



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113444972 A

(43) 申请公布日 2021.09.28

(21) 申请号 202110710198.2 *C22C 38/18* (2006.01)  
(22) 申请日 2021.06.25 *C22C 38/38* (2006.01)  
(71) 申请人 攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司 *C23C 2/06* (2006.01)  
地址 617000 四川省攀枝花市东区桃源街 *C23C 2/40* (2006.01)  
90号 *B21B 3/02* (2006.01)  
*B21B 37/00* (2006.01)  
*B21B 37/74* (2006.01)  
*B21B 37/76* (2006.01)  
(72) 发明人 余灿生 张达富 郑之旺 王敏莉  
郑昊青 苏冠侨  
(74) 专利代理机构 成都虹桥专利事务所(普通  
合伙) 51124  
代理人 罗贵飞  
(51) Int. Cl.  
*C22C 38/02* (2006.01)  
*C22C 38/04* (2006.01)  
*C22C 38/06* (2006.01)

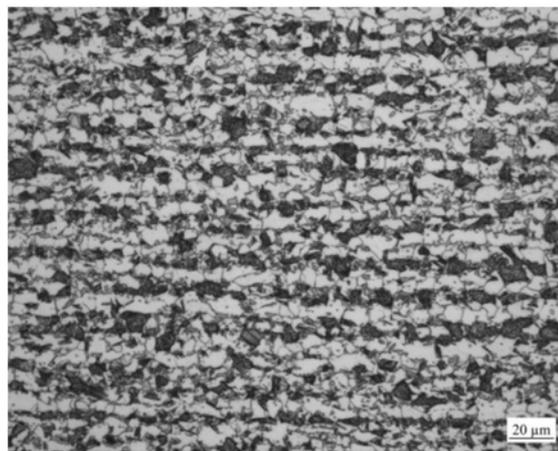
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

低成本600MPa级热镀锌复相钢板及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低成本600MPa级热镀锌复相钢板及其制备方法,属于冷轧板带生产技术领域。低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其化学成分按重量百分比为:C0.06-0.12%,Si0.10-0.50%,Mn1.50-1.80%, $P \leq 0.020\%$ , $S \leq 0.010\%$ ,Als0.015-0.070%, $N \leq 0.0060\%$ ,Cr0.20-0.50%,其余为Fe及不可避免的杂质;其制备方法包括冶炼、热轧、酸轧、热镀锌等工序。本发明通过成分与工艺的合理匹配,制备得到的钢板屈服强度为320-380MPa,抗拉强度为610-660MPa,伸长率 $A_{80}$ 为20.0-29.0%、扩孔率为60.0-75.0%,本发明工艺控制简单,生产成本低,可有效解决现有600MPa级热镀锌复相钢板力学性能较差的问题。



1. 低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其特征在于,其化学成分按重量百分比为:C0.06-0.12%,Si0.10-0.50%,Mn1.50-1.80%, $P \leq 0.020\%$ , $S \leq 0.010\%$ ,Als0.015-0.070%, $N \leq 0.0060\%$ ,Cr0.20-0.50%,其余为Fe及不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其特征在于,其化学成分按重量百分比为:C0.08-0.10%,Si0.20-0.35%,Mn1.60-1.75%,Als0.03-0.06%, $P \leq 0.010\%$ , $S \leq 0.005\%$ , $N \leq 0.003\%$ ,Cr0.35-0.40%,其余为Fe及不可避免的杂质。

3. 根据权利要求1所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其特征在于:所述钢板的显微组织由55-65%的铁素体、15-20%呈岛状分布的马氏体及15-30%的贝氏体构成。

4. 根据权利要求3所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其特征在于:所述铁素体的平均晶粒尺寸为10.0 $\mu\text{m}$ ,马氏体的平均晶粒尺寸为3.5 $\mu\text{m}$ ,贝氏体的平均晶粒尺寸为7.0 $\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其特征在于:所述钢板的屈服强度为320-380MPa,抗拉强度为610-660MPa,伸长率 $A_{80}$ 为20.0-29.0%、扩孔率为60.0-75.0%。

