及一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法。

背景技术

[0002] 夹杂物通常对钢性能有害,夹杂物形态控制已经越来越受到重视,不同钢种对夹杂物的形态有不同的要求。 MnS 是钢中最常见的非金属塑性夹杂物之一,它的尺寸、形状和分布严重影响着钢的性能。 MnS 存在于钢中能够抑制晶粒长大及促进晶内铁素体的析出,且通过提高锰硫比可以使 MnS 固定硫,减少在奥氏体晶界 FeS 等低熔点化合物的生成,从而提高钢的高温塑性。但是由于 MnS 具有良好的变形能力,在轧制过程中沿轧制方向延展成为大尺寸长条状,使得钢材力学性能呈各向异性,明显降低材料的横向性能。对于中碳钢而言, MnS 在连铸坯中形成温度高,且常常呈现尺寸较大的树枝状,这种大尺寸 MnS 会遗留至轧材中,成为相应厚板钢材使用过程中的裂纹源及其扩展通道,降低材料的使用寿命,可以说 MnS 给绝大部分中碳钢种带来的危害是显著的。

[0003] 关于钢中 MnS 的控制,采用较多的主要方式主要分为两大类:一种从成分上进行控制,比如降低 S 含量来减少 MnS 的生成量,以及利用氧化物冶金思路向钢中添加一定量的 Ca 、稀土元素等对 MnS 进行改性等;2017年11月3日公开的公开号为CN107312907A的专利申请了一种控制中低硫低氧钢中硫化锰形态的方法,该方法主旨为经过铝脱氧后,对钢液进行钙镁复合处理来控制钢中 MnS 的形态。另一种从冶炼工艺过程进行控制,比如改善连铸工艺、优化轧制制度以及采取有利于 MnS 伸长断裂的热处理工艺;2018年8月14日公开号CN108393455A的专利申请了一种控制合金钢大方坯中 MnS 夹杂物尺寸的连铸方法,该方法主要通过调整拉速、结晶器冷却和二冷比水量来提高铸坯从表面到中心约一半的厚度内的冷却速度,以达到细化柱状晶区域析出的 MnS 颗粒。2014年3月26日公开的公开号为CN103667647A的专利申请了一种重轨钢中 MnS 夹杂物的优化控制方法,该方法主要通过控制加热炉的温度以及不同段的均热时间来保证 MnS 充分固溶,以获得形态及尺寸较好的 MnS 。然而,不同钢种中 MnS 生成温度是不一样的,对于在固相中生成的 MnS ,通过合理的轧制、热处理,可以有效控制 MnS 的形态及分布,然而对于中碳钢中的 MnS ,由于 MnS 大部分在凝固末端生成,此时采取轧制工艺、热处理工艺影响就不大,这个时候控制 MnS 在连铸坯中的生成过程显得尤为重要。

[0004] 因此,保证 MnS 尺寸在连铸坯中具有良好分布的状态,是有效控制 MnS 在中碳钢产品中的最终形态的根本保证。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,采用该方法能有效提高中碳钢中 MnS 在连铸坯厚度方向上的分布的均匀

性,减少MnS在连铸坯厚度方向上分布的差异性对钢质量造成的危害。

[0006] 本发明具体技术方案如下:

[0007] 一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,包括以下步骤:

[0008] 钢水采用低过热度模式浇注,采用连铸二冷1-3区弱冷模式;在连铸板坯进入二冷4-6区内,继续采用弱冷模式;在连铸板坯进入二冷7-8区内,采用强冷模式。

[0009] 通过采用钢水低过热度浇注模式结合二冷1-3区弱冷模式对连铸板坯凝固结构进行控制,在连铸板坯进入二冷4区之前,使得柱状晶完全转变为等轴晶。

[0010] 在连铸板坯进入二冷7-8区内,将所述弱冷模式转变为强冷模式,加强连铸板坯凝固末端的冷却强度。

[0011] 进一步,所述低过热度浇注模式,过热度控制在 $5-5^{\circ}\text{C}$ 。

[0012] 进一步,连铸二冷1-3区和4-6区采用弱冷模式,各区比水量控制在 $0.035-0.08\text{L}/\text{kg}$ 。

[0013] 控制钢水过热度在 $5-15^{\circ}\text{C}$,1-3区内各区比水量在 $0.035-0.08\text{L}/\text{kg}$,原理为采用低过热度浇注模式结合弱冷模式控制铸坯厚度方向上的温度梯度在 $42-77\text{K}/\text{cm}$,冷却速率在 $0.08-0.4\text{K}/\text{s}$ 。

