



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112059565 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 12

(21) 申请号 202010838193.3

审查员 易青梦娜

(22) 申请日 2020.08.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112059565 A

(43) 申请公布日 2020.12.11

(73) 专利权人 北京卫星制造厂有限公司

地址 100190 北京市海淀区知春路63号

(72) 发明人 韩建超 王春健 王凯 张加波

郑立彦 王青 王康 冯爱民

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 程何

(51) Int. Cl.

B23P 15/14 (2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法

(57) 摘要

一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,属于航空航天和精密技术领域。本发明包括:下料然后粗加工,单边留3mm余量,并进行超声探伤;粗加工后去应力退火,减少齿坯加工应力;采用伞齿刨削加工或铣齿机半精加工齿形,齿面余量0.5mm;进行真空淬火时效处理,这样在淬火前就完成了锥齿轮的半精加工,减少精加工加工量;精加工时采用锥齿轮磨齿机进行齿形的加工,可以实现高强不锈钢CF170薄壁锥齿轮的精密加工,目前最高能达到的齿轮精度为4级。本发明采用先半精加工后淬火最后精磨齿的工艺路线,淬火时通过专用工装保证零件结构精度,将淬火变形控制在很小的范围;磨齿后通过锥齿轮副的跑和改善了锥齿轮副齿面的接触情况。



CN 112059565 B

1. 一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,准备毛坯料,对毛坯料进行检查,若检查合格则根据零件尺寸下毛坯料锻制钢棒CF170,规格 $\Phi 90 \times 50$,并进行超声探伤和低倍检测检查确认材料无缺陷,检查毛坯料质保书,并记录原材料质保书中规定的固溶时效制度;

步骤2,对钢棒CF170的外圆及两端面粗加工,形成第一齿轮坯件;

步骤3,对第一齿轮坯件进行热处理时效去应力退火,形成第二齿轮坯件;

步骤4,对第二齿轮坯件进行半精车,单边留0.5mm余量,无公差尺寸加工到位,形成第三齿轮坯件;

步骤5,对第三齿轮坯件进行伞齿刨加工或铣齿机半精加工齿形,齿面余量0.5mm,形成第四齿轮坯件;

步骤6,根据所述固溶时效制度对第四齿轮坯件进行热处理固溶时效,形成第五齿轮坯件;

步骤7,对第五齿轮坯件磨基准孔,形成第六齿轮坯件;

步骤8,对第六齿轮坯件的锥齿轮齿面采用锥齿轮磨齿机进行精磨齿,加工至符合图纸要求,形成第七齿轮坯件;

步骤9,装配锥齿轮跑和装置,使用所述锥齿轮跑和装置进行第七齿轮坯件的锥齿轮副的跑和,完成高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造;

所述伞齿刨加工包括如下步骤:

刨齿机刀架安装在摇台上,刨齿机上下刀架作直线往复的切削运动,并随摇台摆动,摇台每往复摆动一次,刨齿机完成一个齿的切削运动;

转动角度分齿并开始刨下一个齿,直至全部齿加工完成;

刨齿机刀具为整体高速钢材质或整体硬质合金的刨齿刀的刨齿刀;

所述固溶时效制度为:固溶温度为 $900^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,固溶保温时长为2h;冷却油的温度为 -70°C ,冷却保温时长为8h;时效温度为 $510^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,时效保温时长为4~5h;

热处理的设备为空气电阻炉和低温箱;

热处理后将齿坯进行磁粉检测,检查零件表面有无淬火导致的微裂纹;若没有,则继续后续步骤;若存在微裂纹,则分析裂纹产生的原因,根据分析结果改进热处理制度或热处理时的坯件结构,产生微裂纹的本批齿坯报废。

