



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114905020 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 16

(21) 申请号 202210527510.9

(22) 申请日 2022.05.16

(71) 申请人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

(72) 发明人 包燕平 张孟昀

(74) 专利代理机构 深圳峰诚志合知识产权代理

有限公司 44525

专利代理师 张腾

(51) Int. Cl.

B22D 11/18 (2006.01)

B22D 11/20 (2006.01)

B22D 11/22 (2006.01)

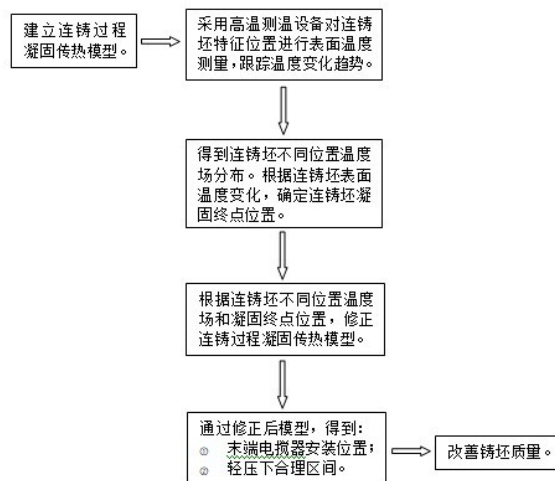
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种修正连铸过程凝固传热模型的方法

(57) 摘要

本发明属于冶金行业连铸技术领域,具体为一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,通过高温测温设备对不同温度测量点的铸坯表面温度进行测量,得到铸坯冷却过程温度场,通过测量获得不同温度测量点的铸坯表面温度,确定沿着铸坯拉坯方向上出现铸坯表面温度保持不变或回升的温度测量点做为铸坯凝固终点位置,通过上述方法能够准确获取铸坯冷却过程温度场及铸坯凝固终点位置,保证凝固传热模型修正后的准确性,根据修正后的连铸过程凝固传热模型确定适宜的铸机拉速,配合合适的末端电搅器安装位置和轻压下区间等工艺参数,改善铸坯质量。



1. 一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1. 根据连铸机设备及工艺参数建立连铸过程凝固传热模型;

S2. 采用高温测温设备对不同温度测量点的铸坯表面温度进行测量,得到铸坯冷却过程温度场;

S3. 同时通过高温测温设备测量得到的不同温度测量点的铸坯表面温度,确定铸坯凝固终点位置;

S4. 利用铸坯冷却过程温度场及铸坯凝固终点位置,对连铸过程凝固传热模型进行修正,用以指导后续的铸坯质量改进。

2. 根据权利要求1所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,所述步骤S2中,所述高温测温设备为红外线高温测温仪。

3. 根据权利要求1所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,所述步骤S2中,在对不同温度测量点的铸坯表面温度进行测量时,需保证连铸机生产状态稳定,所测得的温度场应与此时连铸机的生产参数相对应。

4. 根据权利要求1所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,所述步骤S2中,所述温度测量点均设置在出二冷室之后,测量时需清除高温铸坯上的氧化铁皮。

5. 根据权利要求1所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,所述步骤S2中,测量铸坯表面温度时需使高温测温设备测温部件与铸坯温度测量面保持垂直。

6. 根据权利要求1所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,所述步骤S3中,所述确定铸坯凝固终点位置的方法为:

通过测量获得不同温度测量点的铸坯表面温度,确定沿着铸坯拉坯方向上出现铸坯表面温度保持不变或回升的温度测量点,则此温度测量点为铸坯凝固终点位置。

7. 根据权利要求1所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,所述步骤S4中,所述对连铸过程凝固传热模型进行修正具体为:

通过测量获得连铸坯冷却过程的表面温度,将测量得到的铸坯冷却过程温度场与连铸过程凝固传热模型计算的理论温度场进行比较;

将得到的铸坯凝固终点位置与凝固传热模型计算的铸坯凝固终点位置进行比较;

