



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102672433 B

(45) 授权公告日 2014.06.11

(21) 申请号 201210156391.7

(22) 申请日 2012.05.20

(73) 专利权人 西安航天动力机械厂  
地址 710025 陕西省西安市田王街特字一号  
14号

(72) 发明人 吴军 张立武 李增辉 雷霖  
李俊峰 余大兵 杨延涛 温树斌  
陈文会 高小宁 王伟 袁永瑞  
蒙淑芳 邓强 焦永灵 姚飞  
李艳辉

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心  
61204  
代理人 慕安荣

(51) Int. Cl.

B23P 15/00 (2006.01)

B23P 25/00 (2006.01)

B21D 22/14 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101265514 A, 2008.09.17,

CN 1062860 A, 1992.07.22,  
CN 101579804 A, 2009.11.18,  
CN 101696466 A, 2010.04.21,  
JP 2003225734 A, 2002.09.21,  
周照耀. 大直径 30CrMnSiA 薄壁筒形件的错  
距旋压. 《哈尔滨工业大学学报》. 1997, 第 29 卷  
(第 4 期),  
姚春臣. 30CrMnSiA 钢燃烧室的热处理工艺  
试验. 《新技术新工艺》. 2006, (第 3 期),

审查员 朱羽辰

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种锥环形球冠状钢质工件的制造方法

(57) 摘要

一种锥环形球冠状钢质工件的制造方法, 采用旋压的方法将板材成形为带底球冠毛坯。对得到的带底球冠毛坯进行热处理, 包括退火处理、先淬火再回火处理, 并经机械加工后得到无底球冠零件。本发明将加工零件的原材料以板材代替自由锻件或模锻件, 使原材料消耗降低约 85%, 有效降低了刹车成本。同时, 本发明采用旋压工艺制备带底球冠状零件, 与现有技术中采用自由锻件的成形方法比较, 减少了大量的车削制坯时间, 使加工效率提高 1 倍以上, 生产成本降低约 30%。

1. 一种锥环形球冠状钢质工件的制造方法,其特征在于,具体步骤为:

步骤 1, 坯料退火处理;通过热处理炉对坯料进行退火处理,退火温度为  $650^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ ;保温 100min;保温结束后采用空冷方式对坯料进行冷却;

步骤 2, 旋压成形带底球冠毛坯;将经过退火处理的坯料旋压成形带底球冠毛坯;旋压成形中采用剪切旋压与强力旋压相结合的复合旋压方式,分两道次同步旋压成形,得到带底球冠毛坯;第一道次旋压成形的具体过程是,将坯料置于旋压芯模上,启动旋压机对坯料进行旋压;第一道次旋压工艺参数为:旋轮进给比为  $0.5\text{mm/r} \sim 1.5\text{mm/r}$ ,旋压机主轴转速  $60\text{r/min} \sim 100\text{r/min}$ ,旋轮圆角半径  $R25\text{mm}$ ;完成第一道次旋压后,旋压机回到初始状态,继续进行第二道次旋压;第二道次旋压工艺参数为:旋轮进给比  $1.0\text{mm/r} \sim 1.7\text{mm/r}$ ,主轴转速  $60\text{r/min} \sim 100\text{r/min}$ ,旋轮圆角半径  $R25\text{mm}$ ;得到旋压成形的带底球冠毛坯;

步骤 3, 对得到的带底球冠毛坯进行探伤检验;

步骤 4, 对得到的带底球冠毛坯进行退火处理;通过热处理炉采用常规方法对经过探伤检验的带底球冠毛坯进行退火处理;退火温度为  $700^{\circ}\text{C} \sim 720^{\circ}\text{C}$ ;保温为 70min  $\sim$  100min;保温结束后采用空冷方式对底球冠毛坯进行冷却;

步骤 5, 对经过退火处理的带底球冠毛坯进行先淬火再回火处理;首先对带底球冠毛坯进行淬火处理;所述的淬火温度为  $900^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$ ;保温时间为 50min  $\sim$  70min;保温结束后采用油冷方式将淬火处理后的带底球冠毛坯冷却至室温;对经过淬火处理的带底球冠毛坯进行回火处理,回火温度为  $400^{\circ}\text{C} \sim 520^{\circ}\text{C}$ ;保温 70min  $\sim$  100min;保温结束后采用水冷方式将带底球冠毛坯冷却至室温,得到经过先淬火再回火处理的带底球冠毛坯;

步骤 6, 对带底球冠毛坯进行半精加工;采用常规机械加工方法,对经过淬火和回火处理的带底球冠毛坯进行车削加工,得到带底球冠半成品;

步骤 7, 对半精加工后的带底球冠半成品进行人工时效处理;采用常规方法,对得到的带底球冠半成品进行人工时效处理;所述人工时效温度  $280^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为 480min  $\sim$  540min、冷却方式为空冷;

