



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117144288 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 30

(21) 申请号 202311378770.5  
(22) 申请日 2023.10.24  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 117144288 A

C21D 6/00 (2006.01)  
G22C 38/44 (2006.01)  
G22C 38/48 (2006.01)  
G22C 38/52 (2006.01)

(43) 申请公布日 2023.12.01  
(73) 专利权人 中国科学院力学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(56) 对比文件  
CN 102277581 A, 2011.12.14  
CN 106987794 A, 2017.07.28  
CN 108118260 A, 2018.06.05  
CN 109778109 A, 2019.05.21  
CN 110016638 A, 2019.07.16  
CN 110541141 A, 2019.12.06  
JP 2012087361 A, 2012.05.10  
机械工业职业技能鉴定指导中心编.《高级热处理工技术》.机械工业出版社, 2000, 第183页.

(72) 发明人 王晶 王健 杨沐鑫 袁福平 武晓雷  
(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
专利代理师 席卷

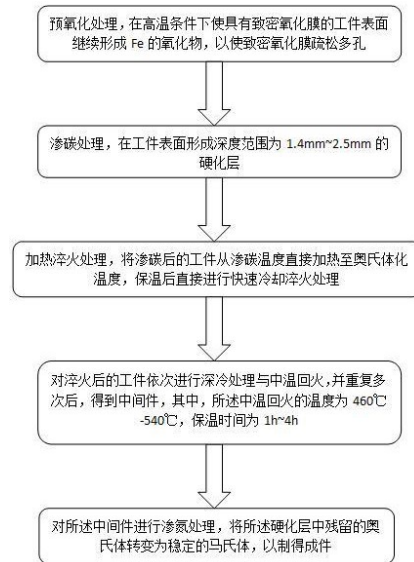
审查员 周博慧

(51) Int. Cl.  
C23C 8/34 (2006.01)  
C21D 1/18 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称  
一种表面变质层钢的化学热处理工艺

(57) 摘要  
本发明公开了一种表面变质层钢的化学热处理工艺,包括如下步骤:S1、预氧化处理;S2、渗碳处理,在工件表面形成深度范围为1.4mm~2.5mm的硬化层;S3、加热淬火处理;S4、对淬火后的工件依次进行深冷处理与中温回火,并重复多次后,得到中间件,其中,所述中温回火的温度为460℃-540℃,保温时间为1h~4h;S5、对所述中间件进行渗氮处理,将所述硬化层中的残余奥氏体转变为稳定的马氏体,以制得成件。还公开了一种表面变质层钢及其在精密型工件上的应用。发明实现了工件表层到心部碳含量的平稳过渡,同时心部的硬度在一定程度上提升,不仅提高工件整体的强度硬度,同时降低了内应力,韧性提高。



1. 一种表面变质层钢的化学热处理工艺,其特征在于,包括如下步骤:

S1、预氧化处理,在高温条件下使具有致密氧化膜的工件表面继续形成Fe的氧化物,以使致密氧化膜疏松多孔;

S2、渗碳处理,在工件表面形成深度范围为1.4mm~2.5mm的硬化层;

S3、加热淬火处理,将渗碳后的工件从渗碳温度直接加热至奥氏体化温度,保温后直接进行快速冷却淬火处理;

所述奥氏体化温度为1000°C~1150°C;

所述渗碳处理为脉冲式真空渗碳;

其中,所述渗碳处理的具体条件为:温度范围为930°C~980°C,保温时间为10h~40h;

保温时间的要求为:至所述工件内外温度均匀,以使得工件全部奥氏体化,且保证奥氏体晶粒不长大结束;

S4、对淬火后的工件依次进行深冷处理与中温回火,并重复多次后,得到中间件,其中,所述中温回火的温度为460°C-540°C,保温时间为1h~4h;

S5、对所述中间件进行渗氮处理,将所述硬化层中的残余奥氏体转变为稳定的马氏体,以制得成件;

其中,所述渗氮处理采用真空渗氮,满足以下条件:

渗氮深度为0.2mm~0.6mm;

温度范围:460°C-520°C;

保温时间:10h~30h。

2. 根据权利要求1所述的一种表面变质层钢的化学热处理工艺,其特征在于,所述预氧化处理的温度范围是800°C~950°C。

3. 根据权利要求1所述的一种表面变质层钢的化学热处理工艺,其特征在于,所述致密氧化膜主要为含Cr的致密氧化膜。

4. 根据权利要求1所述的一种表面变质层钢的化学热处理工艺,其特征在于,在所述渗碳处理的过程中,强渗阶段、扩散阶段依次重复进行,所述强渗阶段和所述扩散阶段的时间比为1:2~1:3。

5. 根据权利要求1所述的一种表面变质层钢的化学热处理工艺,其特征在于,所述深冷处理包括如下步骤:

以2.5~6.0°C/min的降温速度将所述工件的温度下降至-120°C~-190°C,保温2h~4h后,以2.0~10.0°C/min的升温速度将所述工件回温至室温。

## 一种表面变质层钢的化学热处理工艺

### 技术领域

[0001] 本发明涉及钢的热处理工艺领域,具体涉及一种表面变质层钢的化学热处理工艺。

### 背景技术

[0002] 表面变质层钢是指经过表面加工或热处理的钢材,其特征是此种钢材从外表面至某一深度的表面层有着与基体不相同的性质,这种性质所包含的方面及影响程度因表面加工或热处理工艺而异。表面变质层钢的弯曲疲劳性能和接触疲劳性能、胶合性能等方面指标,与其成型工件的承载能力、服役寿命和可靠性息息相关。

[0003] 随着研究的发展,现有技术对钢材的元素组成不断优化,能够通过各元素组合并配合表面化学处理实现了良好的高温性能以及强韧性,开发能够承受高赫兹应力、高疲劳强度、耐高温耐腐蚀的表面变质层钢迫在眉睫。

[0004] 如现有技术的一种热处理工艺得到的钢材,采用多种复合元素即钨元素、铬元素、镍元素等得到了具有晶粒细化的材料,对成型工件的热处理工艺包括采用1000℃~1150℃油淬,在低于-85℃深冷处理,在500℃~540℃回火处理,重复进行深冷与回火2~3次等。

[0005] 但实践发现,此类钢材在进行热处理时采用强渗扩散技术,在脉冲电流下表面富集的碳向心部进行较长时间的扩散,导致最表层5-10μm左右碳含量下降,淬火后未形成马氏体,保留为残余奥氏体,故在表面5-10μm范围内出现一层软化层;同时在碳浓度与冷速的综合作用下,导致在渗碳层与基体的交界区域(即1.5mm~2.5mm深度范围内),冷速不足以使马氏体转变完全,从而在该区域保留较多残余奥氏体形成一个硬度上的软点(凹点)。软化层与凹点的出现均会导致工件在服役过程中发生硬化层剥落,严重影响疲劳性能及摩擦磨损性能,导致工件服役时间缩短。

[0006] 为了消除软点,现有技术采用单一的时效退火,此方法可以使得心部硬化,但是会导致钢体表面脱碳,使最表层的软化层进一步加深,硬度进一步降低,时效时间越长表层效果进一步变差。

[0007] 为了消除钢材表面的软化层,现有技术可采用表面纳米化处理,使钢材表层增加变形晶粒细化,此技术会增加工件表层的硬度,但对于材料心部于事无补,无法解决软点的问题。

[0008] 因此,现有技术难以通过热处理工艺有效同时解决内层软点和表面软化层的问题。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种表面变质层钢的化学热处理工艺,以解决现有技术中表面变质层钢的软化层缺陷与软点缺陷无法同时消除的技术问题。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明具体提供下述技术方案:

[0011] 本发明提供了一种表面变质层钢的化学热处理工艺,包括如下步骤:

- [0012] S1、预氧化处理,在高温条件下使具有致密氧化膜的工件表面继续形成Fe的氧化物,以使致密氧化膜疏松多孔;
- [0013] S2、渗碳处理,在工件表面形成深度范围为1.4mm~2.5mm的硬化层;
- [0014] S3、加热淬火处理,将渗碳后的工件从渗碳温度直接加热至奥氏体化温度,保温后直接进行快速冷却淬火处理;
- [0015] S4、对淬火后的工件依次进行深冷处理与中温回火,并重复多次后,得到中间件,其中,所述中温回火的温度为460℃-540℃,保温时间为1h~4h;
- [0016] S5、对所述中间件进行渗氮处理,将所述硬化层中残留的奥氏体转变为稳定的马氏体,以制得成件。
- [0017] 优选地,所述预氧化处理的温度范围是800℃~950℃。
- [0018] 优选地,所述致密氧化膜主要为含Cr的致密氧化膜。
- [0019] 优选地,所述渗碳处理为脉冲式真空渗碳;
- [0020] 其中,所述渗碳处理的具体条件为:温度范围为930℃~980℃,保温时间为10h~40h。
- [0021] 优选地,在所述渗碳处理的过程中,强渗阶段、扩散阶段依次重复进行,所述强渗阶段和扩散阶段的时间比为1:2~1:3。
- [0022] 优选地,所述渗碳处理的硬化层深度为为1.4mm~2.5mm,根据国标GB/T 9450-2005规定,硬化层深度是指从零件表面到维氏硬度为550Hv处的垂直距离。
- [0023] 优选地,所述渗碳后的工件在真空环境下从渗碳温度直接加热至奥氏体化温度;
- [0024] 所述奥氏体化温度为1000℃~1150℃;
- [0025] 保温时间的要求为:至所述工件内外温度均匀,以使得工件全部奥氏体化,且保证奥氏体晶粒不长大结束。
- [0026] 优选地,所述深冷处理包括如下步骤:
- [0027] 以2.5~6.0℃/min的降温速度将所述工件的温度下降至-120℃~-190℃,保温2h~4h后,以2.0~10.0℃/min的升温速度将所述工件回温至室温。
- [0028] 优选地,所述渗氮处理采用真空渗氮,满足以下条件:
- [0029] 渗氮深度为0.2mm~0.6mm;
- [0030] 温度范围:460℃-520℃;
- [0031] 保温时间:10h~30h。
- [0032] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:
- [0033] 1、本发明通过渗碳处理使得工件的表面形成颇具厚度的硬化层,并在渗碳处理后,采用渗氮处理对工件进行修复,对工件心部进行长时间的时效处理,不仅使得硬化层中的碳化物向工件的内部扩散,防止工件表面硬化层脱落,提高工件的硬度,使得表面变质层钢的表层硬度达到66~70HRC;且使得工件的心部析出更多的碳化物,心部的硬度进一步的提升,降低工件的内应力,提高材料韧性,同时消除软化层与软点。
- [0034] 2、本发明采用强渗阶段与扩散阶段依次重复进行,精准控制碳势,提高钢表面的硬化层深度,提高进一步成型工件表面的硬度,同时提高表面变质层钢的抗摩擦磨损性能与热硬性。
- [0035] 3、本发明采用渗碳后不缓冷,而是在真空炉中直接加热淬火的方式,将渗碳后高

内应力的工件直接加热到奥氏体化温度保温后淬火,能有效缓解内应力,防止工件开裂;同时将工艺流程简化,成本降低。

[0036] 4、发明通过中温回火,在热处理时进一步限定处理工艺,使表面变质层钢的表面硬化层到过渡区的平滑过渡,从而在前期处理过程中对材料的硬度凹点进行消除,提高表面变质层钢耐腐蚀性能与耐高温性能,提高耐磨损能力,延长使用寿命。

### 附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式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示例性的,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,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0038] 图1为本发明提供表面变质层钢的化学热处理工艺的流程示意图;