根据比较结果对铸坯凝固传热模型中的相关参数进行修正。

8. 根据权利要求1所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,其特征在于,所述步骤S4中,用以指导后续的铸坯质量改进具体为:

根据修正后的连铸过程凝固传热模型确定适宜的铸机拉速,配合合适的包括末端电搅器安装位置和轻压下区间的工艺参数,改善铸坯质量。

一种修正连铸过程凝固传热模型的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金行业连铸技术领域,具体为一种修正连铸过程凝固传热模型的方法。

背景技术

[0002] 随着钢铁行业的不断发展,中高端产品的需求量逐年加大,对钢材的产品质量要求也越来越高。连铸作为炼钢和轧钢的衔接工序,其生产铸坯质量的好坏直接影响着产品的最终性能。

[0003] 连铸工序是液态钢液转化为固态钢坯的过程,很难通过仪器对铸坯凝固过程中的相关参数进行测量,故此时需要建立适合于连铸机的凝固传热模型。除此以外,为提高铸坯的质量,末端电磁搅拌和轻压下/重压下工艺被广泛应用于连铸的生产过程中,但上述工艺的实施需匹配合理的工艺参数才可以发挥最大作用,而工艺参数的制定也需要通过凝固传热模型进行制定。

[0004] 综上所述,连铸过程凝固传热模型的准确性是指导连铸生产的前提,更是制定连铸过程工艺参数、保证铸坯质量的先决条件。在凝固传热模型的修正过程中,连铸坯冷却过程温度场及凝固终点位置是最重要的两个参数指标,若能准确得到上述两指标,则可保证凝固传热模型修正后的准确性。上述两个指标中,又以铸坯凝固终点位置的确定最为困难。

[0005] 目前,对于连铸过程凝固传热模型的修正有多种方法。例如:连铸生产时加大电磁搅拌强度,使铸坯低倍组织中出现白亮带,通过计算得到铸坯的凝固终点位置,进而修正模型参数。连铸生产时通过加大轻压下辊的压下量使铸坯内部产生裂纹,通过计算得到铸坯的凝固终点位置,进而修正模型参数。随着冶金技术的发展,目前也可采用压力反馈或超声检测法得到铸坯凝固终点位置,而后对凝固传热模型进行修正。但上述方法的应用,会对铸坯质量产生较大影响且样品的加工也需要较长时间;或是需要额外购置检测设备,无形中提高了生产成本。因此,亟需一种快速准确修正凝固传热模型的方法。

发明内容

[0006] 本发明的主要目的是提出一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,能够准确获取连铸坯冷却过程温度场及凝固终点位置,保证凝固传热模型修正后的准确性。

[0007] 为解决上述技术问题,根据本发明的一个方面,本发明提供了如下技术方案:

[0008] 一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,包括如下步骤:

[0009] S1. 根据连铸机设备及工艺参数建立连铸过程凝固传热模型;

[0010] S2. 采用高温测温设备对不同温度测量点的铸坯表面温度进行测量,得到铸坯冷却过程温度场;

[0011] S3. 同时通过高温测温设备测量得到的不同温度测量点的铸坯表面温度,确定铸坯凝固终点位置;

[0012] S4. 利用铸坯冷却过程温度场及铸坯凝固终点位置,对连铸过程凝固传热模型进

行修正,用以指导后续的铸坯质量改进。

[0013] 作为本发明所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法的优选方案,其中:所述步骤S2中,所述高温测温设备为红外线高温测温仪。

[0014] 作为本发明所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法的优选方案,其中:所述步骤S2中,在对不同温度测量点的铸坯表面温度进行测量时,需保证连铸机生产状态稳定,所测得的温度场应与此时连铸机的生产参数相对应。

[0015] 作为本发明所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法的优选方案,其中:所述步骤S2中,温度测量点均设置在出二冷室之后,二冷室内受冷却水雾、水汽的影响,测量环境恶劣,在出二冷室之后进行测温消除水雾、水汽对测温结果的影响;测量时需清除高温铸坯上的氧化铁皮,以保证测量数据的准确性。