[0014] 进一步,连铸7-8区强冷模式,各区比水量控制在 $0.17-0.22\text{L}/\text{kg}$ 。

[0015] 本发明所述连铸板坯的断面尺寸为 $230\text{mm}\times(1200-2050\text{mm})$ 。

[0016] 本发明所述中碳钢的碳含量范围为 $0.42-0.5\%$ 。

[0017] 所生产的铸坯,距离连铸坯表面 $3/10-1/2$ 厚度范围内硫化锰夹杂物平均尺寸不大于距离连铸坯表面 $1/10-3/10$ 厚度范围内硫化锰夹杂物平均尺寸的2.5倍。

[0018] 本发明控制钢水过热度在 $5-15^{\circ}\text{C}$,1-3区内各区比水量在 $0.035-0.08\text{L}/\text{kg}$,原理为采用低过热度浇注模式结合弱冷模式控制连铸板坯厚度方向上的温度梯度在 $42-77\text{K}/\text{cm}$,冷却速率在 $0.08-0.4\text{K}/\text{s}$,从而对连铸板坯凝固结构实现控制,使得柱状晶完全转变为等轴晶,避免钢水凝固过程中在枝晶间生成的MnS夹杂物沿柱状晶方向单一生长,保证MnS在各个方向生长的均匀性,且在4-6区继续使用弱冷模式来降低距离连铸板坯表面 $1/10-3/10$ 厚度范围内的冷却强度,促进本区域内MnS进行较为充分的生成和长大,从而减少聚集到厚度中心附近的Mn、S元素;而将7-8区内各区比水量控制在 $0.17-0.22\text{L}/\text{kg}$,目的则为提高距离连铸板坯表面 $3/10-1/2$ 厚度范围内的冷却强度,减少MnS的生长时间、降低奥氏体晶粒的尺寸,从而使MnS尺寸减小及在奥氏体晶界呈弥散化分布,降低中心S偏析产生的不良影响。

[0019] 与现有技术相比,本发明提供的非常规连铸方法,即低过热度+弱冷+凝固末端强冷模式,可以增大距离连铸板坯表面 $1/10-3/10$ 厚度范围内MnS尺寸,降低距离连铸板坯表面 $3/10-1/2$ 厚度范围内MnS尺寸,缩小MnS尺寸在连铸板坯厚度方向上的差异,促使MnS在连铸板坯厚度方向上分布的均匀化,可降低MnS夹杂物尺寸分布不均带来的危害,显著提高中碳钢产品的质量,操作简单且易实现。

附图说明

[0020] 图1是在中碳钢连铸坯中观察到的凝固前沿被枝晶所捕获的MnS夹杂物;

[0021] 图2是在中碳钢连铸坯厚度方向上检测到的大尺寸MnS夹杂物;

- [0022] 图3是常规连铸条件下中碳钢连铸坯中MnS尺寸沿厚度方向的分布结果；
[0023] 图4是本发明实施例1所得的中碳钢中MnS尺寸沿连铸坯厚度方向的分布结果；
[0024] 图5是本发明实施例2所得的中碳钢中MnS尺寸沿连铸坯厚度方向的分布结果；
[0025] 图6是本发明实施例3所得的中碳钢中MnS尺寸沿连铸坯厚度方向的分布结果；
[0026] 图7是实施例1所得的中碳钢中MnS尺寸沿连铸坯厚度方向检测图对比；
[0027] 图8是实施例2所得的中碳钢中MnS尺寸沿连铸坯厚度方向检测图对比；
[0028] 图9是实施例3所得的中碳钢中MnS尺寸沿连铸坯厚度方向检测图对比。
[0029] 具体实施方法

[0030] 以下结合具体实施例和附图对本发明的一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法作进一步详细说明。