2. 根据权利要求1所述的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于:所述对毛坯料进行检查包括检查毛坯料内部是否有超出GB/T4162-2008的缺陷,以及材料横截面酸浸低倍试片上是否有缩孔、气泡、裂纹、偏析、夹杂和其他缺陷;进一步的优化处理包括将钢棒CF170两头各去除100mm长度的料头。

3. 根据权利要求1所述的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于,所述时效去应力退火包括如下步骤:在 120°C - 150°C 环境下对第一齿轮坯件进行去应力退火处理,并保温2-4h。

4. 根据权利要求1所述的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于:精磨齿前设定基准精度,装夹后以目前齿坯的齿形找正,磨基准孔到尺寸,基准孔的圆度优于0.005mm,以提高精磨时的加工精度。

5. 根据权利要求1所述的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于,磨

齿包括如下步骤:使用锥齿轮磨齿机对第六齿轮坯件进行加工,当第六齿轮坯件自转某一角度时,使公转转台也转过对应角度,工作台同时移动对应的距离,此时砂轮多轴联动磨削一次;如此循环,直至完成齿面的磨削加工;

磨齿刀具为微晶陶瓷氧化铝砂轮或立方氮化硼砂轮,切削速度为1500m/min。

6. 根据权利要求1所述的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于,所述装配锥齿轮跑和装置包括如下步骤:首先将第一芯轴2和第二芯轴5安装在支撑架1上,其中第二芯轴5和支撑架1之间的连接不可调,第一芯轴2和支撑架1之间的连接通过支撑架1对应位置的长圆孔调节,以保证齿轮副安装距;小锥齿轮3和大锥齿轮4分别通过第一芯轴2和第二芯轴5与支撑架1连接。

7. 根据权利要求1所述的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于,所述使用跑和装置进行第七齿轮坯件的锥齿轮副跑和的步骤为:首先将锥齿轮与对应芯轴连接,之后将与锥齿轮配对使用的锥齿轮与另一芯轴连接,根据要求的安装距调整两个锥齿轮的安装距,之后将两芯轴与支撑架1之间的连接螺钉拧紧,开始跑和;

锥齿轮跑和时按照设计要求的载荷和时长进行,跑和时齿面涂红丹粉,跑和后根据红丹粉残留量判定接触区域是否符合要求。

8. 根据权利要求1所述的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,其特征在于:所述步骤2和步骤4中,加工时分多次切削,减少加工应力。

一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,属于航空航天和精密技术领域。

背景技术

[0002] CF170是一种马氏体时效不锈钢,固溶时效强化后,抗拉强度可以达到 1550MPa,硬度达到HRC50左右。作为一种强度高、抗冲击性能强的新型钢材,在航天领域主要应用于航天器驱动传动机构中的齿轮产品。

[0003] 超高强度不锈钢优良的力学特性,使得高强不锈钢锥齿轮在加工过程中存在一定困难,该材料淬火后硬度高(约HRC50),该硬度的锥齿轮属于硬齿面齿轮,常用的刨齿或铣齿难以加工,淬火后直接磨齿则效率较低。常用的直齿锥齿轮加工方法和工艺路线无法实现此类型齿轮的精密加工。

发明内容

[0004] 本发明解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供了一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,解决高强度不锈钢薄壁锥齿轮因材料淬火后硬度过高和变形过大导致的制造难题,精密高效地完成高强不锈钢(CF170)薄壁锥齿轮的加工制造。该方法不但适用于航天器机构齿轮的精密加工,还适用于其它领域同类齿轮的精密加工。

[0005] 本发明的技术解决方案是:一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法,包括如下步骤:

[0006] 步骤1,准备毛坯料,对毛坯料进行检查,若检查合格则根据零件尺寸下毛坯料锻制钢棒CF170,规格 $\Phi 90 \times 50$,并进行超声探伤和低倍检测检查确认材料无缺陷,检查毛坯料质保书,并记录原材料质保书中规定的固溶时效制度;

[0007] 步骤2,对钢棒CF170的外圆及两端面粗加工,形成第一齿轮坯件;