[0016] 作为本发明所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法的优选方案,其中:所述步骤S2中,测量铸坯表面温度时需使高温测温设备测温部件与铸坯温度测量面保持垂直,以提高测量结果的准确性。

[0017] 作为本发明所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法的优选方案,其中:所述步骤S3中,所述确定铸坯凝固终点位置的方法为:

[0018] 通过测量获得不同温度测量点的铸坯表面温度,确定沿着铸坯拉坯方向上出现铸坯表面温度保持不变或回升的温度测量点,则此温度测量点为铸坯凝固终点位置。

[0019] 作为本发明所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法的优选方案,其中:所述步骤S4中,所述对连铸过程凝固传热模型进行修正具体为:

[0020] 通过测量获得连铸坯冷却过程的表面温度,将测量得到的铸坯冷却过程温度场与连铸过程凝固传热模型计算的理论温度场进行比较;

[0021] 将得到的铸坯凝固终点位置与凝固传热模型计算的铸坯凝固终点位置进行比较;

[0022] 根据比较结果对铸坯凝固传热模型中的相关参数进行修正。

[0023] 作为本发明所述的一种修正连铸过程凝固传热模型的方法的优选方案,其中:所述步骤S4中,用以指导后续的铸坯质量改进具体为:

[0024] 根据修正后的连铸过程凝固传热模型确定适宜的铸机拉速,配合合适的包括末端电搅器安装位置和轻压下区间的工艺参数,改善铸坯质量。

[0025] 本发明的有益效果如下:

[0026] 本发明提出一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,通过高温测温设备对不同温度测量点的铸坯表面温度进行测量,得到铸坯冷却过程温度场,通过测量获得不同温度测量点的铸坯表面温度,确定沿着铸坯拉坯方向上出现铸坯表面温度保持不变或回升的温度测量点为铸坯凝固终点位置,通过上述方法能够准确获取铸坯冷却过程温度场及铸坯凝固终点位置,保证凝固传热模型修正后的准确性,根据修正后的连铸过程凝固传热模型确定适宜的铸机拉速,配合合适的包括末端电搅器安装位置和轻压下区间的工艺参数,改善铸坯质量。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本

发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图示出的结构获得其他的附图。

[0028] 图1为本发明修正方法流程图;

[0029] 图2为本发明铸坯传热示意图;

[0030] 图3为未进行实施例1所述修正的铸坯质量图;

[0031] 图4为本发明实施例1铸坯质量图;

[0032] 图5为未进行实施例2所述修正的铸坯质量图;

[0033] 图6为本发明实施例2铸坯质量图。

[0034] 本发明目的的实现、功能特点及优点将结合实施例,参照附图做进一步说明。

具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0036] 本发明提供一种修正连铸过程凝固传热模型的方法,如图1所示,通过高温测温设备对不同温度测量点的铸坯表面温度进行测量,得到铸坯冷却过程温度场,通过测量获得不同温度测量点的铸坯表面温度,确定沿着铸坯拉坯方向上出现铸坯表面温度保持不变或回升的温度测量点为铸坯凝固终点位置,通过上述方法能够准确获取铸坯冷却过程温度场及铸坯凝固终点位置,保证凝固传热模型修正后的准确性。根据修正后的连铸过程凝固传热模型确定适宜的铸机拉速,配合合适的包括末端电揽器安装位置和轻压下区间等工艺参数,改善铸坯质量。

[0037] 对于本发明中确定沿着铸坯拉坯方向上出现铸坯表面温度保持不变或回升的温度测量点为铸坯凝固终点位置,这是由于发明人研究发现,假设铸坯断面尺寸为 $160 \times 160\text{mm}$,凝固末端拉坯方向上两相区厚度为 10mm (实际远大于此长度),如图2所示。拉坯方向绝热,高碳钢凝固潜热一般选择为 270J/g ,钢坯密度为 $7.00 \times 10^{-3}\text{g/mm}^3$ 。铸坯传热示意图如图2所示。