[0031] 热力学计算结果显示含C量为0.45%的中碳钢中MnS开始生成的温度为1416℃，而钢种的液、固相线温度分别为1488℃、1410℃，另一方面，中碳钢连铸板坯凝固前沿枝晶间捕捉到的MnS如图1所示；即理论分析和实验结果均表明中碳钢中MnS是在钢水凝固过程中在枝晶间生成，且能随着凝固前沿枝晶的生长而长大，图2是在连铸板坯厚度方向上检测到的大型MnS，尺寸超过520μm，该类大尺寸MnS夹杂物严重影响其在连铸板坯厚度方向上分布的均匀性，从而对最终产品质量产生显著危害；想要控制中碳钢中MnS的尺寸在连铸板坯厚度方向上的分布，关键就在于控制连铸板坯凝固结构和二冷区不同冷却区间的冷却强度，以达到控制连铸板坯不同厚度处MnS在枝晶间的生成和长大。在常规连铸工艺条件下连铸板坯中MnS尺寸沿厚度方向的分布结果如图3所示，可以看出在距离连铸板坯表面0-3/10厚度范围内，MnS平均尺寸为25μm，而在3/10-1/2厚度范围内的MnS平均尺寸为300μm，后者是前者的12倍，即MnS尺寸在连铸板坯厚度方向上的分布差异性较大，因而必须降低3/10-1/2厚度范围内MnS的尺寸，以减小MnS尺寸在连铸板坯厚度方向上分布的差异性所带来的危害。本发明控制钢水过热度在5-15℃，1-3区内各区比水量在0.035-0.08L/kg，原理为采用低过热度浇注模式结合弱冷模式控制连铸板坯厚度方向上的温度梯度在42-77K/cm，冷却速率在0.08-0.4K/s，从而对连铸板坯凝固结构实现控制，使得柱状晶完全转变为等轴晶，避免钢水凝固过程中在枝晶间生成的MnS夹杂物沿柱状晶方向单一生长，保证MnS在各个方向生长的均匀性，且在4-6区继续使用弱冷模式来降低距离连铸板坯表面1/10-3/10厚度范围内的冷却强度，促进本区域内MnS进行较为充分的生成和长大，从而减少聚集到厚度中心附近的Mn、S元素；而将7-8区内各区比水量控制在0.17-0.22L/kg，目的则为提高距离连铸板坯表面3/10-1/2厚度范围内的冷却强度，减少MnS的生长时间、降低奥氏体晶粒的尺寸，从而使MnS尺寸减小及在奥氏体晶界呈弥散化分布，降低中心S偏析产生的不良影响。总的来说，采用本发明提供的非常规连铸方法，即低过热度+弱冷+凝固末端强冷模式，可以增大距离连铸板坯表面1/10-3/10厚度范围内MnS尺寸，降低距离连铸板坯表面3/10-1/2厚度范围内MnS尺寸，缩小MnS尺寸在连铸板坯厚度方向上的差异，促使MnS在连铸板坯厚度方向上分布的均匀化，可降低MnS夹杂物尺寸分布不均带来的危害，显著提高中碳钢产品的质量，操作简单且易实现。

[0032] 实施例1

[0033] 一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法，包括以下步骤：

[0034] 生产45#碳素结构钢,连铸板坯尺寸为230mm×1200mm,碳含量为0.46%,硫含量为0.004%;采用相同配方的钢,采用相同的方法生产,区别仅在于以下连铸工艺不同:

[0035] 未优化前连铸工艺条件:过热度28℃;各区采用比水量情况,1区0.096L/kg、2区0.13L/kg、3区0.14L/kg、4区0.12L/kg、5区0.1L/kg、6区0.13L/kg、7区0.071L/kg、8区0.11L/kg。

[0036] 采用本发明优化后连铸工艺条件:过热度10℃;各区采用比水量情况,1区0.078L/kg、2区0.075L/kg、3区0.06L/kg、4区0.055L/kg、5区0.036L/kg、6区0.048L/kg、7区0.17L/kg、8区0.22L/kg。

[0037] 冶炼结束后对优化连铸工艺前后对应的连铸坯进行MnS夹杂物检测分析,统计所得MnS平均尺寸沿连铸坯厚度方向上的变化结果如图4所示,检测图对比如图7所示;在距离连铸坯表面1/10-3/10厚度范围内:优化前MnS的平均尺寸约为12μm;优化后MnS的平均尺寸约为35μm;在距离连铸坯表面3/10-1/2厚度范围内:优化前MnS的平均尺寸约为129μm;优化后MnS的平均尺寸为76μm;优化后,MnS平均尺寸在上述两类厚度范围内的差距由原来的10.8倍降低至2.2倍,MnS在连铸坯厚度上的分布更为均匀,可提高材料性能的均匀性。

[0038] 实施例2

[0039] 一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,包括以下步骤:

