



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111961811 B

(45) 授权公告日 2022.05.24

(21) 申请号 202010922877.1

(22) 申请日 2020.09.04

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111961811 A

(43) 申请公布日 2020.11.20

(73) 专利权人 燕山大学
地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北
大街西段438号

(72) 发明人 杨志南 张福成 郑春雷 李艳国
尤蕾蕾 康杰 张明 庞碧涛
王建军 龙晓燕 栾天岭

(74) 专利代理机构 北京孚睿湾知识产权代理事
务所(普通合伙) 11474
专利代理人 贾颜维

(51) Int.Cl.

G21D 1/22 (2006.01)

G21D 1/20 (2006.01)

G21D 9/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105714190 A, 2016.06.29

CN 110042217 A, 2019.07.23

CN 108060291 A, 2018.05.22

CN 108384928 A, 2018.08.10

FR 2785296 A1, 2000.05.05

CN 110093488 A, 2019.08.06

CN 110129525 A, 2019.08.16

CN 107630123 A, 2018.01.26

WO 2017120987 A1, 2017.07.20

审查员 王天天

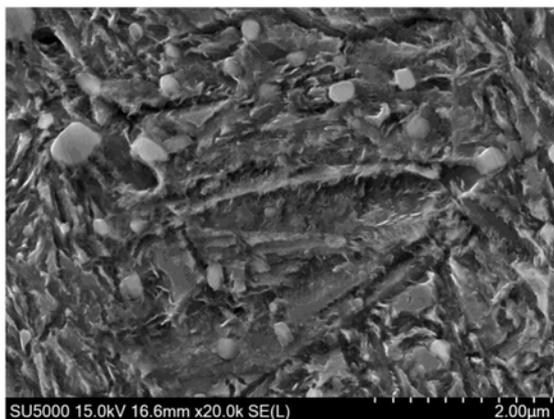
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法

(57) 摘要

本发明公开一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其包括:提供初始钢制零件,初始钢制零件包括相连接的表层和心部;对初始钢制零件进行第一热处理,使初始钢制零件生成马氏体组织,且马氏体组织仅位于初始钢制零件的表层;对初始钢制零件进行第二热处理,使初始钢制零件进行贝氏体转变,以形成目标钢制零件,目标钢制零件的心部的残余奥氏体含量高于目标钢制零件的表层的残余奥氏体含量,提高了钢制零件的抗冲击能力。本发明避免了传统的渗碳处理,缩短了钢制零件的制备周期,降低了制备钢制零件的能源消耗,进而降低了制造成本。



1. 一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在于,其包括:

提供初始钢制零件,所述初始钢制零件包括相连接的表层和心部;

加热所述初始钢制零件至奥氏体转变温度,再对所述初始钢制零件进行淬火处理,至所述初始钢制零件的表层温度为第一温度,并在此温度下对所述初始钢制零件进行第一等温处理,且在所述第一等温处理过程中,所述初始钢制零件的表层温度低于马氏体开始转变温度,心部温度高于马氏体转变开始温度,使所述初始钢制零件仅在表层生成马氏体组织;

再加热所述初始钢制零件至第二温度,并在此温度下对所述初始钢制零件进行第二等温处理,使所述初始钢制零件进行贝氏体转变;

其中,所述第一温度为马氏体转变开始温度以下的 $1^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,所述第二温度均为所述马氏体转变开始温度以上的 $1^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$;

所述第一等温处理的等温时间为 t ,所述等温时间满足 $t_1 \leq t < t_2$,其中, t_1 为所述初始钢制零件的表层降温至所述第一温度所需的时间, t_2 为所述初始钢制零件的心部降至马氏体转变开始温度所需的时间,所述 t_1 和 t_2 均通过所述初始钢制零件的不同深度位置在淬火介质中的冷却速度曲线来确定;

所述初始钢制零件的表层为所述初始钢制零件表面至所述初始钢制零件壁厚的1%~45%,所述初始钢制零件的心部为所述初始钢制零件表层以内的部分;

对所述初始钢制零件进行第二等温处理的步骤中,进行第二等温处理,直至所述初始钢制零件的表层的残余奥氏体含量小于15%,且所述初始钢制零件的心部的贝氏体含量为30%~50%,残余奥氏体含量为20%~40%。

2. 一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在于,其包括:

提供初始钢制零件,所述初始钢制零件包括相连接的表层和心部;

将所述初始钢制零件加热至 $800^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$,保温0.5h-1h后,对所述初始钢制零件进行淬火处理,使所述初始钢制零件的表层温度为马氏体转变开始温度以下的 $1^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,并在此温度下进行第一等温处理,同时保持所述初始钢制零件的心部温度高于马氏体转变开始温度;