[0038] (1) 计算潜热释放产生的热量:

[0039] 铸坯凝固末期糊状区体积约为 $V=10 \times 10 \times 10=1000\text{mm}^3$

[0040] 铸坯凝固末期糊状区重量约为 $m=V \times \rho=1000 \times 7.00 \times 10^{-3}=7\text{g}$

[0041] 潜热释放产生的热量约为 $Q_1=m \times L_f=7 \times 270=1890\text{J}$

[0042] (2) 计算四个面辐射换热损失的热量:

[0043] 假设铸坯表面温度为 1000°C (一般凝固末期温度不会高于 1000°C),环境温度 30°C ,根据辐射换热公式计算单位面积上辐射热量为

[0044] $q=0.8 \times 5.68 \times 10^{-8} \times [(1000+273)^4 - (30+273)^4] = 118738\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

[0045] 则图2中四个面辐射释放的总热量为 $Q_2=4 \times 0.16 \times 0.01 \times q=760\text{J}$

[0046] 由上述计算可知, Q_1 大于 Q_2 ,说明凝固潜热释放的热量完全可以弥补辐射换热失去的热量,体现在铸坯上即表面温度保持不变或回升。

[0047] 实施例1

[0048] 本发明所述修正连铸过程凝固传热模型的方法,用于某厂连铸工艺为四机四流 Φ 220mm圆坯连铸,生产钢种为27Mn2Cr,铸坯拉速1.3m/min,具体包括如下步骤:

[0049] S1.根据设备及工艺参数建立生产过程凝固传热模型;

[0050] S2.使用红外线高温测温仪对铸坯出二冷区后的不同温度测量点进行测温,得到铸坯冷却过程温度场见表1所示;

[0051] 表1实施例1出二冷区后的不同温度测量点温度

测温位置	未搅前	未搅后	1#辊前	1#辊后	2#辊前	2#辊后	3#辊前	3#辊后
	距弯月面距离/m	11.64	12.64	16.54	17.54	19.54	20.54	22.54
温度/ $^{\circ}\text{C}$	1013	1016	1000	989	978	966	953	944

[0052] [0053] S3.由表1可知,当铸坯运动到未搅后(即距弯月面约12.64m)位置时,铸坯表面温度出现回升,故确定该温度测量点为铸坯凝固终点位置。

[0054] S4.将得到的铸坯冷却过程温度场和确定的铸坯凝固终点位置与连铸过程凝固传热模型计算的理论温度场和铸坯凝固终点位置进行对比,根据比较结果修正模型中的部分参数(如两相区比热、热导率、边界换热条件等),提高连铸过程凝固传热模型的准确性。

[0055] 根据连铸过程凝固传热模型的计算结果,确定末端电搅合理的压下位置。由连铸坯表面温度变化规律,结合修正后的凝固传热模型计算结果,铸坯拉速1.3/min时,到达末端电搅位置时铸坯已接近完全凝固,故末端电搅对铸坯内部质量的改善效果不明显。由于末端电搅器位置已固定,故可通过提高铸坯拉速的方式,降低铸坯到达末端电搅位置时的凝固率,使末端电搅起到改善铸坯内部质量的效果。

[0056] 由图3-4可知,通过此方法修正的凝固传热模型,调整铸机拉速后,铸坯内部缩孔消失,中心碳偏析得到明显改善。

[0057] 实施例2

[0058] 本发明所述修正连铸过程凝固传热模型的方法,用于某厂连铸工艺为四机四流300 \times 400mm大方坯连铸,生产钢种为20CrMo,铸坯拉速0.40m/min,具体包括如下步骤:

[0059] S1.根据设备及工艺参数建立生产过程凝固传热模型;

[0060] S2.使用红外线高温测温仪对铸坯出二冷区后的不同温度测量点进行测温,得到铸坯冷却过程温度场见表1所示;