[0040] 生产45#碳素结构钢,连铸板坯尺寸为230mm×1600mm,碳含量为0.42%,硫含量为0.016%,相同配方的钢,采用相同的方法生产,区别仅在于以下连铸工艺不同:

[0041] 未优化前连铸工艺条件:过热度25℃;各区采用比水量情况,1区0.11L/kg、2区0.12L/kg、3区0.14L/kg、4区0.12L/kg、5区0.1L/kg、6区0.13L/kg、7区0.075L/kg、8区0.1L/kg。

[0042] 采用本发明优化后连铸工艺条件:过热度8℃;各区采用比水量情况,1区0.08L/kg、2区0.078L/kg、3区0.065L/kg、4区0.06L/kg、5区0.038L/kg、6区0.05L/kg、7区0.17L/kg、8区0.22L/kg。

[0043] 冶炼结束后对优化连铸工艺前后对应的连铸坯进行MnS夹杂物检测分析,统计所得MnS平均尺寸沿连铸坯厚度方向上的变化结果如图5所示,检测图对比如图8所示;在距离连铸坯表面1/10-3/10厚度范围内:优化前MnS的平均尺寸为30μm;优化后MnS的平均尺寸为70μm;在距离连铸坯表面3/10-1/2厚度范围内:优化前MnS的平均尺寸为353μm;优化后MnS的平均尺寸为175μm;优化后,MnS平均尺寸在上述两类厚度范围内的差距由原来的11.8倍降低至2.5倍,MnS在连铸坯厚度上的分布更为均匀,可提高材料性能的均匀性。

[0044] 实施例3

[0045] 一种控制中碳钢中硫化锰夹杂物在连铸板坯厚度方向上分布的连铸方法,包括以下步骤:

[0046] 生产45#碳素结构钢,连铸板坯尺寸为230mm×1800mm,碳含量为0.48%;硫含量为0.022%,相同配方的钢,采用相同的方法生产,区别仅在于以下连铸工艺不同:

[0047] 未优化前连铸工艺条件:过热度33℃;各区采用比水量情况,1区0.1L/kg、2区0.13L/kg、3区0.14L/kg、4区0.11L/kg、5区0.1L/kg、6区0.13L/kg、7区0.072L/kg、8区0.11L/kg。

[0048] 优化后连铸工艺条件:过热度 12°C ;各区采用比水量情况,1区 0.079L/kg 、2区 0.076L/kg 、3区 0.062L/kg 、4区 0.058L/kg 、5区 0.038L/kg 、6区 0.048L/kg 、7区 0.17L/kg 、8区 0.21L/kg 。治

[0049] 炼结束后对优化连铸工艺前后对应的连铸坯进行MnS夹杂物检测分析,统计所得MnS平均尺寸沿连铸坯厚度方向上的变化结果如图6所示,检测图对比如图9所示;在距离连铸坯表面 $1/10-3/10$ 厚度范围内:优化前MnS的平均尺寸为 $35\mu\text{m}$;优化后MnS的平均尺寸为 $103\mu\text{m}$;在距离连铸坯表面 $3/10-1/2$ 厚度范围内:优化前MnS的平均尺寸为 $458\mu\text{m}$;优化后MnS的平均尺寸为 $209\mu\text{m}$;优化后,MnS平均尺寸在上述两类厚度范围内的差距由原来的13.1倍降低至2.0倍,MnS在连铸坯厚度上的分布更为均匀,可提高材料性能的均匀性。