将所述初始钢制零件升温至第二温度继续进行等温处理,所述第二温度为所述马氏体转变开始温度以上的 $1^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$,等温时间为0.5h-10h,冷却至室温后,再在 $150^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 下对目标钢制零件进行回火处理;

所述第一等温处理的等温时间为 t ,所述等温时间满足 $t_1 \leq t < t_2$,其中, t_1 为所述初始钢制零件的表层降温至第一温度所需的时间, t_2 为所述初始钢制零件的心部降至马氏体转变开始温度所需的时间,所述 t_1 和 t_2 均通过所述初始钢制零件的不同深度位置在淬火介质中的冷却速度曲线来确定;

所述初始钢制零件的表层为所述初始钢制零件表面至所述初始钢制零件壁厚的1%~45%,所述初始钢制零件的心部为所述初始钢制零件表层以内的部分;

对所述初始钢制零件进行第二等温处理的步骤中,进行第二等温处理,直至所述初始钢制零件的表层的残余奥氏体含量小于15%,且所述初始钢制零件的心部的贝氏体含量为30%~50%,残余奥氏体含量为20%~40%。

3. 根据权利要求1或2所述的利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在

于,所述淬火处理的方式包括盐浴或油浴,所述淬火处理步骤为将奥氏体化处理的所述初始钢制零件放入温度为第一温度的盐浴炉或油浴炉中,直接进行所述第一等温处理,等温时间为 t 。

4.根据权利要求1或2所述的利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在于,对所述初始钢制零件进行第二等温处理的步骤中,第二等温处理直至所述初始钢制零件的心部的残余奥氏体含量达到峰值。

5.根据权利要求1或2所述的利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在于,所述第一温度为马氏体转变开始温度以下的 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

6.根据权利要求1所述的利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在于,所述第二等温处理的等温时间为 $0.5\text{h}\sim 10\text{h}$ 。

7.根据权利要求1所述的利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在于,对所述初始钢制零件进行第二等温处理的步骤之后,还包括:

将目标钢制零件冷却至室温;及

对所述目标钢制零件进行回火处理。

一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及钢制零件制造领域,特别涉及轴承用的钢制零件的制造加工领域,具体涉及一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法。

背景技术

[0002] 现在用量最大的轴承用钢为高碳铬轴承钢,其用量达到整体轴承用钢市场的80%以上。然而,这种高碳铬轴承钢经过马氏体处理后韧性比较低,制造的轴承不适合应用于冲击载荷比较大的工况。

[0003] 在冲击载荷较大的工况下,通常采用渗碳钢轴承来保证使用性能。常用的渗碳钢为G20Cr2Ni4A钢,渗碳后经过马氏体淬、回火处理后为心部为低碳马氏体组织,具有高的冲击韧性。然而,渗碳轴承钢含有大量的昂贵合金元素,导致轴承制造成本高。近年来我国也陆续开发了多种低Ni含量或无Ni的渗碳轴承钢以降低成本。但是,这些渗碳轴承钢全都需要进行长时间的渗碳处理。众所周知,渗碳热处理渗碳周期长、能源消耗大,从而制造成本较高。

[0004] 除此之外,齿轮、轴等多种零部件也对表层的硬度以及抗冲击性能具有高的要求。

发明内容

[0005] 本发明提供一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,避免了传统的渗碳处理,缩短了钢制零件的制备周期,降低了制备钢制零件的能源消耗,进而降低了制作成本。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一方面,本发明一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其包括:

[0008] 提供初始钢制零件,所述初始钢制零件包括相连接的表层和心部;

[0009] 加热所述初始钢制零件至奥氏体转变温度,再对所述初始钢制零件进行淬火处理,至所述初始钢制零件的表层温度为第一温度,并在此温度下对所述初始钢制零件进行第一等温处理,且在所述第一等温处理过程中,所述初始钢制零件的表层温度低于马氏体开始转变温度,心部温度高于马氏体转变开始温度,使所述初始钢制零件仅在表层生成马氏体组织;

[0010] 再加热所述初始钢制零件至第二温度,并在此温度下对所述初始钢制零件进行第二等温处理,使所述初始钢制零件进行贝氏体转变;

[0011] 其中,所述第一温度为马氏体转变开始温度以下的 $1^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,所述第二温度均为所述马氏体转变开始温度以上的 $1^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

[0012] 另一方面,本发明提供一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,其特征在于,其包括:

[0013] 提供初始钢制零件,所述初始钢制零件包括相连接的表层和心部;

[0014] 将所述初始钢制零件加热至 $800^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$,保温0.5h-1h后,对所述初始钢制零件

进行淬火处理,使所述初始钢制零件的表层温度为马氏体转变开始温度以下的 $1^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,并在此温度下进行第一等温处理,同时保持所述初始钢制零件的心部温度高于马氏体转变开始温度;