[0061] 表2实施例2出二冷区后的不同温度测量点温度

测温位置	2#辊前	2#辊后	3#辊前	3#辊后	4#辊前	4#辊后	5#辊前	5#辊后	6#辊前
[0062] 距弯月面距离/m	14.73	15.73	16.05	17.05	18.56	19.56	19.81	20.81	21.06
温度/°C	952	945	935	922	906	902	906	892	971

[0063] S3. 由表1可知,当铸坯运动到5#辊前(即距弯月面约19.81m)位置时,铸坯表面温度出现回升,故确定该温度测量点为铸坯凝固终点位置。

[0064] S4. 将得到的铸坯冷却过程温度场和确定的铸坯凝固终点位置与连铸过程凝固传热模型计算的理论温度场和铸坯凝固终点位置进行对比,根据比较结果修正模型中的部分参数(如两相区比热、热导率、边界换热条件等),提高连铸过程凝固传热模型的准确性。

[0065] 根据连铸过程凝固传热模型的计算结果,确定该钢种连铸坯轻压下的合理压下位置。由连铸坯表面温度变化规律,结合修正后的凝固传热模型计算结果。现工艺条件下,轻压下合理区间为2-5#辊,压下量可设定为“1mm-2mm-3mm-2mm”。

[0066] 由图5-6可知,通过此方法修正的凝固传热模型,调整连铸机轻压下区间后,铸坯内部裂纹消失,内部质量得到了明显改善。

[0067] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是在本发明的发明构思下,利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变换,或直接/间接运用在其他相关的技术领域均包括在本发明的专利保护范围内。