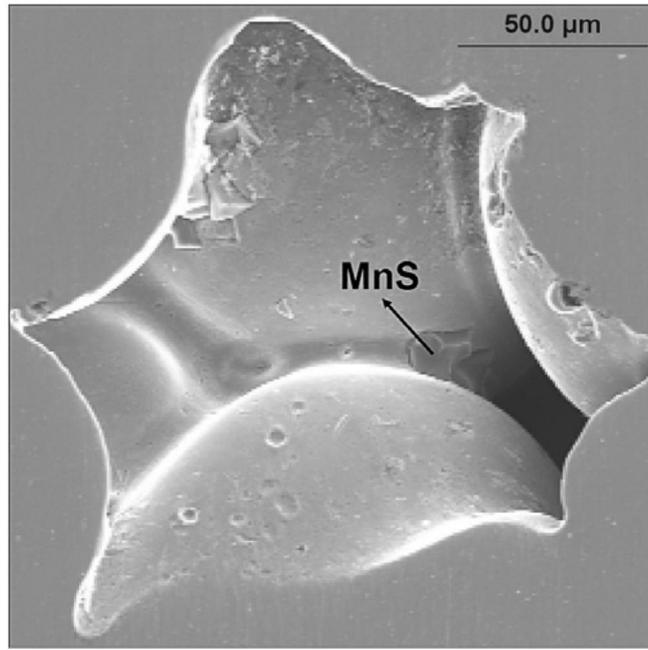


图1

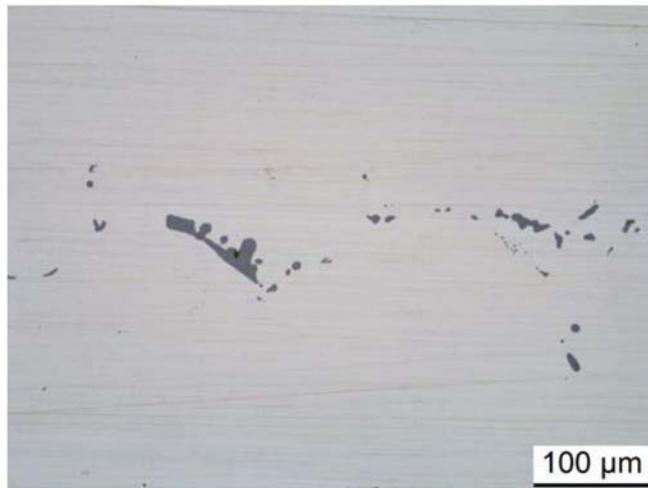


图2

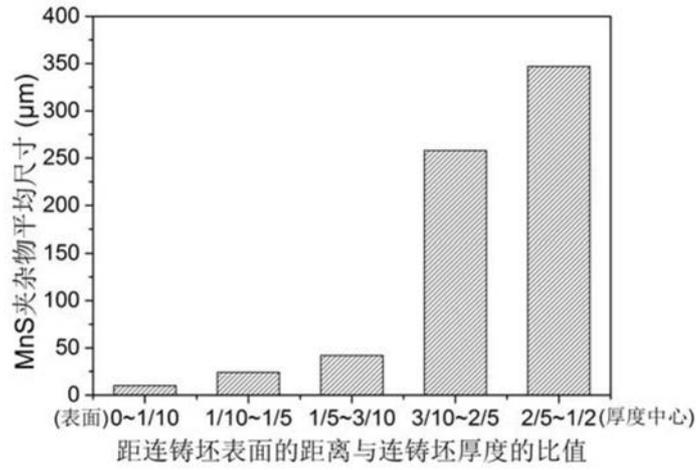


图3

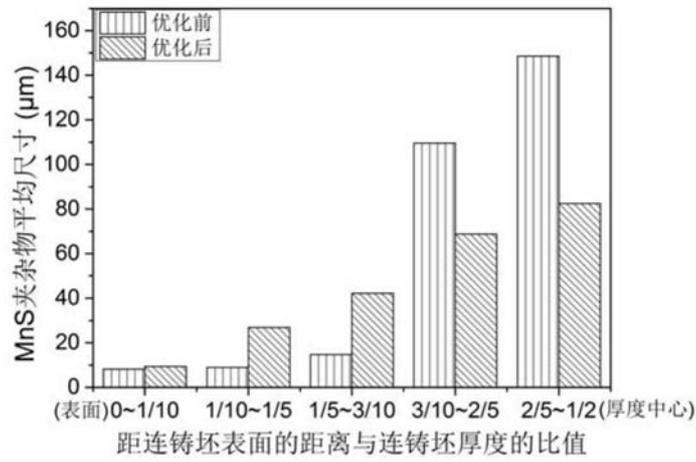


图4

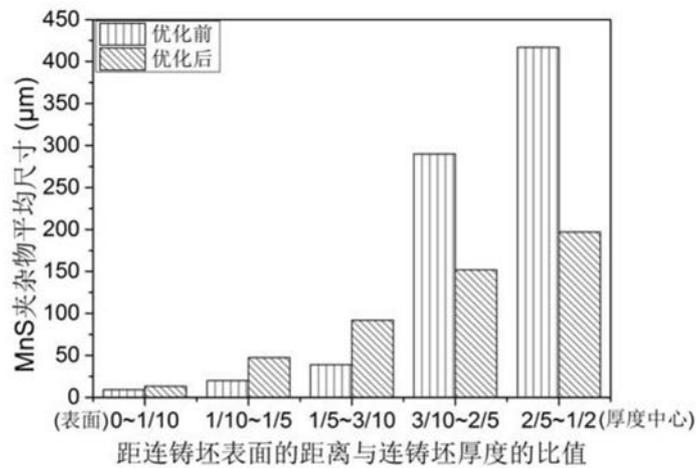


图5

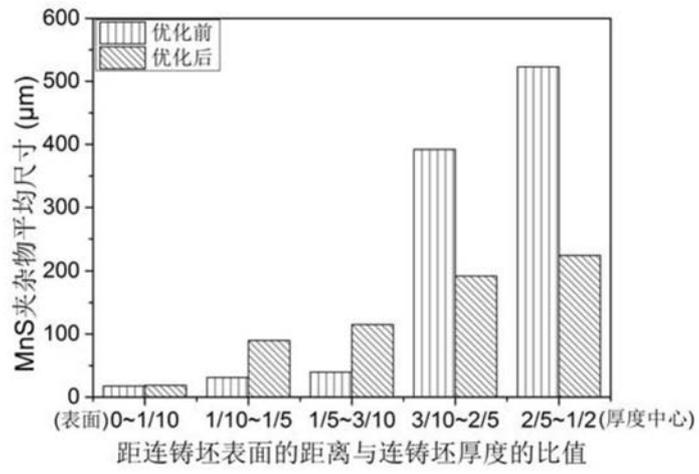


图6

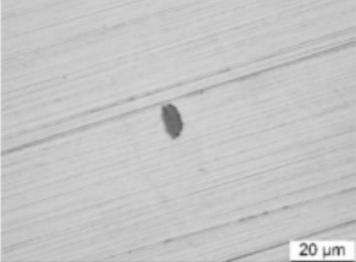