[0015] 将所述初始钢制零件升温至第二温度继续进行等温处理,所述第二温度为所述马氏体转变开始温度以上的 $1^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$,等温时间为 $0.5\text{h}\sim 10\text{h}$,冷却至室温后,再在 $150^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 下对所述目标钢制零件进行回火处理。

[0016] 可优选的,所述第一等温处理的等温时间为 t ,所述等温时间满足 $t_1\leq t < t_2$,其中, t_1 为所述初始钢制零件的表层降温至所述第一温度所需的时间, t_2 为所述初始钢制零件的心部降至马氏体转变开始温度所需的时间,所述 t_1 和 t_2 均可通过所述初始钢制零件的不同深度位置在淬火介质中的冷却速度曲线来确定。

[0017] 可优选的,所述淬火处理的方式包括盐浴或油浴,所述淬火处理步骤为将奥氏体化处理的所述初始钢制零件放入温度为第一温度的盐浴炉或油浴炉中,直接进行第一等温处理,等温时间为 t 。

[0018] 可优选的,所述初始钢制零件的表层为所述初始钢制零件表面至所述初始钢制零件壁厚的 $1\%\sim 45\%$,所述初始钢制零件的心部为所述初始钢制零件表层以内的部分。

[0019] 可优选的,对所述初始钢制零件进行第二等温处理的步骤中,进行第二等温处理,直至所述初始钢制零件的表层的残余奥氏体含量小于 15% ,且所述初始钢制零件的心部的贝氏体含量为 $30\%\sim 50\%$,残余奥氏体含量为 $20\%\sim 40\%$ 。

[0020] 可优选的,所述对所述初始钢制零件进行第二等温处理的步骤中,进行第二等温处理,直至所述初始钢制零件的心部的残余奥氏体含量达到峰值。

[0021] 可优选的,所述第一温度为马氏体转变开始温度以下的 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

[0022] 可优选的,所述第二等温处理的等温时间为 $0.5\text{h}\sim 10\text{h}$ 。

[0023] 可优选的,对所述初始钢制零件进行第二等温处理的步骤之后,还包括:

[0024] 将所述目标钢制零件冷却至室温;

[0025] 对所述目标钢制零件进行回火处理。

[0026] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0027] 本发明实施例中,通过对初始钢制零件进行第一热处理,即加热至奥氏体转变温度后进行淬火处理,使初始钢制零件仅在表层生成马氏体组织,从而在第二热处理,即加热至第二温度后,等温处理,进行贝氏体转变时,表层基于第一热处理时生成的马氏体组织会显著诱发贝氏体生成,产生贝氏体生成的速度远大于心部,从而在第二热处理过程中,形成表层和心部的相变速度差。当表层基本转变完成之时,获得表层残余奥氏体含量低,且心部残余奥氏体含量高的组织形态。由于表层残余奥氏体含量低,并且以马氏体和贝氏体组织为主,使得钢制零件的表层具有高硬度,而心部高含量的残余奥氏体使得钢制零件的心部具有高韧性,从而可以形成满足制备要求的目标钢制零件,而不需要进行传统的渗碳处理,缩短了钢制零件的制备周期,降低了制备钢制零件的能源消耗,进而降低了制作成本。

附图说明

[0028] 图1是本发明实施例1中轴承钢表层组织图;以及

[0029] 图2是本发明实施例1中轴承钢心部组织图。

具体实施方式

[0030] 由背景技术可知,现有方式形成钢制零件,制备周期长、能源消耗大,从而制造成本较高。

[0031] 基于此,本发明实施例提供了一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,包括:提供初始钢制零件,初始钢制零件包括相连接的表层和心部;对初始钢制零件进行第一热处理,使初始钢制零件生成马氏体组织,且马氏体组织仅位于初始钢制零件的表层;对初始钢制零件进行第二热处理,使初始钢制零件进行贝氏体转变,以形成目标钢制零件,目标钢制零件的表层的残余奥氏体含量小于目标钢制零件的心部的残余奥氏体含量。

[0032] 本发明实施例中,通过第一热处理使初始钢制零件仅在表层生成马氏体组织,从而在第二热处理进行贝氏体转变时,表层基于第一热处理时生成的马氏体组织会显著诱发贝氏体生成,产生贝氏体生成的速度远大于心部,从而在第二热处理过程中,形成表层和心部的相变速度差。当表层基本转变完成之时,获得表层残余奥氏体含量低,且心部残余奥氏体含量高的组织形态。由于表层残余奥氏体含量低,并且以马氏体和贝氏体组织为主,使得钢制零件的表层具有高硬度,而心部高含量的残余奥氏体使得钢制零件的心部具有高韧性,从而可以形成满足制备要求的目标钢制零件,而不需要进行传统的渗碳处理,缩短了钢制零件的制备周期,降低了制备钢制零件的能源消耗,进而降低了制作成本。