6. 如权利要求1-5任一项所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板的制备方法,其特征在于包括如下步骤:

a. 冶炼工序:根据低成本600MPa级热镀锌复相钢板的化学成分冶炼,铸造成板坯;

b. 热轧工序:将板坯经过加热、除磷、粗轧、精轧和层流冷却后获得热轧卷,控制终轧温度为900-950 $^{\circ}\text{C}$ ,层流冷却采用稀疏冷却方式,上下表面冷却速率分别为60-70%和90-100%,卷取温度为550-600 $^{\circ}\text{C}$ ;

c. 酸轧工序:将热轧卷酸洗后冷轧得到薄带钢,控制钢带厚度为0.7-2.5mm,压下率为55-79%;

d. 热镀锌工序:先将薄带钢以15-20 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 、4-10 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 和0.5-3 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率分段加热至300 $^{\circ}\text{C}$ 、700 $^{\circ}\text{C}$ 和760-780 $^{\circ}\text{C}$ ,然后以1-5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 冷却至600-660 $^{\circ}\text{C}$ ,再以10-25 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率快冷却至450-470 $^{\circ}\text{C}$ ,然后进入锌池镀锌。

7. 根据权利要求5所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板的制备方法,其特征在于:步骤c中,冷轧薄带钢厚度规格每增加0.3mm,冷轧压下率降低3-5%。

8. 根据权利要求5所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板的制备方法,其特征在于:步骤d中,加热时采用预氧化-还原技术,加热结束后需均热保温25-90s。

9. 根据权利要求5所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板的制备方法,其特征在于:步骤d中,快冷结束后,均衡保温进入锌池镀锌10-40s,出锌池后以 $\geq 5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却至室温。

10. 根据权利要求5所述的低成本600MPa级热镀锌复相钢板的制备方法,其特征在于:步骤d中,机组速度为70-160m/min,其冷轧薄带钢厚度规格每增加0.3mm,机组速度降低13-17m/min。

## 低成本600MPa级热镀锌复相钢板及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于冷轧板带生产技术领域,涉及采用连续热镀锌生产的热镀锌复相钢,具体涉及一种低成本600MPa级热镀锌复相钢板及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 近年来随着汽车行业的发展和节能减排的需要,汽车用钢逐渐向高强度钢发展,同时高强度钢应用的折弯翻边等成形零件日益增多。传统的高强钢主要为双相钢,其组织主要由较软的铁素体基体和强度较高的马氏体组成,这种组织的性能特点为较低的屈强比、较高的强度等,适合进行冲压成形零件的生产;但由于铁素体和马氏体软硬相硬度差较大,其弯曲性能和扩孔性能较低,不能满足扩孔翻边、翻折弯成形零件的生产。因此,需要在铁素体+马氏体两相外引入贝氏体,同时将马氏体弥散分布在铁素体基体上,确保材料的强度同时,改善折弯性能和扩孔性能,以满足翻边、折弯成形零件的要求,可被用于制造具有复杂形状的工件。

[0003] 2014年3月12日公开的专利CN103627953A一种对等温时间不敏感的含铝复相钢及其生产方法(600MPa强度级别),其按重量百分比计的化学成分为:C 0.15-0.17%、Si 0.10-0.20%、Mn 1.45-1.55%、 $P \leq 0.015\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、Al 1.20-1.40%、 $N \leq 0.0060\text{wt}\%$ ,余量为Fe及不可避免的杂质。其轧制工艺采用860-900℃终轧、640-680℃卷取、冷轧压下率为60-70%;镀锌采用790-810℃均热、缓冷温度为710-730℃,锌锅温度为460-480℃。该发明采用了较高的C含量,不利于成形及焊接性能,较高的Al含量会造成冶炼过程中连铸困难、钢制纯净度下降,热轧氧化铁皮难以洗净、热镀锌表面质量差的问题。

[0004] 2016年9月21日公开的专利CN105950984A抗拉强度650MPa级热轧复相钢及其生产方法,其按重量百分比计的化学成分为:C 0.06-0.10%、 $Si \leq 0.3\%$ 、Mn 0.90-1.30%、 $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.008\%$ 、Als 0.020-0.070%、Nb 0.01-0.03%,余量为Fe及不可避免杂质。加热温度控制在1250-1300℃,加热在炉时间160-200min;粗轧结束温度在1080-1120℃,控制精轧终轧温度在800-880℃。采用五段式控制冷却工艺:第一段冷却速度为80-180℃/s,冷却至680-720℃,第二段冷却速度为3-8℃/s,冷却至630-680℃,第三段冷却速度为30-100℃/s,冷却至410-450℃,第四段冷却速度为3-8℃/s,冷却至380-430℃,第五段冷却速度为30-100℃/s,冷却至100-250℃;其中,第一段、第三段、第五段采用水冷,第二段、第四段采用空冷。该专利采用的五段式冷却工艺复杂生产难度大,尤其是第一段冷却冷速要求80-180℃/s冷却强度非常高,第三和第五段的冷速要求也很高,不利于在常规机组推广。此外,其为热轧产品,在产品厚度精度、表面质量等较差。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是现有600MPa级热镀锌复相钢板力学性能较差的问题。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:低成本600MPa级热镀锌复相钢板,