[0039] 图2为本发明提供实施例1与对照组从心部硬度至表层硬度的对比图。

### 具体实施方式

[0040] 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,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,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。

[0041] 如图1所示,本发明提供了针对表面变质层钢的现有热处理工艺处理得到的材料表面存在软化层,以及一定深度内存在软点(即硬度凹点)的问题,提供一种表面变质层钢的化学热处理工艺,包括如下步骤:

[0042] S1、预氧化处理,在高温条件下使具有致密氧化膜的工件表面继续形成Fe的氧化物,以使致密氧化膜疏松多孔;

[0043] S2、渗碳处理,在工件表面形成深度范围为1.4mm~2.5mm的硬化层;

[0044] S3、加热淬火处理,将渗碳后的工件从渗碳温度直接加热至奥氏体化温度,保温后直接进行快速冷却淬火处理;

[0045] S4、对淬火后的工件依次进行深冷处理与中温回火,并重复多次后,得到中间件,其中,所述中温回火的温度为460℃-540℃,保温时间为1h~4h;

[0046] S5、对所述中间件进行渗氮处理,将所述硬化层中残留的奥氏体转变为稳定的马氏体,以制得成件。

[0047] 本发明所要解决的主要技术问题为:淬火和回火过程中原奥氏体组织没有完全转化为马氏体,在这两个局部区域保留了较多的残余奥氏体,导致硬度达不到要求,形成软点和凹点。

[0048] 本发明解决上述技术问题的思路为:通过渗碳处理使得工件的表面形成颇具厚度的硬化层,并在渗碳处理后,采用渗氮时效处理对工件进行修复,一方面渗氮过程相当于对工件进行长时间的时效处理,能使硬度凹点和软化层中不稳定的残余奥氏体向马氏体转变,还能使得硬化层中的碳化物向工件的内部扩散,同时工件的心部析出更多的碳化物,两者共同提升心部的硬度,使表面变质层钢从表面硬化层到心部的组织平滑过渡,防止工件

表面硬化层脱落,提高工件整体(从表层到心部)的强韧性以及综合力学性能;另一方面,渗氮可以将表层软化区渗入氮原子形成硬度更高的氮化物,而表面软化层(5~10 $\mu\text{m}$ )远远小于最小渗氮深度(200 $\mu\text{m}$ )。因此,只要合理控制渗氮时效温度和时间,无论硬化层的厚度与渗氮的厚度在不在发明范围内,都能够同时消除软化层与硬度凹点。

[0049] 除此之外,本发明在避免渗碳后由严重晶格畸变和大量析出碳化物引起的高内应力导致的开裂问题采用了以下两种方法:第一种是通过热处理消除应力,渗碳处理后直接加热至奥氏体化温度,保温时间的要求为至所述工件内外温度均匀,以使得工件全部奥氏体化,且保证奥氏体晶粒不长大结束,保温结束后直接进行快速冷却淬火,此时,因为渗碳导致的碳化物以及晶格间隙中的碳原子会全部固溶到奥氏体晶格中,并使内部的晶粒重新排列从而较为彻底的消除内应力。而现有技术中避免工件开裂的方式为随炉缓慢冷却,在缓冷过程中容易使网状碳化物沿晶界析出,这是产生裂纹的重要起源;第二种消除内应力方法是冷却法,对工件进行加热淬火处理后,需要立刻进行深冷处理,通过使工件迅速冷却能使内部的晶粒重新排列消除晶格畸变引起的内应力。

[0050] 在深冷处理中,深冷件一般回温至室温后出深冷处理设备,按工件要求也可直接出深冷设备,在空气中自然回温。深冷件的后处理应去除工件表面的冷凝水分,另外值得注意的是深冷件应及时回火,回火工艺及参数按工件的性能要求而定。