[0033] 需要说明的是,本发明实施例中制备的钢制零件,可以为轴承零件,如轴承内圈、轴承外圈、轴承滚动体等,且不限于制备轴承零件,还可以制备其他类型的钢制零件,如耐磨钢零件、齿轮零件、轴类件等机械零件。

[0034] 为使本发明实施例的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明实施例的具体实施例做详细的说明。

[0035] 本发明提供了一种利用相变速度差制备耐冲击钢制零件的方法,包括:

[0036] 步骤S1:提供初始钢制零件,初始钢制零件包括相连接的表层和心部;

[0037] 初始钢制零件,为本发明实施例中待处理的钢制零件,目标钢制零件,为处理后具备特定特性的钢制零件。初始钢制零件,例如可以为轴承零件成品或者轴承零件的半成品。在本实施例中,初始钢制零件可以具体为经过球化退火处理后的钢材经过加工成形后得到的轴承零件,轴承零件可以为轴承内圈、轴承外圈和轴承滚动体,滚动体与轴承内圈的滚道和轴承外圈的滚道相匹配。

[0038] 在本实施例中,钢制零件的表层可以为钢制零件表面至钢制零件壁厚的1%~45%,如5%、10%、20%或30%等,钢制零件的心部为钢制零件表层以内的部分。表层和心部的具体尺寸,可以根据目标钢制零件的具体要求进行设置。在本实施例中,表层均参考这一定义,例如,初始钢制零件的表层可以为初始钢制零件表面至初始钢制零件壁厚的1%~45%,如5%、10%、20%或30%等,初始钢制零件的心部为初始钢制零件表层以内的部分;目标钢制零件的表层为目标钢制零件表面至目标钢制零件壁厚的1%~45%,如5%、10%、20%或30%等,目标钢制零件的心部为初始钢制零件表层以内的部分。

[0039] 为保证钢制零件的整体韧性,表层为钢制零件表面至钢制零件壁厚的5%~35%。其中,在进行轴承钢制零件的制备时,壁厚为轴承钢制零件的有效壁厚。以滚动体为例,壁厚指的是滚动体的直径,以轴承内圈为例,在沿轴承内圈的径向方向上,壁厚指的是轴承内圈的外径与内径之差的1/2,然后再根据不同类型轴承套圈的几何尺寸,进行有效壁厚的计

算。

[0040] 在初始钢制零件中,表层和心部为材料相同的一个整体,在其他示例中,表层和心部也可以为相连接的不同材料,本发明在此不做具体的限定。

[0041] 步骤S2:对初始钢制零件进行第一热处理,使初始钢制零件生成马氏体组织,且马氏体组织仅位于初始钢制零件的表层;

[0042] 通过使初始钢制零件生成马氏体组织,且马氏体组织仅位于初始钢制零件的表层,用于使表层的马氏体组织加速后期贝氏体的转变速率,而心部则由于未生成马氏体组织,在后续的贝氏体相变过程中,转变速率明显低于表层的转变速率。从而利用相变速度差,使得相变速度较慢的心部获得高含量的残余奥氏体,提高心部的韧性,并使相变速度较快的表层形成以贝氏体组织为主、含少量高碳马氏体组织的混合组织,从而保持较高的硬度。

[0043] 具体的,在本发明实施例中,对初始钢制零件进行第一热处理的步骤包括:

[0044] 步骤S21:加热初始钢制零件至奥氏体转变温度;

[0045] 通过加热初始钢制零件至奥氏体转变温度,以使初始钢制零件进行奥氏体化处理。

[0046] 具体的,奥氏体转变温度可以为800℃-1000℃。

[0047] 其中,可以在加热初始钢制零件至奥氏体转变温度后,保温0.5h~1h,使初始钢制零件的表层和心部均能达到奥氏体转变温度。

[0048] 步骤S22:对初始钢制零件进行淬火处理,直至初始钢制零件的表层温度低于马氏体转变开始温度,且初始钢制零件的心部温度高于马氏体转变开始温度。

[0049] 其中,对初始钢制零件进行淬火处理的步骤中,淬火处理直至初始钢制零件的表层温度为第一温度,第一温度为马氏体转变开始温度以下1℃~150℃,优选地,第一温度为马氏体转变开始温度以下5℃~40℃,例如马氏体转变开始温度以下5℃、10℃、20℃,或者,基于初始钢制零件处于降温过程中,表层的温度即第一温度也可以为上述温度范围内的一个小的温度范围,如马氏体转变开始温度以下1℃~20℃;初始钢制零件的心部温度可以为马氏体转变开始温度以上1℃~60℃,例如马氏体转变开始温度以上1℃、5℃、10℃、20℃、40℃等,或者,基于初始钢制零件处于降温过程中,心部的温度也可以为上述温度范围内的一个小的温度范围,马氏体转变开始温度以上1℃~20℃。

