



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114082904 A

(43) 申请公布日 2022.02.25

(21) 申请号 202111444816.X *C22C 38/04* (2006.01)
(22) 申请日 2021.11.30 *C22C 38/06* (2006.01)
(71) 申请人 江苏联峰实业有限公司 *C22C 38/42* (2006.01)
地址 215628 江苏省苏州市张家港市南丰 *C21D 1/68* (2006.01)
镇永联村 *C21D 9/70* (2006.01)
B21B 1/16 (2006.01)
(72) 发明人 李文杰 杨兆全 饶子才
(74) 专利代理机构 南京智造力知识产权代理有
限公司 32382
代理人 陈佳佳
(51) Int. Cl.
B22D 11/00 (2006.01)
B22D 11/18 (2006.01)
B22D 11/22 (2006.01)
B22D 31/00 (2006.01)
C22C 38/34 (2006.01)

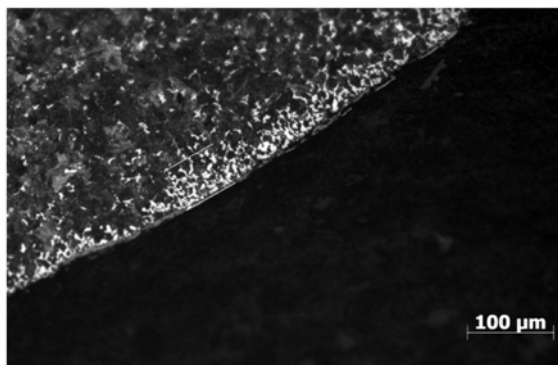
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺

(57) 摘要

本发明属于弹簧钢生产技术领域,具体涉及一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺。首先在连铸工艺中设置连铸坯拉速和冷却水量,并控制比水量为0.85~0.90L/kg;然后进行钢坯修磨和探伤得到的表面无缺陷钢坯进行喷涂处理;炉内控制加热温度:一段为750~810℃、二段为990~1025℃、均热段为1020~1080℃,总加热时间为100~160min;除磷后轧制得到目标规格盘条,进行头尾不良段剪除和打包;本发明提供了一种满足工业化大生产要求的弹簧钢脱碳、表面缺陷防控方法;在不影响生产效率的前提下,通过优化生产工艺和操作要求即可使产品达到目标要求。



1. 一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 连铸工艺:将连铸坯拉速设置为1.75~1.80m/min,连铸二冷段四个区的冷却水量分别设置为127~133L/min、124~130L/min、40~44L/min、10~12L/min,比水量为0.85~0.90L/kg;

(2) 钢坯修磨和探伤:基于步骤(1)连铸工艺处理后得到的钢坯进行钢坯修磨,单边修磨量1.2~1.6mm,修磨后进行抛丸和磁粉探伤;

(3) 钢坯喷涂加热及除磷:基于步骤(2)钢坯修磨探伤处理后得到的表面无缺陷钢坯进行喷涂处理,然后控制加热及出炉除磷轧制;

①喷涂处理:钢坯装炉前表面喷涂防脱碳涂料;

②炉内控制加热:一段温度750~810℃、加热二段温度990~1025℃、均热段温度1020~1080℃,总加热时间控制在100~160min;

③设置除磷压力 ≥ 12 MPa,除磷后轧制得到目标规格盘条;

(4) 集卷包装和后道防护:基于步骤(3)钢坯轧制得到的目标规格盘条进行头尾不良段剪除和打包;

①头尾端剪切去除圈数: $\Phi 5.5\sim 7$ mm规格剪切20~30圈; $\Phi 8\sim 12$ mm规格剪切12~15圈; $\Phi 13$ mm及以上规格剪切9圈;

②采用预压紧和正常压紧的两道打包方式,并在保证包型的基础上设置正常压紧的打包压力: $\Phi 10$ mm规格以下打包压力为25~26吨、 $\Phi 11\sim 12$ mm规格打包压力为30~31吨、 $\Phi 13$ mm规格以上打包压力为35~36吨;

本发明所涉及的弹簧钢60Si2MnA,由下列质量百分比的成分组成:

C:0.56%~0.64%、Si:1.60%~2.00%、Mn:0.70%~1.00%、P $\leq 0.025\%$ 、S $\leq 0.020\%$ 、Cr $\leq 0.35\%$ 、Al:0.005%~0.030%、Ni $\leq 0.35\%$ 、Cu $\leq 0.20\%$,余量为Fe及不可避免杂质。

2. 根据权利要求1所述的一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺,其特征在于,步骤(1)中所述比水量为0.88~0.89L/kg。

3. 根据权利要求1所述的一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺,其特征在于,步骤(2)中单边修磨量为1.3~1.5mm。

4. 根据权利要求1所述的一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺,其特征在于,步骤(3)中所述在钢坯表面喷涂防脱碳涂料具体操作是:通过自动喷涂机在钢坯四面雾化喷涂,要求均匀涂覆、无遗漏,涂料凝固后的厚度为1~2mm。

5. 根据权利要求1所述的一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺,其特征在于,步骤(3)中所述防脱碳涂料为惰性熔膜屏蔽型,具体为无机玻璃体涂层。

6. 根据权利要求1所述的一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺,其特征在于,步骤(3)中所述炉内控制加热一段温度为750~780℃、加热二段温度为1010~1025℃、均热段温度为1040~1045℃,总加热时间为115~125min。

7. 根据权利要求1所述的一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺,其特征在于,步骤(3)中所述磷压力为12~14MPa。

一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺

技术领域

[0001] 本发明属于弹簧钢生产技术领域,具体涉及一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢的生产控制工艺。

背景技术

[0002] 60Si2MnA是国内用途最广泛的合金弹簧钢之一,普遍应用于汽车悬架簧、减震或制动簧、铁路扣件等领域。这些部件对疲劳寿命和使用耐久性有很高要求。而弹簧疲劳寿命对表面状态的敏感性极强。表面脱碳尤其是全脱碳层,以及裂纹、折叠、麻面、划伤等表面缺陷,均会显著降低弹簧件的疲劳寿命。

[0003] 业内对重要用途60Si2MnA弹簧钢盘条一般均有较高的表面质量控制要求。例如对于悬架簧用60Si2MnA,GB/T 33164.2要求弹簧钢总脱碳 $\leq 1.0\% d$ 且全脱碳总弧长不大于 15° 圆心对应总弧长,划痕麻面等允许缺陷最大0.10mm;对于铁路扣件用60Si2MnA,GB/T 33975要求弹簧钢总脱碳 $\leq 1.0\% d$ 且全脱碳 $\leq 0.04\text{mm}$,划痕麻面等允许缺陷最大0.08mm。以上部件用途弹簧钢均不得出现肉眼可见缺陷。

[0004] 作为SiMn系的代表牌号,60Si2MnA具有良好弹性极限和抗弹减性能,同时也具有脱碳敏感性强、淬透性高的特点,这意味着60Si2MnA钢坯裂纹敏感性更强、加热过程和冷却过程也更容易产生脱碳,另一特征是其高硅氧化皮钉扎粘附作用更强,这些均容易造成表面质量不良。因此60Si2MnA钢坯到盘条全流程的脱碳控制和表面质量控制及防护是弹簧钢生产的重要课题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的技术缺陷,提供一种高表面质量60Si2MnA弹簧钢线材的生产控制工艺。

[0006] 为了实现以上技术目的,本发明包括以下步骤:连铸、钢坯修磨和探伤、钢坯喷涂、加热及除磷轧制、集卷包装和后道防护;具体操作如下:

[0007] (1)连铸工艺:将连铸坯拉速设置为 $1.75\sim 1.80\text{m/min}$ (钢坯断面 $160\text{mm}\times 160\text{mm}$),连铸二冷段四个区的冷却水量分别设置为 $127\sim 133\text{L/min}$ 、 $124\sim 130\text{L/min}$ 、 $40\sim 44\text{L/min}$ 、 $10\sim 12\text{L/min}$,比水量为 $0.85\sim 0.90\text{L/kg}$;

[0008] (2)钢坯修磨和探伤:基于步骤(1)连铸工艺处理后得到的钢坯进行钢坯修磨,单边修磨量 $1.2\sim 1.6\text{mm}$,修磨后进行抛丸和磁粉探伤;

[0009] (3)钢坯喷涂加热及除磷:基于步骤(2)钢坯修磨探伤处理后得到的表面无缺陷钢坯进行喷涂处理,然后控制加热及出炉除磷轧制;