[0008] 步骤3,对第一齿轮坯件进行热处理时效去应力退火,形成第二齿轮坯件;

[0009] 步骤4,对第二齿轮坯件进行半精车,单边留0.5mm余量,无公差尺寸加工到位,形成第三齿轮坯件;

[0010] 步骤5,对第三齿轮坯件进行伞齿刨加工或铣齿机半精加工齿形,齿面余量0.5mm,形成第四齿轮坯件;

[0011] 步骤6,根据所述固溶时效制度对第四齿轮坯件进行热处理固溶时效,形成第五齿轮坯件;

[0012] 步骤7,对第五齿轮坯件磨基准孔,形成第六齿轮坯件;

[0013] 步骤8,对第六齿轮坯件的锥齿轮齿面采用锥齿轮磨齿机进行精磨齿,加工至符合图纸要求,形成第七齿轮坯件;

[0014] 步骤9,装配锥齿轮跑和装置,使用所述锥齿轮跑和装置进行第七齿轮坯件的锥齿轮副的跑和,完成高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造。

[0015] 进一步地,所述对毛坯料进行检查包括检查毛坯料内部是否有超出GB/T 4162-2008的缺陷,以及材料横截面酸浸低倍试片上是否有缩孔、气泡、裂纹、偏析、夹杂和其他缺陷;所述优化处理包括将钢棒CF170两头各去除100mm 长度的料头。

[0016] 进一步地,所述时效去应力退火包括如下步骤:在120℃-150℃环境下对第一齿轮坯件进行去应力退火处理,并保温2-4h。

[0017] 进一步地,所述伞齿刨加工包括如下步骤:

[0018] 刨齿机刀架安装在摇台上,刨齿机上下刀架作直线往复的切削运动,并随摇台摆动,摇台每往复摆动一次,刨齿机完成一个齿的切削运动;

[0019] 转动角度分齿并开始刨下一个齿,直至全部齿加工完成;

[0020] 刨齿机刀具为整体高速钢材质或整体硬质合金的刨齿刀的刨齿刀。

[0021] 进一步地,所述固溶时效制度为:固溶温度为900℃±5℃,固溶保温时长为2h;冷却油的温度为-70℃,冷却保温时长为8h;时效温度为510℃±5℃,时效保温时长为4~5h;

[0022] 热处理的设备为空气电阻炉和低温箱;

[0023] 热处理后将齿坯进行磁粉检测,检查零件表面有无淬火导致的微裂纹;若没有,则继续后续步骤;若存在微裂纹,则分析裂纹产生的原因,根据分析结果改进热处理制度或热处理时的坯件结构,产生微裂纹的本批齿坯报废。

[0024] 进一步地,精磨齿前设定基准精度,装夹后以目前齿坯的齿形找正,磨基准孔到尺寸,基准孔的圆度优于0.005mm,以提高精磨时的加工精度。

[0025] 进一步地,磨齿包括如下步骤:使用锥齿轮磨齿机对第六齿轮坯件进行加工,当第六齿轮坯件自转某一角度时,使公转转台也转过对应角度,工作台同时移动对应的距离,此时砂轮多轴联动磨削一次;如此循环,直至完成齿面的磨削加工;

[0026] 磨齿刀具为微晶陶瓷氧化铝砂轮或立方氮化硼砂轮,切削速度为1500 m/min。

[0027] 进一步地,所述装配锥齿轮跑和装置包括如下步骤:首先将第一芯轴2和第二芯轴5安装在支撑架1上,其中第二芯轴5和支撑架1之间的连接不可调,第一芯轴2和支撑架1之间的连接通过支撑架1对应位置的长圆孔调节,以保证齿轮副安装距;小锥齿轮3和大锥齿轮4分别通过第一芯轴2和第二芯轴5 与支撑架1连接。