其化学成分按重量百分比为:C 0.06-0.12%,Si 0.10-0.50%,Mn 1.50-1.80%, $P \leq 0.020\%$ , $S \leq 0.010\%$ ,Als 0.015-0.070%, $N \leq 0.0060\%$ ,Cr 0.20-0.50%,其余为Fe及不可避免的杂质。

[0007] 进一步的是,上述低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其化学成分按重量百分比为:C 0.08-0.10%,Si 0.20-0.35%,Mn 1.60-1.75%,Als 0.03-0.06%, $P \leq 0.010\%$ , $S \leq 0.005\%$ , $N \leq 0.003\%$ ,Cr 0.35-0.40%,其余为Fe及不可避免的杂质。

[0008] 上述低成本600MPa级热镀锌复相钢板的显微组织由55-65%的铁素体、15-20%呈岛状分布的马氏体及15-30%的贝氏体构成。

[0009] 进一步的是,上述铁素体的平均晶粒尺寸为10.0 $\mu\text{m}$ ,马氏体的平均晶粒尺寸为3.5 $\mu\text{m}$ ,贝氏体的平均晶粒尺寸为7.0 $\mu\text{m}$ 。

[0010] 上述低成本600MPa级热镀锌复相钢板的屈服强度为320-380MPa,抗拉强度为610-660MPa,伸长率 $A_{80}$ 为20.0-29.0%、扩孔率为60.0-75.0%。

[0011] 上述低成本600MPa级热镀锌复相钢板的制备方法,包括如下步骤:

[0012] a. 冶炼工序:根据低成本600MPa级热镀锌复相钢板的化学成分冶炼,铸造成板坯;

[0013] b. 热轧工序:将板坯经过加热、除磷、粗轧、精轧和层流冷却后获得热轧卷,控制终轧温度为900-950 $^{\circ}\text{C}$ ,层流冷却采用稀疏冷却方式,上下表面冷却速率分别为60-70%和90-100%,卷取温度为550-600 $^{\circ}\text{C}$ ;

[0014] c. 酸轧工序:将热轧卷酸洗后冷轧得到薄带钢,控制钢带厚度为0.7-2.5mm,压下率为55-79%;

[0015] d. 热镀锌工序:先将薄带钢以15-20 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 、4-10 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 和0.5-3 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率分段加热至300 $^{\circ}\text{C}$ 、700 $^{\circ}\text{C}$ 和760-780 $^{\circ}\text{C}$ ,然后以1-5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 冷却至600-660 $^{\circ}\text{C}$ ,再以10-25 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率快冷却至450-470 $^{\circ}\text{C}$ ,然后进入锌池镀锌。

[0016] 上述步骤c中,冷轧薄带钢厚度规格每增加0.3mm,冷轧压下率降低3-5%。

[0017] 上述步骤d中,加热时采用预氧化-还原技术,加热结束后需均热保温25-90s。

[0018] 上述步骤d中,快冷结束后,均衡保温进入锌池镀锌10-40s,出锌池后以 $\geq 5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却至室温。

[0019] 上述步骤d中,机组速度为70-160m/min,其冷轧薄带钢厚度规格每增加0.3mm,机组速度降低13-17m/min。

[0020] 本发明的有益效果是:本发明设计的低成本600MPa级热镀锌复相钢板成分中C和Si能固溶于铁素体和奥氏体中提高钢的强度,Mn能在常规连续退火/镀锌作业线的冷却速率能力范围内提高淬透性;Al是强脱氧元素,可保证钢中氧含量尽可能的低,同时还能细化晶粒;Cr在复相钢中一方面起到了固溶强化的作用,另一方面可通过改变钢的相变温度以及改变马氏体的形态和分布,来提高钢的强度和塑性,本发明通过成分与工艺的合理匹配,使钢具有优异的力学性能。

[0021] 本发明采用的终轧温度使最终变形在奥氏体化温度内,有效可避免混晶而降低产品性能;采用较低的卷曲温度能避免含V第二相在热轧过程中析出,尽量使其在退火过程中析出达到沉淀强化的效果,同时该卷曲温度处于贝氏体转变区,能细化晶粒并降低带状组织;控制冷轧压下率能使带钢的微观组织破碎积攒形变储能,在热处理过程中便于奥氏体化再结晶。