[0050] 可选的,第一温度可以由初始钢制零件表层在后续第二温度进行贝氏体转变完成时心部所获得的残余奥氏体含量和表层硬度要求来共同确定,即:使心部获得高含量的残余奥氏体,同时表层获得低含量的残余奥氏体和高含量的贝氏体以保证钢制零件表层硬度要求。可以理解的是,在淬火至第一温度过程中表层生成的马氏体含量直接影响表层在第二温度下的贝氏体生成速率,从而影响了心部和表层的贝氏体和残余奥氏体含量。

[0051] 步骤S23:对初始钢制零件进行第一等温处理,等温处理过程中,初始钢制零件的心部温度高于马氏体转变开始温度。

[0052] 其中,第一等温处理过程,指的是初始钢制零件的表面温度降低为第一温度时,即进行等温处理,从而给出一定的缓冲时间,确保表层部分的温度均在马氏体转变开始温度以下。

[0053] 第一等温处理过程的等温时间为t,该等温时间满足 $t_1 \leq t < t_2$,其中,t₁为初始钢

制零件的表层降温至第一温度所需的时间, t_2 为初始钢制零件的心部降至马氏体转变开始温度所需的时间。 t_1 和 t_2 均可通过初始钢制零件的不同深度位置在淬火介质中的冷却速度曲线来确定。

[0054] 淬火处理可以为盐浴、油浴等方式, 淬火处理步骤为将奥氏体化处理的初始钢制零件放入温度为第一温度的盐浴炉或油浴炉中, 直接进行第一等温处理,

[0055] 在淬火处理过程中, 基于表层的降温早于心部的降温, 且表层的降温速度高于心部的降温速度, 通过对淬火处理过程进行相应的控制, 可以控制表层和心部的温差, 并进一步将表层和心部的温度分别控制在马氏体转变开始温度以下和以上。在进行淬火处理过程中, 表层在低于马氏体转变开始温度后的降温过程中, 会立刻开始马氏体转变, 而心部则由于始终高于马氏体转变开始温度而不会生成马氏体组织。

[0056] 为了能够实现淬火过程中精准控制表层和心部的温度, 首先需测定在淬火介质中初始钢制零件的表层不同深度位置以及心部的冷却曲线, 根据冷却曲线, 确定在第一等温处理过程中, 钢制零件在淬火介质中的保持时间, 以控制表层温度, 同时需保证心部温度不低于马氏体转变温度。如采用盐浴淬火时, 可直接设定盐浴温度为第一温度, 根据钢制零件不同深度位置及心部在第一温度盐浴中的冷却曲线, 确定等温时间 t , 保证预定深度位置冷却到第一温度、心部温度仍在马氏体转变温度之上。然后将钢制零件转入第二温度的盐浴炉中继续等温处理, 使得表层和心部进行贝氏体转变。

[0057] 盐浴和油浴均能在淬火过程中实现对表层和心部温度的精准控制, 而水浴方式则难以实现, 理由如下: 首先, 要避免钢制零件在淬火过程中, 不生成珠光体, 需要钢制零件在介质中的高温冷却速度较快, 以避开珠光体转变区。而在常压下水的沸点仅为 100°C , 不仅温度较低, 同时在该温度下的水浴中, 钢制零件的冷却速度较慢, 无法满足前期快速冷却的要求。如果采用降低水浴温度, 提高冷却速度, 则需要采用多次水浴循环处理, 即水浴-空冷-水浴-空冷-……-水浴的处理方式, 来使得表层温度降低到预定第一温度。通过热电偶或其他测温方式可以准确测定钢制表面的温度, 然而, 在钢制零件预定厚度位置, 温度则无法测定。而通过采用多次循环水浴实验测定预定厚度位置的冷却曲线, 由于在空冷过程中, 存在表层不同位置不同程度的返热回温, 对结构复杂零部件, 不同位置的返热回温差异较大, 使其冷却曲线难以应用到实际生产过程中。同时, 在水浴过程中, 表层温度降低较快, 在其降低至马氏体开始转变温度之下后, 在后续的返温过程中, 如果温度升高到马氏体开始转变温度以上, 则会很快生成贝氏体, 在继续水浴过程中, 是否会继续生成马氏体, 难以确定。因此, 难以控制表层的组织以及预定深度位置的温度。另外, 水浴处理也难以保证表面在达到第一温度后的多次循环水浴过程中, 其温度控制在第一温度。