[0010] ①喷涂处理:钢坯装炉前表面喷涂防脱碳涂料;

[0011] ②炉内控制加热:一段温度 $750\sim 810^\circ\text{C}$ 、加热二段温度 $990\sim 1025^\circ\text{C}$ 、均热段温度 $1020\sim 1080^\circ\text{C}$,总加热时间控制在 $100\sim 160\text{min}$;

[0012] ③设置除磷压力 $\geq 12\text{MPa}$,除磷后轧制得到目标规格盘条;

[0013] (4)集卷包装和后道防护:基于步骤(3)钢坯轧制得到的目标规格盘条进行头尾不良段剪除和打包;

[0014] ①头尾端剪切去除圈数: $\Phi 5.5\sim 7\text{mm}$ 规格剪切20~30圈; $\Phi 8\sim 12\text{mm}$ 规格剪切12~15圈; $\Phi 13\text{mm}$ 及以上规格剪切9圈;

[0015] ②弹簧钢采用预压紧和正常压紧的两道打包方式,并在保证包型的基础上设置正常压紧的打包压力: $\Phi 10\text{mm}$ 规格以下打包压力为25~26吨、 $\Phi 11\sim 12\text{mm}$ 规格打包压力为30~31吨、 $\Phi 13\text{mm}$ 规格以上打包压力为35~36吨。

[0016] 本发明所涉及的弹簧钢60Si2MnA,由下列质量百分比的成分组成:

[0017] C:0.56%~0.64%、Si:1.60%~2.00%、Mn:0.70%~1.00%、 $P\leq 0.025\%$ 、 $S\leq 0.020\%$ 、 $Cr\leq 0.35\%$ 、Al:0.005%~0.030%、 $Ni\leq 0.35\%$ 、 $Cu\leq 0.20\%$,余量为Fe及不可避免杂质。

[0018] 优选的,步骤(1)中所述比水量为0.88~0.89L/kg。

[0019] 优选的,步骤(2)中单边修磨量为1.3~1.5mm。

[0020] 优选的,步骤(3)中所述在钢坯表面喷涂防脱碳涂料具体操作是:通过自动喷涂机在钢坯四面雾化喷涂,要求均匀涂覆、无遗漏,涂料凝固后的厚度为1~2mm。

[0021] 优选的,步骤(3)中所述防脱碳涂料为惰性熔膜屏蔽型,具体为无机玻璃体涂层。

[0022] 优选的,步骤(3)中所述炉内控制加热一段温度750-780℃、加热二段温度1010-1025℃、均热段温度1040-1045℃,总加热时间为115~125min。

[0023] 优选的,步骤(3)中所述磷压力为12-14MPa。

[0024] 采用适当高的连铸比水量以保证连铸坯型和控制偏析;同时又要保证比水量不过大,以防止矫直阶段的裂纹。一般认为断面收缩率 $< 40\%$ 则铸坯表面裂纹产生几率大大上升,而断面收缩率 $\geq 60\%$ 时铸坯不易产生裂纹。永钢开展的针对60Si2MnA的高温热塑性实验数据表明:断面收缩率 $\geq 60\%$ 阶段对应的钢坯温度,即良好塑性区温度为910~1250℃。按照本方案拉速和比水量实施生产的60Si2MnA钢坯,在矫直阶段的温度实测为:角部温度900~915℃、面部温度945~955℃,满足良好塑性区的条件要求,可减少矫直阶段的裂纹产生。

[0025] 进一步地,为去除钢坯表面脱碳层及钢坯裂纹等缺陷,需进行钢坯全修磨和抛丸探伤检验。对60Si2MnA钢坯的探伤检验结果表明,该钢种常见的表面缺陷是钢坯角部横裂纹及角部网状裂纹,其次是面部横裂纹和渣坑等;对钢坯边部试样的金相检验结果表明,该钢种钢坯脱碳层深度约为1.0~1.2mm。因此本发明对连铸钢坯使用16目的砂轮进行单道次的修磨,单边修磨深度1.2~1.6mm,确保去除角部裂纹及脱碳等缺陷,同时受热区域大的角部位置进行两道修磨。随后进行一道抛丸并探伤。抛丸工序进一步地去除了钢坯表面的修磨毛刺和飞边,避免轧制产生更多显微缺陷;钢坯四面的人工磁粉探伤,确保了钢坯表面无缺陷(人工砂轮机点磨去除修磨后的残留缺陷)。探伤结果表面,采用本发明的钢坯处理方式可确保钢坯无缺陷(修磨后残留缺陷平均每炉1~2处,均可人工去除);钢坯边部金相结果表面,修磨后的钢坯无脱碳层残留。