[0022] 本发明的热镀锌工序中,加热采用了预氧化-还原功能,能够很好的控制析出元素,改变合金元素的内外氧化情况,从而可适当添加Si含量而不会造成镀层表面质量的恶化,同时也是为了使变形的组织再结晶和部分奥氏体化,镀锌退火(两相区)是为了控制铁素体与奥氏体的比例;采用本发明的冷却速率缓冷至600-660℃能将部分奥氏体转变为取向附生铁素体同时实现剩余奥氏体C及合金元素的富集;快冷至450-470℃能使钢带组织快速进入贝氏体转变温区,防止珠光体的生成;均衡保温后镀锌10-40s是便于贝氏体的产生,同时将锌层涂镀到带钢上;镀锌后以 $\geq 5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速率冷却可将残余奥氏体转变为马氏体。

[0023] 本发明的低成本600MPa级热镀锌复相钢板,通过化学成分的设计与工艺配合,共同作用影响钢材的微观组织从而产生相应的力学性能,本发明的钢板屈服强度为320-380MPa,抗拉强度为610-660MPa,伸长率 $A_{80}$ 为20.0-29.0%、扩孔率为60.0-75.0%;其显微组织由55-65%的铁素体、15-20%呈岛状分布的马氏体及15-30%的贝氏体构成,本发明制备的钢板成分不使用Mo、Nb、Ni等贵金属元素,工艺控制简单,生产成本低。

### 附图说明

[0024] 图1为实施例1的金相组织图。

[0025] 图2为实施例1的电子扫描图。

### 具体实施方式

[0026] 本发明的技术方案,具体可以按照以下方式实施。

[0027] 低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其化学成分按重量百分比为:C 0.06-0.12%, Si 0.10-0.50%, Mn 1.50-1.80%,  $P \leq 0.020\%$ ,  $S \leq 0.010\%$ , Al<sub>s</sub> 0.015-0.070%,  $N \leq 0.0060\%$ , Cr 0.20-0.50%,其余为Fe及不可避免的杂质。

[0028] Si含量过高时,会在加热炉中形成难去除的表面氧化铁皮,增加除磷难度,同时在退火中易向表面富集形成 $\text{SiO}_2$ ,导致漏镀等表面缺陷;Mn含量过高时,易在退火过程中向表面富集,形成大量锰化物,从而导致表面镀锌质量下降;AlN最主要的作用是细化晶粒并得到抗时效性,当Al<sub>s</sub>含量不足0.010%时,不能发挥其效果;但添加多量的铝容易形成氧化铝团块;Cr是推迟贝氏体转变最有效的元素,它推迟贝氏体相变的作用要比推迟珠光体相变的作用大得多。因此优选的是,上述低成本600MPa级热镀锌复相钢板,其化学成分按重量百分比为:C 0.08-0.10%, Si 0.20-0.35%, Mn 1.60-1.75%, Al<sub>s</sub> 0.03-0.06%,  $P \leq 0.010\%$ ,  $S \leq 0.005\%$ ,  $N \leq 0.003\%$ , Cr 0.35-0.40%,其余为Fe及不可避免的杂质。

[0029] 上述低成本600MPa级热镀锌复相钢板的屈服强度为320-380MPa,抗拉强度为610-660MPa,伸长率 $A_{80}$ 为20.0-29.0%、扩孔率为60.0-75.0%,其显微组织由55-65%的铁素体(平均晶粒尺寸为10.0 $\mu\text{m}$ )、15-20%呈岛状分布的马氏体(平均晶粒尺寸为3.5 $\mu\text{m}$ )及15-30%的贝氏体构成(平均晶粒尺寸为7.0 $\mu\text{m}$ )。

[0030] 上述低成本600MPa级热镀锌复相钢板的制备方法,包括如下步骤:

[0031] a. 冶炼工序:根据低成本600MPa级热镀锌复相钢板的化学成分冶炼,铸造成板坯;

[0032] b. 热轧工序:将板坯经过加热、除磷、粗轧、精轧和层流冷却后获得热轧卷,控制终轧温度为900-950℃,层流冷却采用稀疏冷却方式,上下表面冷却速率分别为60-70%和90-100%,卷取温度为550-600℃;

[0033] c. 酸轧工序: 将热轧卷酸洗后冷轧得到薄带钢, 控制钢带厚度为0.7-2.5mm, 压下率为55-79%;