[0028] 进一步地,所述使用跑和装置进行第七齿轮坯件的锥齿轮副跑和的步骤为:首先将锥齿轮与对应芯轴连接,之后将与锥齿轮配对使用的锥齿轮与另一芯轴连接,根据要求的安装距调整两个锥齿轮的安装距,之后将两芯轴与支撑架1 之间的连接螺钉拧紧,开始跑和;

[0029] 锥齿轮跑和时按照设计要求的载荷和时长进行,跑和时齿面涂红丹粉,跑和后根据红丹份残留量判定接触区域是否符合要求。

[0030] 进一步地,所述步骤2和步骤4中,加工时分多次切削,减少加工应力。

[0031] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0032] (1) 创新的高强不锈钢薄壁锥齿轮加工方案设计

[0033] 锥齿轮先进行粗加工,可采用伞齿刨加工或铣齿机铣加工齿形;齿轮要进行真空淬火时效处理,处理后硬度≥HRC50,在如此高的坯件硬度下,继续采用刨齿或铣齿方式加工锥齿轮很难获得较高精度,因此在淬火前完成了锥齿轮的半精加工,减少精加工加工量,精加工时采用锥齿轮磨齿机进行齿形的加工,实现了超高强不锈钢CF170薄壁锥齿轮的

精密加工,目前最高能达到的齿轮精度为4级。

[0034] (2)良好的精度保持技术

[0035] 采用粗加工后固溶时效强化和专用热处理保持装置来稳定坯件尺寸并消除应力,热处理后的坯件变形小,采用锥齿轮磨齿机精加工后齿形精度可到4级,实现了薄壁锥齿轮的高精度加工和精度保持。

[0036] (3)实用性强

[0037] 锥齿轮淬火时效后硬度高导致常用的锥齿轮加工方法无法采用,本发明中的齿轮加工方案对高硬CF170薄壁锥齿轮的加工具有较高的指导性,精度保持技术和齿轮副跑和技术具备较高的可操作性,实用性强。

附图说明

[0038] 图1为本发明方法步骤流程图;

[0039] 图2为本发明锥齿轮副跑和示意图;

[0040] 图3为本发明装置零件图。

具体实施方式

[0041] 为了更好的理解上述技术方案,下面通过附图以及具体实施例对本申请技术方案做详细的说明,应当理解本申请实施例以及实施例中的具体特征是对本申请技术方案的详细的说明,而不是对本申请技术方案的限定,在不冲突的情况下,本申请实施例以及实施例中的技术特征可以相互组合。

[0042] 以下结合说明书附图对本申请实施例所提供的一种高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造方法做进一步详细的说明,具体实现方式可以包括(如图1所示):

[0043] 步骤1,准备毛坯料,对毛坯料进行检查,若检查合格则根据零件尺寸下毛坯料锻制钢棒CF170,规格 $\Phi 90 \times 50$,并进行超声探伤和低倍检测检查确认材料无缺陷,检查毛坯料质保书,并记录原材料质保书中规定的固溶时效制度;

[0044] 在本申请实施例提供的技术方案中,材料需安排进行A级超声探伤,要求内部不能有超出GB/T 4162-2008的缺陷。另外,为避免影响齿轮性能,需对材料进行低倍检测,材料横截面酸浸低倍试片上不允许有缩孔、气泡、裂纹、偏析、夹杂和其他缺陷。条件允许的情况下,整根锻棒两头各去除100mm左右长度的料头,尽可能避免料头锻造性能不佳导致影响齿轮性能。

[0045] 步骤2,对钢棒CF170的外圆及两端面粗加工,形成第一齿轮坯件;

[0046] 在一种可能的实现方案中,齿轮轮廓尺寸为 $\Phi 90 \times 20$,多出的30mm长度作为车加工时的工艺夹头。

[0047] 可选的,粗加工单边留余量3mm。

[0048] 进一步,加工时不要一次切削到位,应多次切削,减少加工应力。

[0049] 步骤3,对第一齿轮坯件进行热处理时效去应力退火,形成第二齿轮坯件;