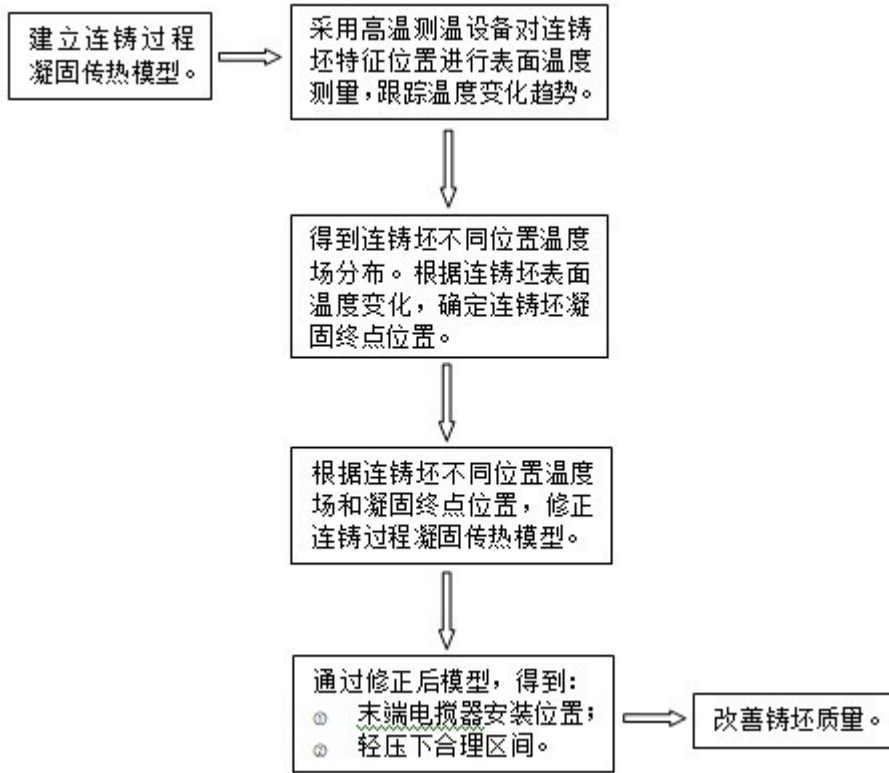


图1

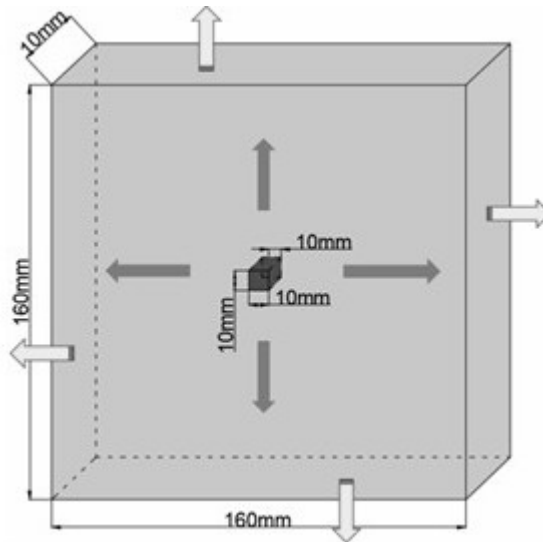


图2

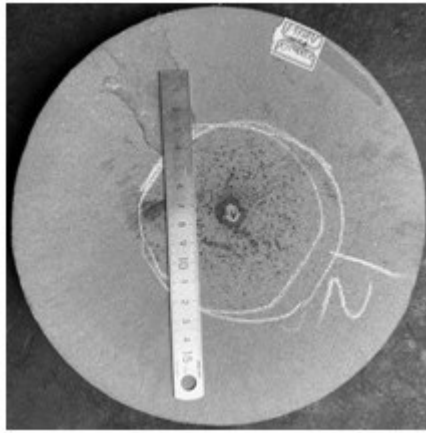


图3

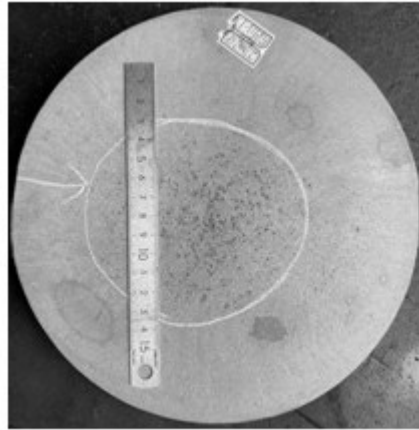


图4

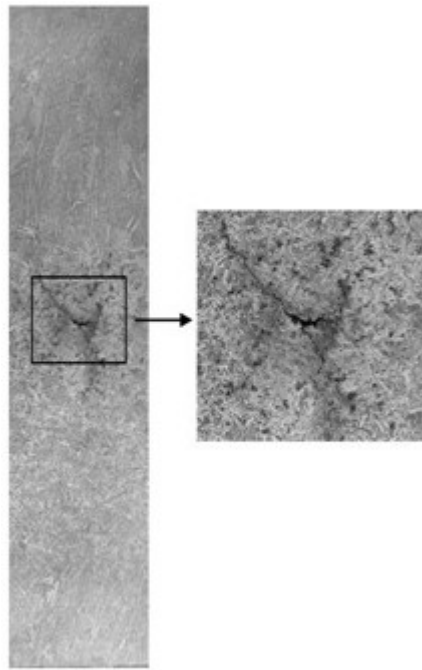


图5

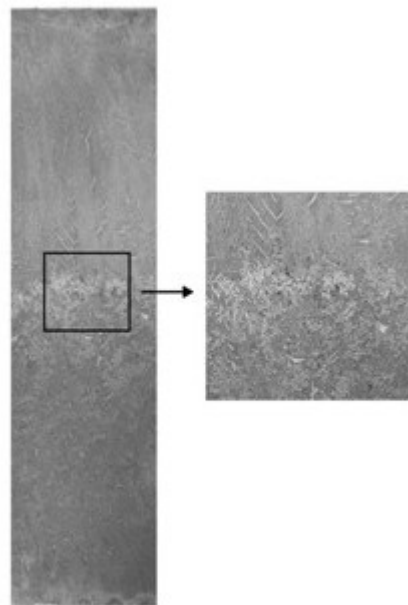


图6