[0034] d. 热镀锌工序: 先将薄带钢以15-20°C/s、4-10°C/s和0.5-3°C/s的速率分段加热至300°C、700°C和760-780°C, 然后以1-5°C/s冷却至600-660°C, 再以10-25°C/s的速率快冷却至450-470°C, 然后进入锌池镀锌。

[0035] 为了增加适配性, 满足不同种生产规格的需要, 因此优选的是, 上述步骤c中, 冷轧薄带钢厚度规格每增加0.3mm, 冷轧压下率降低3-5%; 上述步骤d中, 机组速度为70-160m/min, 其冷轧薄带钢厚度规格每增加0.3mm, 机组速度降低13-17m/min。

[0036] 为了控制析出元素, 改变合金元素的内外氧化情况, 因此优选的是, 上述步骤d中, 加热时采用预氧化-还原技术, 加热结束后需均热保温25-90s。。

[0037] 为了便于贝氏体的产生, 将剩余的残余奥氏体转变为马氏体, 因此优选的是, 上述步骤d中, 快冷结束后, 均衡保温进入锌池镀锌10-40s, 出锌池后以 $\geq 5^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却至室温。

[0038] 下面通过实际的例子对本发明的技术方案和效果做进一步的说明。

[0039] 实施例

[0040] 本实施例提供了两组采用本发明方法制备的低成本600MPa级热镀锌复相钢板, 其化学成分如表1所示。

[0041] 表1冷轧双相钢化学成分 (wt.%)

[0042]	C	Si	Mn	Cr	P	S	N	Als
实施例1	0.085	0.25	1.73	0.36	0.010	0.003	0.0024	0.035
实施例2	0.090	0.30	1.68	0.38	0.012	0.001	0.0032	0.043

[0043] 上述低成本高延伸热镀锌高强度钢板的制备方法, 具体工艺如下:

[0044] A、冶炼工序: 经过冶炼工艺, 制备如表1所示化学成分的双相钢板坯。

[0045] B、热轧工序: 将板坯经过加热、除磷、热轧和层流冷却后获得热轧卷, 具体热轧工艺参数如表2所示。

[0046] 表2冷轧双相钢热轧主要工艺参数

[0047]	开轧温度/°C	终轧温度/°C	卷取温度/°C
实施例1	1063	912	587
实施例2	1082	931	566

[0048] C、酸轧工序: 将热轧卷酸洗后, 冷轧成薄带钢, 其中实施例1的薄带钢厚度为1.3mm, 其冷轧压下率为71.0%; 实施例2的厚度为1.6mm, 其冷轧压下率为67.0%。

[0049] D、热镀锌工序: 冷轧薄带钢先分别以15-20°C/s、4-10°C/s和0.5-3°C/s的加热速率分段加热至300°C、700°C和760-780°C; 均热保温25-90s后分别以1-5°C/s及10-25°C/s的速率, 依次缓慢冷却至600-660°C和快速冷却至450-470°C后, 均衡保温一段时间后进入锌池进行镀锌处理, 其时间为10-40s, 出锌池后以 $\geq 5^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却至室温, 具体热镀锌工艺参数如表3和表4所示。

[0050] 表3热镀锌各工艺段冷速及保温时间控制要求

	预热升温速率	加热一段升温速率	加热二段升温速率	均热保温时间	缓冷降温速率	快冷降温速率	镀锌+均衡保温时间	终冷降温速率
[0051] 实施例1	17°C/s	5.5°C/s	1.5°C/s	35s	3.0°C/s	20°C/s	19s	7.0°C/s
实施例2	16°C/s	5.0°C/s	1.2°C/s	45s	1.9°C/s	17°C/s	17S	6.5°C/s

[0052] 表4热镀锌工序温度要求

	镀锌退火温度	缓冷终点温度	快冷终点温度	入锌池温度
[0053] 实施例1	772°C	623°C	458°C	453°C
实施例2	765°C	651°C	462°C	457°C

[0054] 图1为实施例1的金相照片,由图可知,本发明制备的钢材显微组织主要由等轴分布平均晶粒尺寸为10.0 $\mu$ m的铁素体(白色,体积分数约为63%)+分布于铁素体晶界的马氏体(黑色,体积分数约为18%)+贝氏体(灰色,体积分数约为19%)构成。