[0058] 步骤S3: 对初始钢制零件进行第二热处理, 使初始钢制零件进行贝氏体转变, 以形成目标钢制零件, 目标钢制零件的表层的残余奥氏体含量小于目标钢制零件的心部的残余奥氏体含量。

[0059] 基于初始钢制零件中, 仅表层形成有马氏体组织, 从而在本步骤中的贝氏体转变过程中, 表层的马氏体组织会加速表层贝氏体的转变, 而心部则由于未生成马氏体组织, 心部贝氏体的转变速率明显低于表层的转变速率。

[0060] 具体的, 在本发明实施例中, 对初始钢制零件进行第二热处理的步骤包括:

[0061] 步骤S31: 加热初始钢制零件至第二温度, 第二温度高于马氏体转变开始温度;

[0062] 通过加热初始钢制零件至第二温度,以使初始钢制零件进行贝氏体转变。

[0063] 其中,第二温度可以为马氏体转变开始温度以上 $1^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

[0064] 步骤S32:对初始钢制零件进行第二等温处理,使初始钢制零件进行贝氏体转变,以形成目标钢制零件。

[0065] 对初始钢制零件进行第二等温处理,以使初始钢制零件表层完成贝氏体转变。

[0066] 其中,第二等温处理的等温时间可以为 $0.5\text{h}\sim 10\text{h}$ 。

[0067] 在一个可优选的实施例中,可以进行第二等温处理,直至初始钢制零件的表层的残余奥氏体含量小于 15% ,且初始钢制零件的心部的贝氏体含量为 $30\%\sim 50\%$,残余奥氏体含量为 $20\%\sim 40\%$,从而使初始钢制零件的表层硬度更高的同时,心部韧性也更高。

[0068] 或者,在其他实施例中,可以进行第二等温处理,直至初始钢制零件的心部的残余奥氏体含量达到峰值,以更大程度的提高心部韧性。或者,还可以进行第二等温处理,直至初始钢制零件心部贝氏体含量达到 $30\%\sim 50\%$ 。

[0069] 需要说明的是,第二等温处理在保证心部获得最大的残余奥氏体含量的同时,还应保证心部和表层的协调。

[0070] 在本发明实施例中,在对初始钢制零件进行第二热处理的步骤之后,还可以进一步包括:

[0071] 步骤S4:将目标钢制零件冷却至室温;

[0072] 步骤S5:对目标钢制零件进行回火处理。

[0073] 其中,可以在 $150^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 下回火处理目标钢制零件,从而减小目标钢制零件材料的淬火应力。

[0074] 在本发明实施例中,还以轴承钢制零件为例,提供了一种轴承钢制零件的制备方法,包括以下步骤:

[0075] 步骤1,轴承钢制零件进行奥氏体化处理:将轴承钢制零件加热至 T_1 温度,保温 $0.5\text{h}\sim 1\text{h}$;

[0076] 步骤2,降低轴承钢制零件的表层温度至 T_2 温度:将零件淬火至 M_s 温度,即马氏体转变开始温度以下的 T_2 温度的盐浴炉中,短时等温 t_1 时间后,保证表层内的温度降低至 T_2 温度,心部温度不低于 M_s 温度;

[0077] 步骤3,将轴承钢制零件转移至温度为 T_3 的盐浴炉中进行等温处理,使轴承钢制零件表层和心部均进行贝氏体相变,等温时间为 t_2 ;此时,由于表层在步骤2中淬火至 T_2 温度过程中已经生成了部分马氏体,因此表层在本步骤中的贝氏体相变速率明显加快;而心部由于并未受到步骤2降温过程的显著影响,未生成马氏体,因此相变速率未得到加速。此时,表层和心部存在明显的相变速度差。等温时间 t_2 即为轴承零部件心部贝氏体含量达到 $30\%\sim 50\%$ 时所对应的时间,此时零件冷却至室温后心部保留有大量的残余奥氏体;而此时,表层的贝氏体转变量已经达到 50% 到 80% ,冷却至室温后,残余奥氏体含量低于 15% 。

[0078] 步骤4,在 $170^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 下回火处理轴承钢制零件,从而减小轴承钢制零件材料的淬火应力。

[0079] T_1 范围为 $810\sim 880^{\circ}\text{C}$, T_2 温度为轴承钢制零件马氏体转变开始温度 M_s 以下 $5\sim 40^{\circ}\text{C}$,即 T_2 的控制范围是 $M_s-5^{\circ}\text{C}\sim M_s-40^{\circ}\text{C}$;保温时间 t_1 根据淬火介质和轴承钢制零件的尺寸和形状确定,同时需确保轴承钢制零件心部温度在 T_3 温度以上, T_3 温度为轴承钢马氏体转

变开始温度 M_s 以上 $1\sim 60^\circ\text{C}$,即 T_3 的控制范围是 $M_s+1\sim M_s+60^\circ\text{C}$;保温时间 t_2 为 $0.5\sim 10\text{h}$ 。