[0051] 优选的,深冷处理包括将工件温度下降至零下100 $^{\circ}\text{C}$ 以下,并保温,保温后恢复至室温,不同的降温与升温速度会对工件内应力的消除造成影响,温度变化过快容易导致材料内部不均匀,导致材料开裂,过慢会难以去除其中的内应力,故深冷处理的降温速度限定在2.5~6.0 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 之间,工件的温度下降至-120 $^{\circ}\text{C}$ ~-190 $^{\circ}\text{C}$ 停止降温,保温2h~4h后升温。升温的速度限定在2.0~10.0 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 之间,使工件回温至室温。

[0052] 降温的具体温度与保温时间与工件的材料、大小相关,可以按照实际的生产指标进行调整。

[0053] 另外,预氧化处理是能够成功进行渗碳处理的必要条件。其追要针对的是含Cr的致密氧化膜影响渗碳效果的问题,预氧化处理的温度范围是800 $^{\circ}\text{C}$ ~950 $^{\circ}\text{C}$ ,在具有致密氧化膜的工件表面继续形成Fe的氧化物,以松散所述致密氧化膜,便于渗碳处理时碳元素的渗入。

[0054] 为了提高渗碳效率,缩短渗碳时间,并满足不同渗层的工件渗碳需求,所述渗碳处理的有效渗层厚度为1.4mm~2.5mm;所述渗碳处理的具体条件为:温度范围为930 $^{\circ}\text{C}$ ~980 $^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为10h~40h。在所述渗碳处理的过程中,强渗阶段、扩散阶段依次重复进行,对强渗阶段和扩散阶段的时间进行精准的控制,所述强渗阶段和扩散阶段的时间比为1:2~1:3,在脉冲脉冲电流下进行表面富集的碳向心部较长时间的扩散,其主要目的是为了提高钢表面的硬化层深度,提高进一步成型工件表面的硬度,从而使得表面变质层钢的抗摩擦磨损性能与热硬性进一步提升。

[0055] 由于该材料渗入了浓度非常高的碳,材料表面渗入了大量的碳会产生严重的晶格畸变,引起很大的内应力,本身容易开裂。此时若回火温度低了能量不够不足以降低内应力、稳定组织,若回火温度高了时间长容易使更多基体中的碳从晶界析出,引起碳化物的长大,在晶界连成网状碳化物,导致沿晶开裂。

[0056] 为此,在本发明中,中温回火的温度严格控制在460 $^{\circ}\text{C}$ -540 $^{\circ}\text{C}$ ,时间为1h-4h,提升

整体(从表面到心部)硬度,防止材料开裂。同时在淬火后回火有进一步提升整体(从表面到心部)硬度,提高韧性,提升综合力学性能。

[0057] 而对淬火后的工件依次重复进行多次的深冷处理与中温回火过程,其对解决软化层与凹点的问题同样具有非常重要的作用,与渗氮处理的原理相同。

[0058] 现有技术中也提及了渗氮处理技术,但本发明为了提高材料表面的硬度,首先进行了渗碳处理,在经过高浓度渗碳以后,现有的渗氮技术不容易渗进去,因为表层的碳会阻碍氮原子的扩散,必须在现有渗氮工艺的基础上,对渗氮的深度和浓度进行改进,并调节渗氮的参数,使N原子能够渗进去。

[0059] 为了解决碳原子阻碍的问题,所述渗氮处理采用真空渗氮,满足以下条件:渗氮深度为0.2mm~0.6mm;温度为460℃-520℃。

[0060] 优选的,所述渗氮处理的保温时间为10h~30h。

[0061] 由于上述可知,渗氮时效处理一个是将高能量不稳定的状态向低能量的稳定态转变的过程,工件经过长时间的渗氮加热后,硬化层中高浓度的碳由于严重的晶格畸变能量很高,此时渗氮加热会使其获得迁移的驱动力,因此硬化层中的碳会向心部碳浓度低的地方扩散,降低畸变能,这个状态是更稳定的。同样心部基体中原来就存在碳和合金元素,持续加热使其获得了驱动力,C和Mo、含Cr的等合金元素从基体中析出,基体的畸变能减小,使工件整体的能量降低,趋于稳定态。