[0055] 图2是实施例1的电子显微镜图,由图可知,凹陷下去的为铁素体,浮凸且上面无点状物(干净)的为马氏体,浮凸且其上有白点状物的为贝氏体。

[0056] 采用CN103627953A和CN105950984A的产品为对比例,按照GB/T228-2010《金属材料室温拉伸试验方法》测试上述冷轧双相钢与本发明实施例制备钢的性能,测试结果如表5所示。

[0057] 表5冷轧双相钢力学性能

	屈服强度	抗拉强度	延伸率 $A_{80}$	扩孔率(钻孔)
[0058] 实施例1	338MPa	613MPa	27.5%	71.5%
实施例2	362MPa	658MPa	23.0%	64.0%
CN103627953A	412MPa	624MPa	31.0%	-
CN105950984A	598MPa	699MPa	20.0%	-

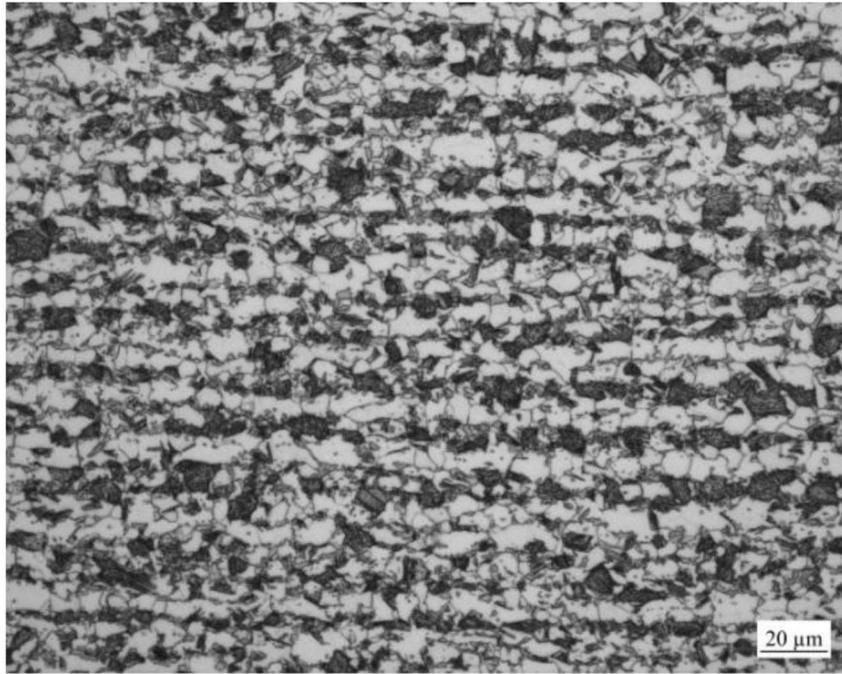


图1

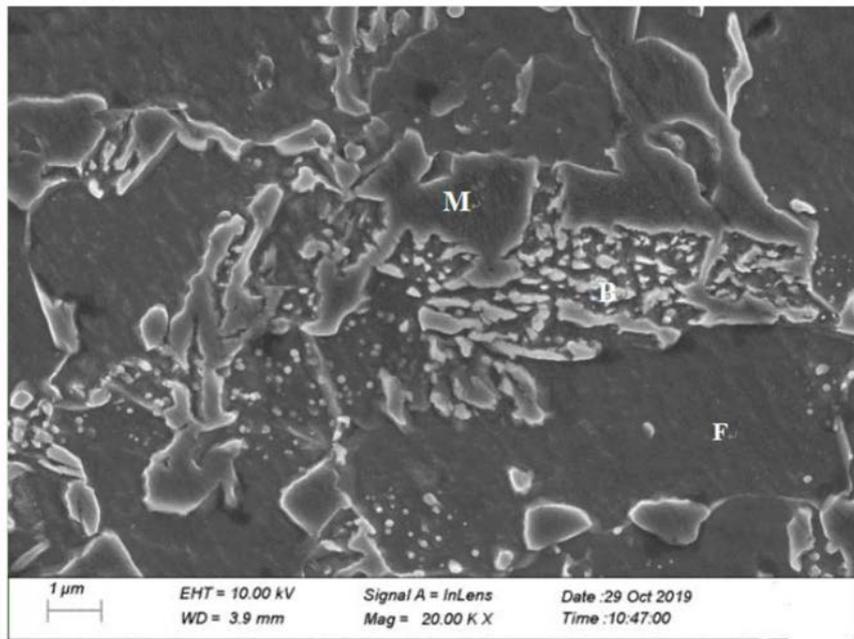


图2