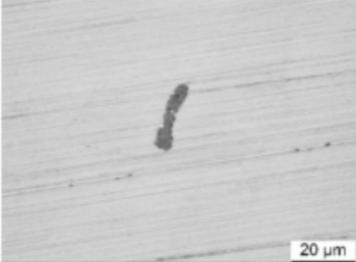
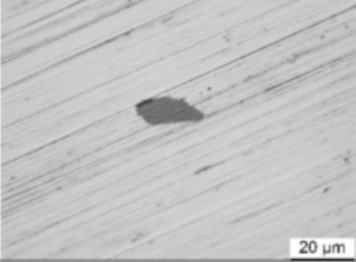
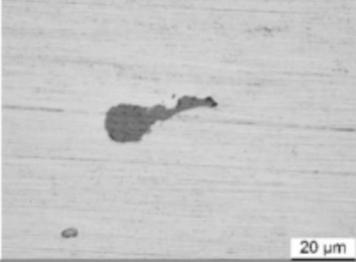
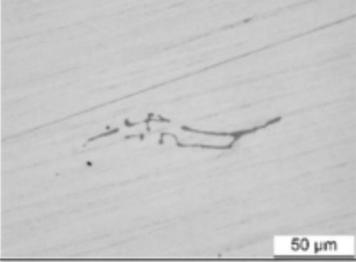
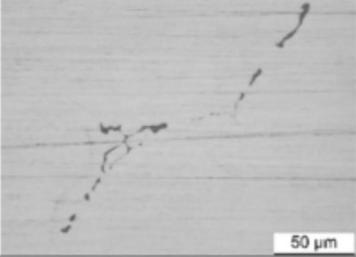
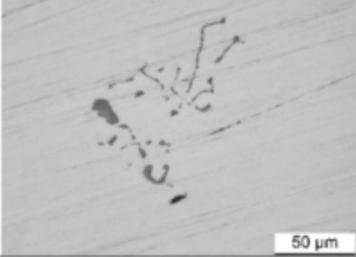
厚度位置	优化前 MnS	优化后 MnS
0~1/10		
1/10~1/5		
1/5~3/10		
3/10~2/5		
2/5~1/2		