[0080] 可以看出,本发明实施例首先将轴承钢零件先冷却至低于马氏体转变开始温度 T_2 ,使得轴承零件材料组织中生成一定量的马氏体,进而促进贝氏体相变,有效缩短了热处理周期。进一步,利用了表层短时间贝氏体相变,而心部贝氏体转变不完全,但在这短时间内,心部未转变的过冷奥氏体得到了充分的稳定化,使其在冷却至室温过程中,可以得到 $20\%\sim 40\%$ 的高含量残余奥氏体,从而显著提高心部的冲击韧性。

[0081] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面对本发明的具体实施例做详细的说明。

[0082] 为便于说明,本发明进一步提供两个具体的实施例。

[0083] 实施例1:

[0084] 采用一种高碳铬轴承钢,主要化学成分质量百分数为,C:0.92、Si:1.51、Mn:1.20、Cr:1.53、Mo:0.38、Ni:2.40。对轴承钢进行球化退火处理后,加工成轴承零件,轴承套圈壁厚 72mm 。材料的 M_s 温度为 165°C 。将轴承零件加热到 840°C 保温30分钟,放入 155°C 的盐浴炉中保温 10s ,待表面以下 6mm 位置温度也降到 155°C 后取出,放入 200°C 的盐浴炉中等温 7h ,此时表层的贝氏体含量达到 75% ,心部的贝氏体含量达到 40% ,取出冷却至室温,最后在 190°C 的炉中保温 1h 进行回火处理。参考图1示出的轴承钢表层组织图和图2示出的轴承钢心部组织图,最终组织中表层的残余奥氏体含量为 12% ,心部的残余奥氏体含量为 35% 。经过该方法处理后轴承套圈表面硬度为 60.5HRC ,心部硬度为 58.9HRC ,心部的冲击韧性为 $105\text{J}/\text{cm}^2$ 。

[0085] 将该轴承套圈直接在 200°C 长时间等温处理 60h ,获得全贝氏体组织的冲击韧性为 $42\text{J}/\text{cm}^2$,而直接油淬+低温回火处理后获得马氏体组织的冲击韧性为 $18\text{J}/\text{cm}^2$ 。可以看出,轴承套圈心部冲击韧性相比全贝氏体组织和全马氏体组织分别提高了 150% 和 483% 。

[0086] 实施例2:

[0087] 采用一种高碳铬轴承钢,主要化学成分质量百分数为,C:0.98、Si:0.55、Mn:0.85、Cr:1.52、Al:0.08。对轴承钢进行球化退火处理后,加工成轴承零件,轴承套圈壁厚 35mm 。材料的 M_s 温度为 192°C 。将轴承零件加热到 845°C 保温40分钟,放入 170°C 的盐浴炉中等温 5s ,待表面以下 8mm 位置温度也降到 170°C 后取出,放入 220°C 的盐浴炉中等温 1h ,此时表层的贝氏体含量达到 73% ,心部的贝氏体含量达到 52% ,取出冷却至室温,最后在 170°C 的炉中保温 2h 进行回火处理。最终组织中表层的残余奥氏体含量为 5% ,心部的残余奥氏体含量为 26% 。经过该方法处理后轴承套圈表面硬度为 61.2HRC ,心部硬度为 59.1HRC ,心部的冲击韧性为 $83\text{J}/\text{cm}^2$ 。

[0088] 将该轴承套圈直接在 220°C 长时间等温处理 15h 获得全贝氏体组织的冲击韧性为 $65\text{J}/\text{cm}^2$,而直接油淬+低温回火处理后获得马氏体组织的冲击韧性为 $11\text{J}/\text{cm}^2$,可以看出,轴承套圈心部冲击韧性相比全贝氏体组织和全马氏体组织分别提高了 27% 和 654% 。

[0089] 可以看出,将轴承钢制零件表层淬火至马氏体转变开始温度 M_s 以下,获得一定体积分数的马氏体,从而显著加速后期贝氏体的转变速率;而轴承钢制零件心部由于温度尚在 M_s 温度以上,后期等温过程中,其贝氏体相变过程要明显低于表层的转变速率。利用相变速度差,使得相变速度较慢的轴承用钢心部获得高含量的残余奥氏体,明显提高心部的韧性,从而明显提高轴承的抗冲击能力,并使相变速度较快的轴承钢制零件表层形成以贝氏

体组织为主、含少量高碳马氏体组织的混合组织,轴承钢制零件整体硬度均高于58HRC。

[0090] (1) 轴承钢制零件心部的韧性比常规马氏体处理轴承钢提高1~5倍,比常规贝氏体处理提高0.5-2倍。

[0091] (2) 轴承用钢心部为含20%以上高碳马氏体组织、一定量贝氏体组织和较高含量残余奥氏体的混合组织,这样比例的高碳马氏体组织和贝氏体组织保证轴承用钢心部的硬度达到58HRC以上,满足全淬型轴承零件的心部硬度要求。