[0062] 此方法不仅能够提高材料表层的硬度,且能够降低心部的碳含量,经济实用,节省成本,且易于实现。

[0063] 本发明还一般性的包括其他步骤:

[0064] 1) 在渗碳处理前进行预备热处理,对畸变控制要求较高的齿轮首选调质,调质后组织是回火索氏体,其渗碳体呈球粒状,组织均匀细密;

[0065] 2) 在预备热处理后进行工件准备,渗碳前保证工件表面清洁,去氧化皮、锈斑、油垢、污渍,并进行无损检测,保证渗碳前无裂纹,防渗部位采取必要的防渗保护措施;

[0066] 3) 重复进行深冷处理与中温回火两三次,深冷和回火的次数可以根据工件形状大小而定,一般2~4次,回火可以使组织稳定,消除内应力,同时可以析出碳化物起到强化作用;

[0067] 4) 在渗氮处理之前进行清洗及检测,即及时清理工件表面的油污,并检测其从表面到心部的硬度分布、表面碳含量,得到工件表面碳的质量分数在0.7%~1.3%范围内,即符合要求。

[0068] 以下提供具体的实施例1:

[0069] 一、选取材料:

[0070] 含Cr的含Cr的选择化学成分为C、含Cr的、Mo、V、Ni、Co和Nb元素以及附带的杂质元素组成的标准CSS-42L不锈钢工件,本实例中C元素含量为0.16%, Cr的元素含量为13.5%, Mo元素含量为4.5%, Co元素含量为13.0%, Ni元素含量为2.2%, V元素含量为0.58%, Nb元素含量为0.03%。

[0071] 二、热处理工艺

[0072] 1、预备

[0073] 对畸变控制要求较高的齿轮工件首选调质,调质后组织是回火索氏体,准备渗碳

体,其渗碳体呈球粒状,组织均匀细密;

[0074] 渗碳前保证工件表面清洁,去氧化皮、锈斑、油垢、污渍;

[0075] 进行无损检测,保证渗碳前无裂纹;

[0076] 防渗部位采取防渗保护措施。

[0077] 2、预氧化处理

[0078] 对工件进行预氧化处理,温度为850℃,在高温条件下使具有致密氧化膜的工件表面继续形成Fe的氧化物,以使致密氧化膜疏松多孔,致密氧化膜主要为含Cr的致密氧化膜;

[0079] 3、渗碳

[0080] 对工件进行脉冲式真空渗碳,在所述渗碳处理的过程中,渗碳温度为960℃,渗碳时间为28h;

[0081] 强渗阶段、扩散阶段依次重复进行,所述强渗阶段和扩散阶段的时间比为1:2,工件表面逐渐硬化,得到的渗碳处理的有效渗层厚度为1.5mm。

[0082] 4、加热淬火

[0083] 在真空炉中,将渗碳后的工件从渗碳温度直接加热至奥氏体化温度,即1080℃,保温至工件内外温度均匀后,直接用淬火油进行快速冷却淬火处理。

[0084] 5、深冷处理

[0085] 淬火完成后,将工件以4℃/min的降温速度将所述工件的温度下降至-120℃,保温3h;

[0086] 以6℃/min的升温速度将所述工件回温至室温(25℃)。

[0087] 6、中温回火

[0088] 将深冷处理后的工件再次加热至480℃,保温2.5h,并重复步骤5与步骤6三次,得到中间件,进行下一个步骤。

[0089] 8、清洗及检测

[0090] 对中间件及时清理表面油污,并检测其从表面到心部的硬度分布、表面碳含量,得到的中间件表面碳的质量分数为1.2%,符合要求。

[0091] 9、渗氮处理

[0092] 对中间件在490℃的温度范围内进行真空渗氮处理,保温35h,渗氮厚度0.5mm,最终得到发明钢,即表面变质层钢。

[0093] 对表面变质层钢中的元素含量进行检测,按质量百分数计,所述表面变质层钢至少包含如下组分:

[0094] 0.13% C、13.3% 含Cr的、4.3% Mo、0.58%V、2.1%Ni、13.0% Co、0.025%Nb。

[0095] 以下提供对照组:

[0096] 一、选取材料:

[0097] 含Cr的含Cr的选择化学成分为C、含Cr的、Mo、V、Ni、Co和Nb元素以及附带的杂质元素组成的标准CSS-42L不锈钢工件,本实例中C元素含量为0.16%,Cr的元素含量为13.5%,Mo元素含量为4.5%,Co元素含量为13.0%,Ni元素含量为2.2%,V元素含量为0.58%,Nb元素含量为0.03%。选取材料与实施例1相同。

[0098] 二、热处理工艺

[0099] 与实施例1相同但未进行渗氮处理。



[0100] 结论:根据本发明实施例1与对照组的对比,即图2所示,图2上的箭头表明对照组中含有软化层,矩形框内标注出对照组中含有的硬度凹点。而实施例1中未见到软化层以及硬度凹点出现。

[0101] 对工件进行渗碳处理得到碳化层后,又采用渗氮处理对碳化层进行优化,不仅能够深化碳化层深度,实现了表层到心部碳含量的平稳过渡,同时使得心部的碳元素向碳化层方向析出,心部的硬度在一定程度上提升,不仅提高工件整体的强度硬度,同时降低了内应力,韧性也得到提高。

[0102] 发明渗氮时效处理优化了渗碳处理,对工件心部进行长时间的时效处理,不仅使得硬化层中的碳化物向工件的内部扩散,防止工件表面硬化层脱落,提高工件的硬度,使得表面变质层钢的表层硬度达到66~70HRC;且使得工件的心部析出更多的碳化物,使得心部的硬度进一步的提升,降低工件的内应力,提高材料韧性,同时消除材料中可能产生的软化层与硬度凹点。

[0103] 发明优化工件元素组成以及热处理步骤、温度以及处理时间,消除工件因渗碳处理所具有的内部应力,提高钢表面的硬化层深度,提高进一步成型工件表面的硬度,同时提高表面变质层钢的抗摩擦磨损性能与热硬性;

[0104] 发明精准控制中温回火的温度与时间,在热处理时进一步限定处理工艺,使表面变质层钢的表面硬化层到过渡区的平滑过度,从而在前期处理过程中对材料的硬度凹点进行消除,提高表面变质层钢耐腐蚀性能与耐高温性能,提高耐磨损能力,延长使用寿命。

[0105] 根据以上可知,本发明通过渗碳和渗氮等表面化学热处理方法的调控,得到的表面变质层钢从表层到心部细小均匀过度的组织结构,从而使其具有力学性能上超强超硬且无软点的优势,其耐高温性能和耐腐蚀性能也相应提高,实现其表面变质层钢在高速重载以及高温环境下的良好应用,提高耐磨损能力,延长使用寿命。