[0050] 在本申请实施例提供的技术方案中,退火方式为低温退火,主要目的是减少齿坯加工应力;

[0051] 进一步,在一种可能的实现方案中,具体的热处理制度为:120℃-150℃去应力退

火处理,保温2-4h。

[0052] 步骤4,对第二齿轮坯件进行半精车,单边留0.5mm余量,无公差尺寸加工到位,形成第三齿轮坯件;

[0053] 在本申请实施例提供的技术方案中,加工时不要一次切削到位,应多次切削,减少加工应力。

[0054] 步骤5,对第三齿轮坯件进行伞齿刨加工或铣齿机半精加工齿形,齿面余量0.5mm,形成第四齿轮坯件;

[0055] 在本申请实施例提供的技术方案中,刨齿流程为:刨齿机上下刀架作直线往复的切削运动,整个刀架装在摇台上,并随摇台摆动,摇台每往复摆动一次,就完成一个齿的切削运动。然后工件退出,转动角度分齿并开始刨下一个齿。全部齿加工完成后停止。

[0056] 进一步,在本申请实施例提供的技术方案中,刨齿刀具的选择:刨齿时材料尚未淬硬,因此对刀具硬度的要求不是很高,采用整体高速钢材质的刨齿刀即可。在条件许可的情况下,也可采用整体硬质合金的刨齿刀,以减少零件的切削损伤和加工应力。

[0057] 步骤6,根据所述固溶时效制度对第四齿轮坯件进行热处理固溶时效,形成第五齿轮坯件;

[0058] 在本申请实施例提供的技术方案中,处理方式为淬火,时效后硬度HRC50;

[0059] 进一步,具体的热处理制度为:固溶温度 $900^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温2h,油冷; -70°C ,保温8h;时效温度 $510^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温4~5h;

[0060] 可选的,在一种可能的实现方案中,热处理设备为:空气电阻炉和低温箱,加热炉的炉温均匀性要符合III类以上技术条件。

[0061] 在本申请实施例提供的技术方案中,热处理后应将齿坯进行磁粉检测,检查零件表面有无淬火导致的微裂纹。

[0062] 步骤7,对第五齿轮坯件磨基准孔,形成第六齿轮坯件;

[0063] 在本申请实施例提供的技术方案中,以齿定位找正,磨基准孔到尺寸,要求基准孔圆度优于0.005mm。需要注意的是,为保证基准统一,可根据实际情况设计磨内孔夹具。

[0064] 步骤8,对第六齿轮坯件的锥齿轮齿面采用锥齿轮磨齿机进行精磨齿,加工至符合图纸要求,形成第七齿轮坯件;

[0065] 在本申请实施例提供的技术方案中,磨齿流程为:使用和刨齿机同样工作原理的锥齿轮磨齿机进行加工,被磨坯件自转某一角度,公转转台转过对应角度,工作台同时移动对应的距离,砂轮多轴联动磨削一次。如此循环,直至完成齿面的磨削加工。

[0066] 进一步,在本申请实施例提供的技术方案中,磨齿刀具的选择:磨齿时材料已淬硬,因此对刀具硬度的要求较高。建议采用SG(微晶陶瓷氧化铝)砂轮或CBN(立方氮化硼)砂轮。SG砂轮是用粉末冶金方法熔炼而成的陶瓷氧化铝晶体砂轮。它比普通氧化铝砂轮硬且韧性好,切削速度保持在1500m/min左右。

[0067] 步骤9,装配锥齿轮跑和装置,使用所述锥齿轮跑和装置进行第七齿轮坯件的锥齿轮副的跑和,完成高强不锈钢薄壁锥齿轮的精密制造。

[0068] 如图2、3,在本申请实施例提供的技术方案中,首先将第一芯轴2和第二芯轴5安装在支撑架1上,其中第二芯轴5和支撑架1之间的连接不可调,第一芯轴2和支撑架1之间的连接可通过支撑架1对应位置的长圆孔调节以保证齿轮副安装距。小锥齿轮3和大锥齿轮4分