[0092] (3) 同时达到了缩短相变时间、提高轴承钢制零件韧性的目的。

[0093] 本实施例中,经过本发明技术处理后,轴承钢心部的冲击韧性均得到了大幅度的提高。

[0094] 进一步的,先将轴承零件先冷却至小于马氏体转变开始温度,使得轴承零件表层材料组织内生成一定量的马氏体,进而促进贝氏体相变,有效缩短了热处理周期。

[0095] 由于低含量的残余奥氏体使得钢制零件的表层具有高硬度,而高含量的残余奥氏体使得钢制零件的心部具有高韧性,从而可以形成满足制备要求的目标钢制零件,而不需要进行传统的渗碳处理,缩短了钢制零件的制备周期,降低了制备钢制零件的能源消耗,进而降低了制造成本。

[0096] 需要说明的是,在本发明中,具体的数值范围中,端点值同样包括在本发明的范围之内。

[0097] 本文描述了本发明实施例提供的多个实施例方案,各实施例方案介绍的各可选方式可在不冲突的情况下相互结合、交叉引用,从而延伸出多种可能的实施例方案,这些均可认为是本发明实施例披露公开的实施例方案。

[0098] 虽然本发明披露如上,但本发明并非限于于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

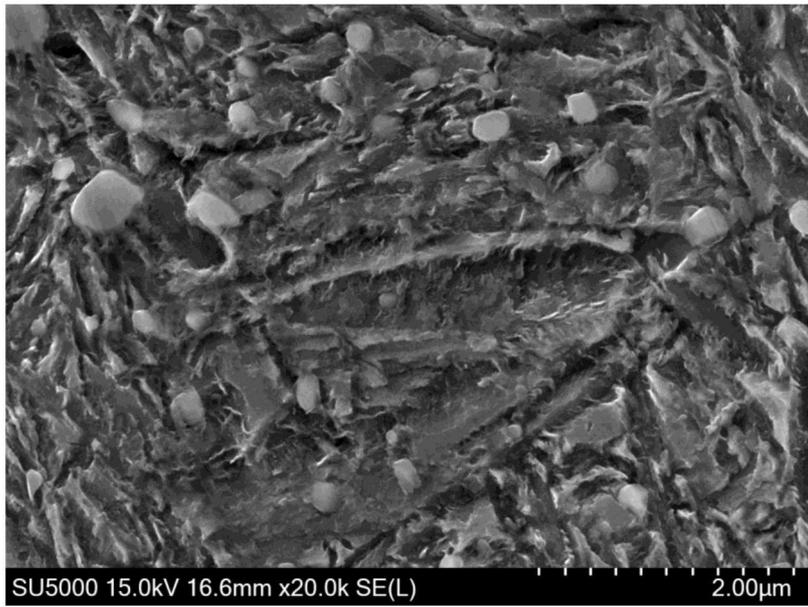


图1

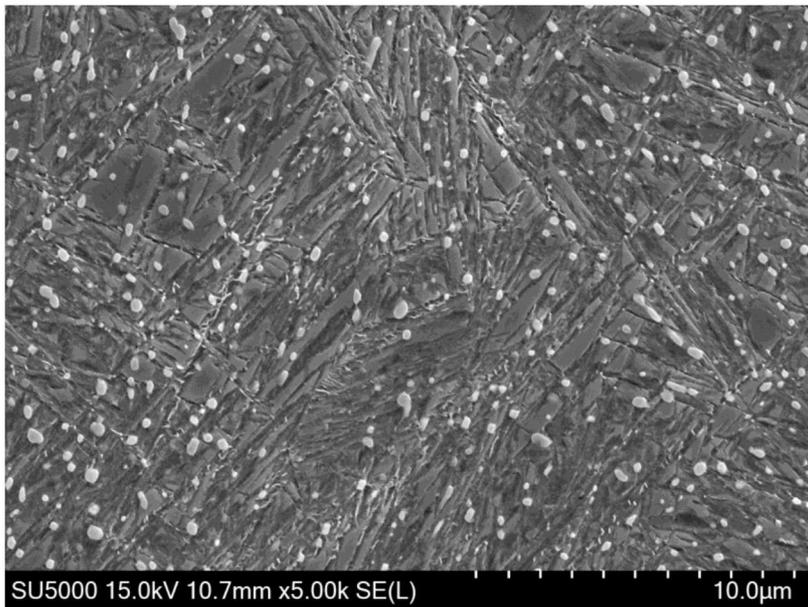


图2