[0026] 进一步地,钢坯入炉前需喷涂防脱碳涂料并控制在炉温度及时间,出炉后进行除磷去除表面氧化铁皮。防脱碳涂料属于惰性熔膜屏蔽型无机涂料,其主要成分包括 SiO_2 、 B_2O_3 、 Al_2O_3 、一加碱金属氧化物、水和黏合剂水玻璃。装炉前使用自动喷涂机对钢坯四周进

行全覆盖喷涂,入炉后钢坯表面涂料脱水变干并逐渐致密;在低中温段,低熔点氧化物逐渐软化成半熔融粘滞态,形成致密黏态膜;在高温段,高熔点氧化物也开始软化,形成致密保护膜。防脱碳涂层通过上述全过程的变化机理进而对钢坯产生全过程隔绝空气的防脱碳保护。根据热模拟试验结果,60Si2MnA的全脱碳敏感温度(两相区温度)为700~900℃,因此炉内控制加热一段温度750~810℃、加热二段温度990~1050℃、均热段温度1020~1080℃,钢坯加热到一段温度(开始进入两相区)后得到迅速升温(二段温度高于两相区温度),从而尽可能避开两相区温度。加热时间主要影响脱碳层深度,加热时间过长则脱碳层深度增加,加热时间过短不利于轧机咬入。本发明加热时间控制在100~160min,根据试验检验结果优选的加热时间目标为115~125min。设置除磷压力 $\geq 12\text{MPa}$,保证良好除磷,之后轧制成所需规格盘条。

[0027] 进一步地,本发明规定了良好表面质量所需的集卷包装和后道防护措施。首先在成材率尽量高的前提下确保头尾不良段去除。因为头尾温降较快且经历轧机初咬入、甩尾摆动等,易于产生表面不良。根据理论计算和头尾表面酸洗检验结果规定了盘条各规格的头尾端剪切去除圈数: $\Phi 5.5\sim 7\text{mm}$ 规格剪切20~30圈、 $\Phi 8\sim 12\text{mm}$ 规格剪切12~15圈、 $\Phi 13\text{mm}$ 及以上规格剪切9圈。弹簧钢采用预压紧和正常压紧的两道打包方式,并在保证包型的基础上设置了低的打包压力: $\Phi 10\text{mm}$ 规格以下25~26吨、 $\Phi 11\sim 12\text{mm}$ 规格30~31吨、 $\Phi 13\text{mm}$ 规格以上35~36吨。

[0028] 本发明的优点和技术效果是:

[0029] 1、60Si2MnA弹簧钢产品全脱碳为0,总脱碳平均0.55% d ;表面无裂纹、麻面、划伤等宏观缺陷,0.05mm以内显微缺陷出现概率 $\leq 5\%$;能够满足汽车悬架簧、离合簧、减震簧等重要部件的使用,具有良好疲劳寿命。

[0030] 2、本发明提供了一种满足工业化大生产要求的弹簧钢脱碳、表面缺陷防控方法;在不影响生产效率的前提下,通过优化生产工艺和操作要求即可使产品达到目标要求。

附图说明

[0031] 图1为对比例1脱碳层的金相组织图片。

[0032] 图2为对比例2盘条翘皮缺陷金相图片。

[0033] 图3为实施例3盘条的表面金相图片。

具体实施方式

[0034] 以下结合实例对本发明进行详细描述,但本发明不局限于这些实施例。

[0035] 对比例1:

[0036] 具体的化学成分重量百分比为C:0.59%、Si:1.71%、Mn:0.78%、P:0.013%、S:0.0015%、Cr:0.035%、Al:0.0169%、Ni:0.01%、Cu:0.01%,其余为铁和不可避免的杂质。

[0037] 该弹簧钢产品的表面质量控制流程,包括钢的连铸、修磨探伤、铸坯加热除磷、轧制后的头尾剪切和打包的步骤,其中:

[0038] (1)连铸工艺:铸坯拉速设置为1.80m/min。二冷段四个区的冷却水量分别设置为130L/min、127L/min、40L/min、11L/min,比水量为0.85L/kg;

[0039] (2)修磨探伤:全表面修磨,单边修磨量1.3mm,随后进行钢坯的抛丸和磁粉探伤;

[0040] (3) 钢坯加热及除磷轧制:钢坯装炉前表面未喷涂防脱碳涂料;炉内控制加热一段温度761-809℃、加热二段温度1001-1050℃、均热段温度1111℃,总加热时间为134min;设置除磷压力12MPa,除磷效果良好;轧制Φ10mm规格;

[0041] (4) 头尾剪切和打包:头尾端剪切圈数12圈;采用两道压紧打包方式,设置打包压力为25吨。

[0042] 对本对比例弹簧钢产品的性能进行检测,结果为:发现有图1所示全脱碳且最大深度0.02mm、全脱碳总长度与盘条圆周长的百分比达90%;总脱碳最深达到0.12mm;表面酸洗目视检测、冷敏检测和表面金相检测未发现宏观或显微的裂纹、折叠、划伤等缺陷。钢坯装炉前表面未喷涂防脱碳涂料且均热温度高于要求是造成盘条出现全截面全脱碳层和总脱碳超过1.0%d的原因。

[0043] 对比例2:

[0044] 具体的化学成分重量百分比为C:0.59%、Si:1.69%、Mn:0.78%、P:0.011%、S:0.0023%、Cr:0.027%、Al:0.0132%、Ni:0.01%、Cu:0.01%,其余为铁和不可避免的杂质。

[0045] 该弹簧钢产品的表面质量控制流程,包括钢的连铸、修磨探伤、铸坯加热除磷、轧制后的头尾剪切和打包的步骤,其中:

[0046] (1) 连铸工艺:铸坯拉速设置为1.80m/min。二冷段四个区的冷却水量分别设置为149L/min、128L/min、64L/min、19L/min,比水量为1.0L/kg;

[0047] (2) 修磨探伤:全表面修磨,单边修磨量1.3mm,随后进行钢坯的抛丸和磁粉探伤;磁粉探伤结果发现钢坯存在多处面部及角部的网状裂纹,对目视可见的缺陷进行了点磨清除;

[0048] (3) 钢坯加热及除磷轧制:钢坯装炉前表面喷涂防脱碳涂料;炉内控制加热一段温度770-800℃、加热二段温度1005-1030℃、均热段温度1050℃,总加热时间为122min;设置除磷压力12MPa,除磷效果良好;轧制Φ9mm规格;

[0049] (4) 头尾剪切和打包:头尾端剪切圈数15圈;采用两道压紧打包方式,设置打包压力为25吨。

[0050] 对本对比例弹簧钢产品的性能进行检测,结果为:无全脱碳、总脱碳深度0.05mm;表面热检目视发现部分盘条有多处图2所示的翘皮缺陷;高低比水量的正交试验结果表明,该缺陷遗传自钢坯表面及皮下裂纹,与高的连铸二冷比水量有关。

[0051] 实施例1:

[0052] 具体的化学成分重量百分比为C:0.61%、Si:1.68%、Mn:0.77%、P:0.015%、S:0.0034%、Cr:0.034%、Al:0.0159%、Ni:0.01%、Cu:0.02%,其余为铁和不可避免的杂质。

[0053] 该弹簧钢产品的表面质量控制流程,包括钢的连铸、修磨探伤、铸坯加热除磷、轧制后的头尾剪切和打包的步骤,其中:

[0054] (1) 连铸工艺:铸坯拉速设置为1.80m/min。二冷段四个区的冷却水量分别设置为133L/min、130L/min、42L/min、12L/min,比水量为0.89L/kg;

[0055] (2) 修磨探伤:全表面修磨,单边修磨量1.3mm,随后进行钢坯的抛丸和磁粉探伤。磁粉探伤结果表明钢坯除几处渣坑外无其他缺陷,表面质量良好;

[0056] (3) 钢坯加热及除磷轧制:钢坯装炉前表面喷涂防脱碳涂料;炉内控制加热一段温度750-780℃、加热二段温度1010-1025℃、均热段温度1040-1045℃,总加热时间为125min;