图7

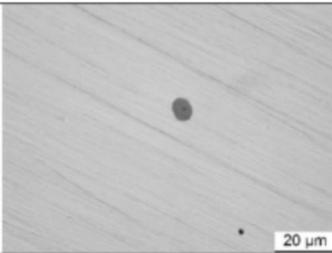
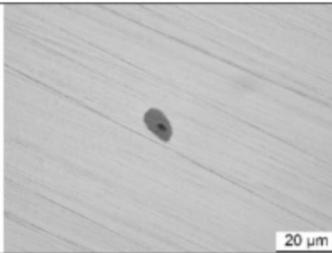
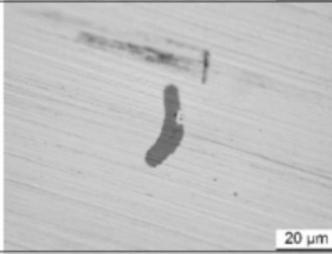
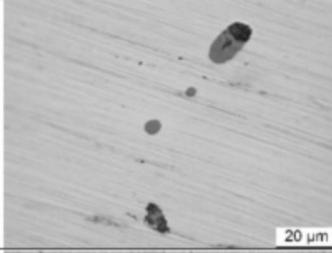
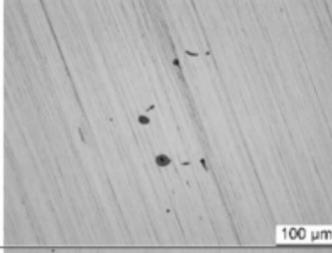
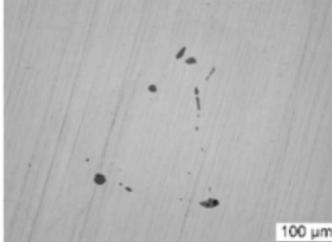
厚度位置	优化前 MnS	优化后 MnS
0~1/10		
1/10~1/5		
1/5~3/10		
3/10~2/5		
2/5~1/2		

图8

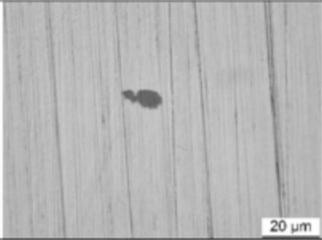
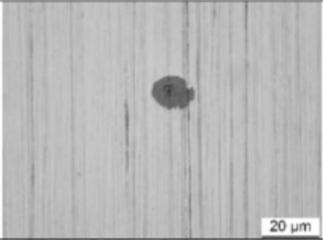
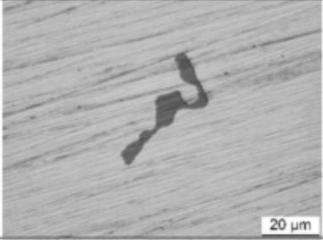
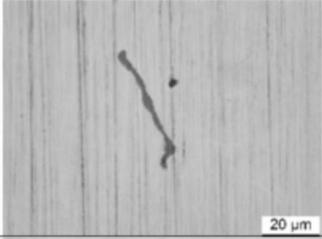
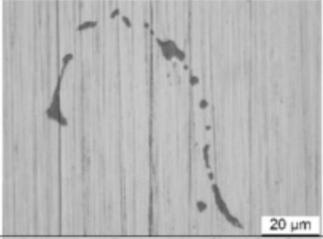
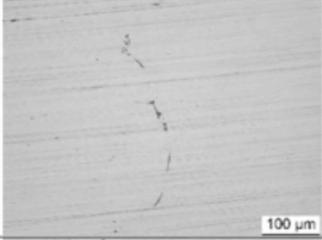
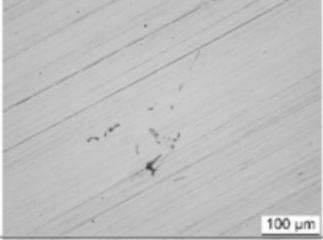
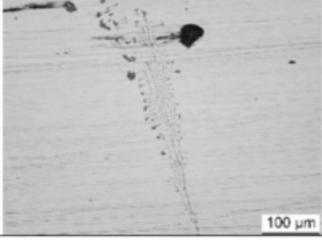
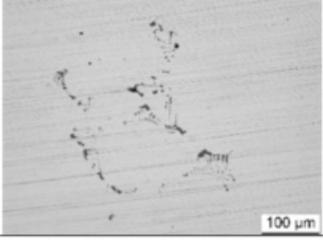
厚度位置	优化前 MnS	优化后 MnS
0~1/10		
1/10~1/5		
1/5~3/10		
3/10~2/5		
2/5~1/2		

图9