别通过第一芯轴2和第二芯轴5与支撑架1连接。

[0069] 显然,本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样,倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内,则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

[0070] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

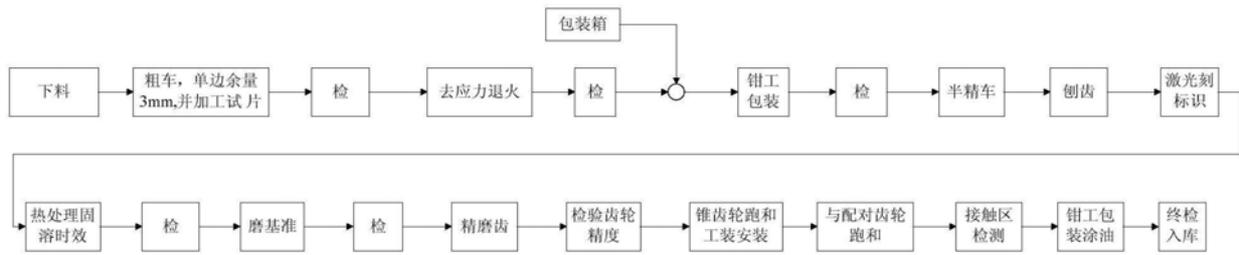


图1

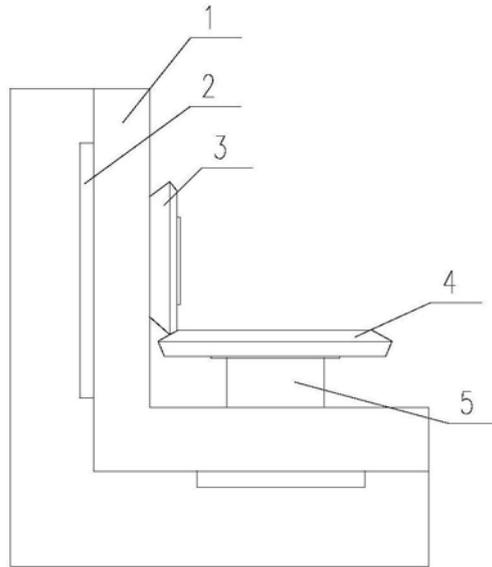


图2

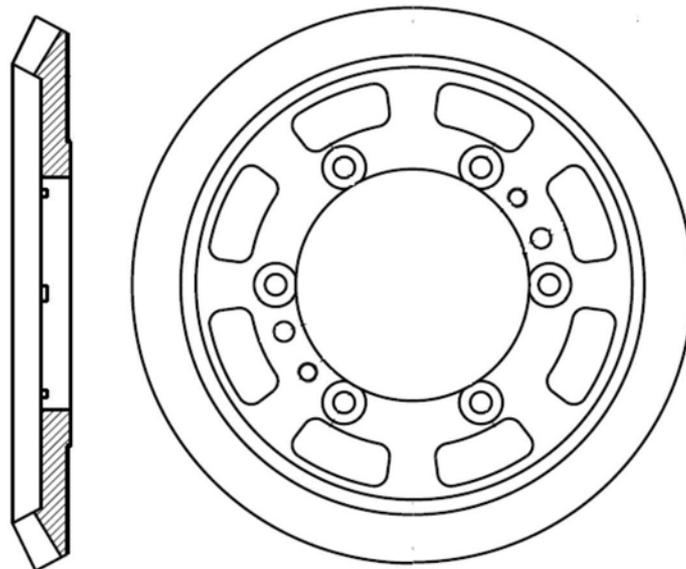


图3