设置除磷压力12MPa,除磷效果良好;除磷后轧制为 Φ 15mm规格;

[0057] (4) 头尾剪切和打包:头尾端剪切圈数9圈;采用两道压紧打包方式,设置打包压力为35吨。

[0058] 对本实施例弹簧钢产品的性能进行检测,结果为:无全脱碳、总脱碳深度0.07mm。表面酸洗目视良好;冷镦检测均无开裂;金相检测裂纹、折叠、划伤等各类缺陷深度均为0。

[0059] 实施例2:

[0060] 具体的化学成分重量百分比为C:0.60%、Si:1.69%、Mn:0.79%、P:0.017%、S:0.0023%、Cr:0.063%、Al:0.0146%、Ni:0.01%、Cu:0.01%,其余为铁和不可避免的杂质。

[0061] 该弹簧钢产品的表面质量控制流程,包括钢的连铸、修磨探伤、铸坯加热除磷、轧制后的头尾剪切和打包的步骤,其中:

[0062] (1) 连铸工艺:铸坯拉速设置为1.80m/min。二冷段四个区的冷却水量分别设置为130L/min、128L/min、42L/min、12L/min,比水量为0.88L/kg;

[0063] (2) 修磨探伤:全表面修磨,单边修磨量1.5mm,随后进行钢坯的抛丸和磁粉探伤。探伤结果表明钢坯表面质量好无缺陷;

[0064] (3) 钢坯加热及除磷轧制:钢坯装炉前表面喷涂防脱碳涂料;炉内控制加热一段温度775-805 $^{\circ}$ C、加热二段温度1015 $^{\circ}$ C、均热段温度1040 $^{\circ}$ C,总加热时间为120min;设置除磷压力12MPa,除磷后轧制为 Φ 6.5mm规格;

[0065] (4) 头尾剪切和打包:头尾端剪切圈数30圈;采用两道压紧打包方式,设置打包压力为25吨。

[0066] 对本实施例弹簧钢产品的性能进行检测,结果为:无全脱碳、总脱碳深度0.05mm。表面酸洗目视良好;冷镦检测均无开裂;金相检测裂纹、折叠、划伤等各类缺陷深度均为0。

[0067] 实施例3:

[0068] 具体的化学成分重量百分比为C:0.60%、Si:1.69%、Mn:0.82%、P:0.016%、S:0.0039%、Cr:0.053%、Al:0.0112%、Ni:0.01%、Cu:0.01%,其余为铁和不可避免的杂质;

[0069] 该弹簧钢产品的表面质量控制流程,包括钢的连铸、修磨探伤、铸坯加热除磷、轧制后的头尾剪切和打包的步骤,其中:

[0070] (1) 连铸工艺:铸坯拉速设置为1.80m/min。二冷段四个区的冷却水量分别设置为129L/min、128L/min、44L/min、11L/min,比水量为0.88L/kg;

[0071] (2) 修磨探伤:全表面修磨,单边修磨量1.5mm,随后进行钢坯的抛丸和磁粉探伤。探伤结果表明,钢坯表面质量好,无缺陷;

[0072] (3) 钢坯加热及除磷轧制:钢坯装炉前表面喷涂防脱碳涂料;炉内控制加热一段温度766-810 $^{\circ}$ C、加热二段温度990-1020 $^{\circ}$ C、均热段温度1020-1030 $^{\circ}$ C,总加热时间为130min;设置除磷压力12MPa;除磷后轧制为 Φ 10mm规格;

[0073] (4) 头尾剪切和打包:头尾端剪切圈数30圈;采用两道压紧打包方式,设置打包压力为25吨。

[0074] 对本实施例弹簧钢产品的性能进行检测,结果为:无全脱碳、总脱碳深度如图3在最严重视场(GB/T 224,指最深的均匀脱碳区的显微视场)检测也仅为0.05mm。表面酸洗目视良好;冷镦检测均无开裂;金相检测裂纹、折叠、划伤等各类缺陷深度均为0。

[0075] 性能指标:

[0076] 表1产品表面质量检验结果

项目	成品规格/mm	全脱碳层深度/mm	总脱碳层深度/mm	表面热检、酸洗结果	表面冷敏抽样结果	表面金相检测结果
实施例 1	15	0	0.07	OK	OK	OK
实施例 2	6.5	0	0.05	OK	OK	OK
实施例 3	10	0	0.05	OK	OK	OK
对比例 1	10	0.02	0.12	OK	OK	OK
对比例 2	9	0	0.05	多处翘皮	OK	OK

[0077] 说明:以上实施例仅用以说明本发明而非限制本发明所描述的技术方案;因此,尽管本说明书参照上述的各个实施例对本发明已进行了详细的说明,但是本领域的普通技术人员应当理解,仍然可以对本发明进行修改或等同替换;而一切不脱离本发明的精神和范围的技术方案及其改进,其均应涵盖在本发明的权利要求范围内。

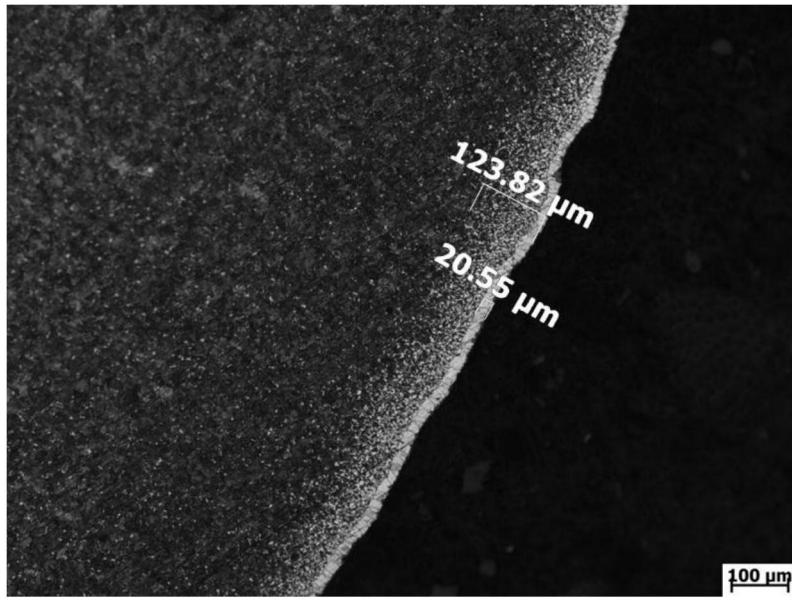


图1

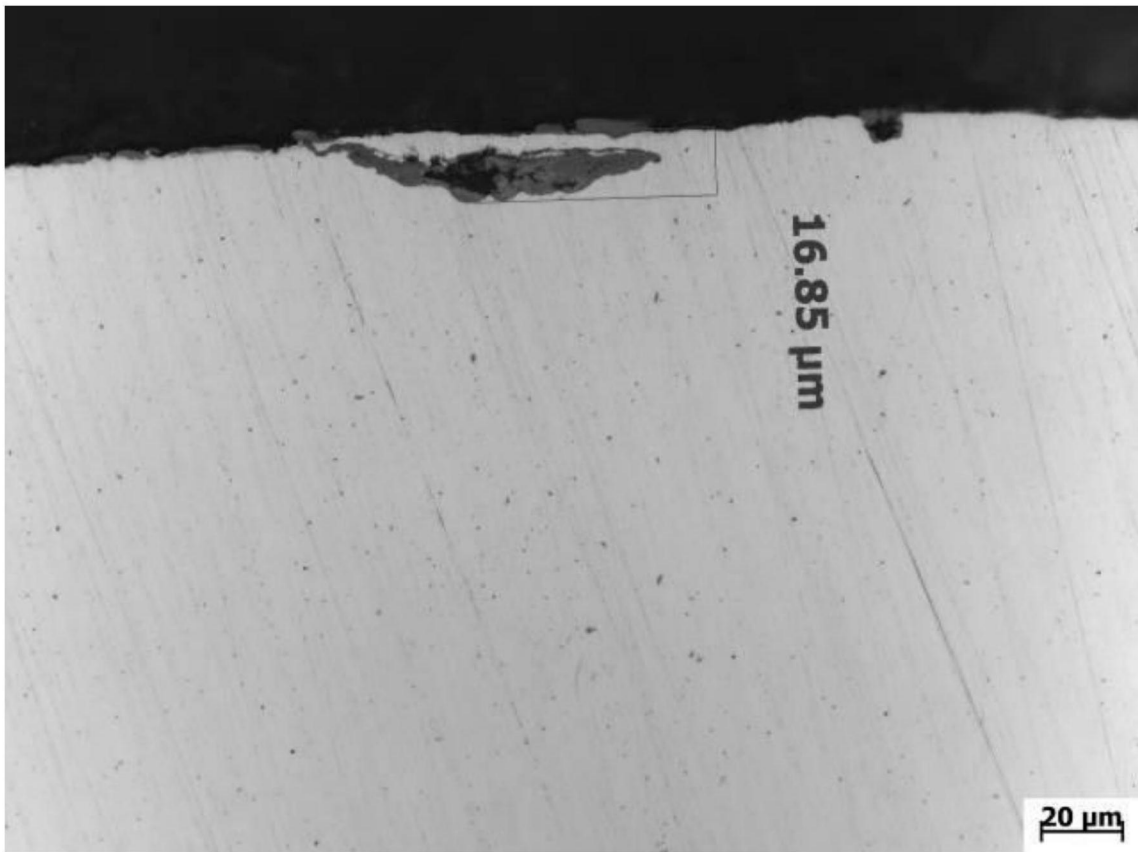


图2

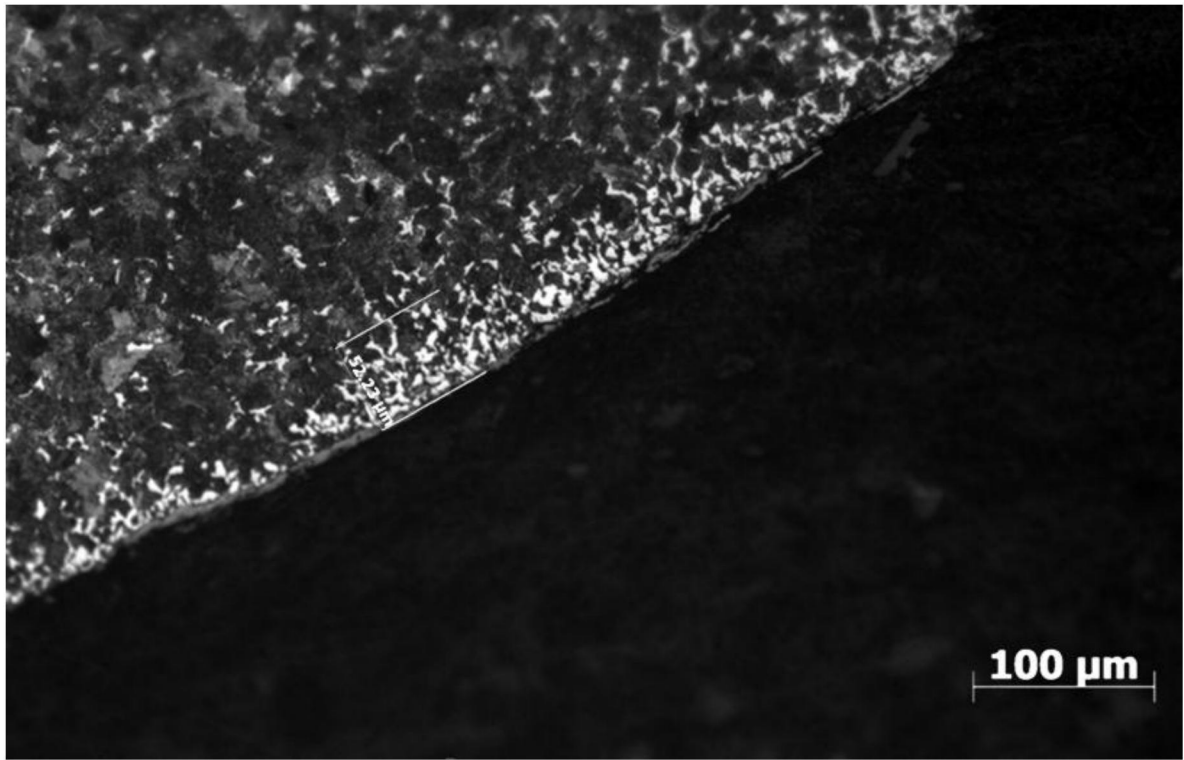


图3