[0106] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

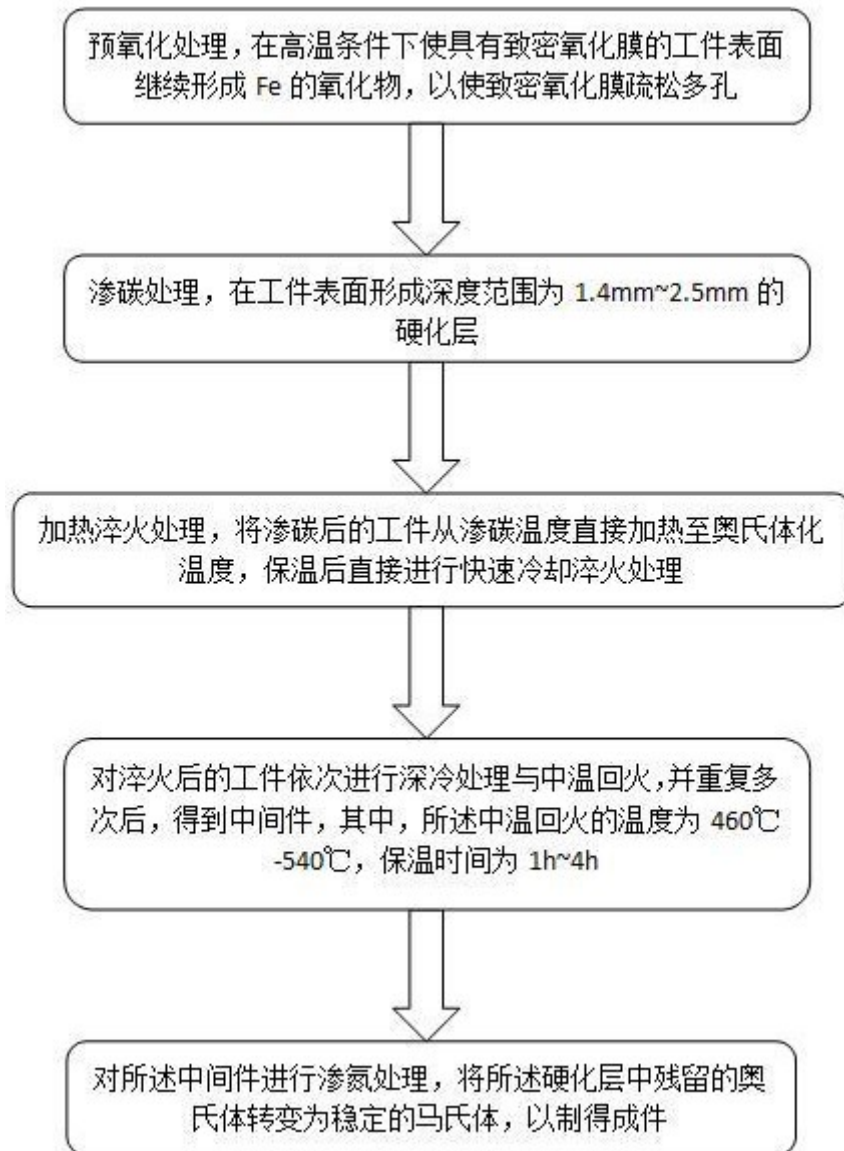


图 1

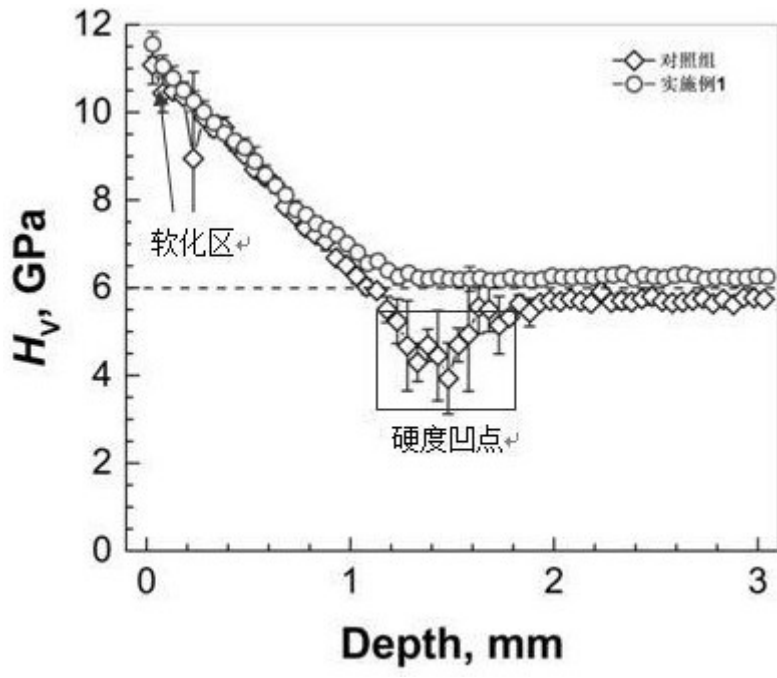


图 2