步骤 8, 精加工;对经过人工时效处理带底球冠半成品精加工,并去除带底球冠半成品的底部,得到无底锥环形球冠状工件。

## 一种锥环形球冠状钢质工件的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机械加工领域,具体是一种锥环形球冠状钢质工件的制造方法。

### 背景技术

[0002] 精度为 IT7 级直径约为 1 米的锥环形球冠状钢质工件是大型固体发动机的重要构件,所述工件内外型面为球冠状、锥环形等壁厚工件。单台发动机用量多达 10 件以上。目前该锥环形球冠状金属工件的成形方法一般是自由锻件或模锻件经反复车削成形,由于该类工件薄壁无底,需增加工艺法兰台用于装夹,原材料尺寸大,材料利用率很低。所述自由锻件加工中,毛坯成形方法简单,但材料利用率约为 1%~2%且加工周期很长,加工过程中耗费大量时间去除大量材料,加工成本高。所述模锻件加工,材料利用率可达 3%~4%,但毛坯成形方法复杂,需要万吨级压力机,且模具费用很高,导致工件综合加工成本高,加工周期长、材料利用率低。

[0003] 检索专利文献和论文数据库,与本发明最接近的是文献《薄壁回转体工件的旋压加工》(作者:厉善元作者单位:南华大学,湖南衡阳,421001 ISSN:1001-2168 出处:模具工业,2002,(8),p.2729),该文献提出利用普通车床旋压加工薄壁回转体工件。为一种单纯旋压加工工艺,所制造工件精度不高,工艺过程简单,借助非旋压专用设备的车床来完成简易旋压成形工件,无精机加加工过程,与本发明工件结构不相似。对于精度为 IT7 级直径约为 1 米的锥环形球冠状工件的复合加工方法,相关文献中未见报道。

### 发明内容

[0004] 为克服现有技术中存在的加工周期长、材料利用率低,导致成本高的不足,本发明提出了一种用于钢质锥环形球冠状工件的制造方法。

[0005] 本发明的具体步骤为:

[0006] 步骤 1,坯料退火处理;通过热处理炉对坯料进行退火处理,退火温度为 650℃~700℃;保温 100min;保温结束后采用空冷方式对坯料进行冷却;

[0007] 步骤 2,旋压成形带底球冠毛坯;将经过退火处理的坯料旋压成形带底球冠毛坯;旋压成形中采用剪切旋压与强力旋压相结合的复合旋压方式,分两道次同步旋压成形,得到带底球冠毛坯;第一道次旋压成形的具体过程是,将坯料置于旋压芯模上,启动旋压机对坯料进行旋压;第一道次旋压工艺参数为:旋轮进给比为 0.5mm/r~1.5mm/r,旋压机主轴转速 60r/min~100r/min,旋轮圆角半径 R25mm;完成第一道次旋压后,旋压机回到初始状态,继续进行第二道次旋压;第二道次旋压工艺参数为:旋轮进给比 1.0mm/r~1.7mm/r,主轴转速 60r/min~100r/min,旋轮圆角半径 R25mm;得到旋压成形的带底球冠毛坯;

[0008] 步骤 3,对得到的带底球冠毛坯进行探伤检验;

[0009] 步骤 4,对得到的带底球冠毛坯进行退火处理;通过热处理炉采用常规方法对经过探伤检验的带底球冠毛坯进行退火处理;退火温度为 700℃~720℃;保温为 700min~100min;保温结束后采用空冷方式对底球冠毛坯进行冷却;

[0010] 步骤 5,对经过退火处理的带底球冠毛坯进行先淬火再回火处理;首先对带底球冠毛坯进行淬火处理;所述的淬火温度为  $900^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$ ;保温时间为  $50\text{min} \sim 70\text{min}$ ;保温结束后采用油冷方式将淬火处理后的带底球冠毛坯冷却至室温;对经过淬火处理的带底球冠毛坯进行回火处理,回火温度为  $400^{\circ}\text{C} \sim 520^{\circ}\text{C}$ ;保温  $70\text{min} \sim 100\text{min}$ ;保温结束后采用水冷方式将带底球冠毛坯冷却至室温,得到经过先淬火再回火处理的带底球冠毛坯;

[0011] 步骤 6,对带底球冠毛坯进行半精加工;采用常规机械加工方法,对经过淬火和回火处理的带底球冠毛坯进行车削加工,得到带底球冠半成品;

[0012] 步骤 7,对半精加工后的带底球冠半成品进行人工时效处理;采用常规方法,对得到的带底球冠半成品进行人工时效处理;所述人工时效温度  $280^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为  $480\text{min} \sim 540\text{min}$ 、冷却方式为空冷;

[0013] 步骤 8,精加工;对经过人工时效处理带底球冠半成品精加工,并去除带底球冠半成品的底部,得到无底锥环形球冠状工件。

[0014] 由于本发明将加工工件的原材料以板材代替自由锻件或模锻件,使原材料消耗降低约  $85\%$ ,有效降低了刹车成本。同时,本发明采用旋压工艺制备带底球冠状工件,与现有技术中采用自由锻件的成形方法比较,减少了大量的车削制坯时间,使加工效率提高 1 倍以上,生产成本降低约  $30\%$ 。

[0015] 本发明成果旋压加工仅为制造带底球冠毛坯,即前期制坯工艺,工件最终是机加成形。整个制造过程涉及旋压、热处理及机加工工艺。

[0016] 本发明原材料采用板材,利用旋压技术制备带底球冠毛坯后机加成形。该工艺方法将原材料由锻件变为板材,将采用锻件逐步车削成形变为采用板材旋压制坯后车削成形。原材料由板材代替锻件,单件原材料消耗可节约  $85\%$ 。工艺方法由板材旋压制坯后车削成形代替锻件逐步车削成形,节省了大量车削时间,加工效率能够提高一倍。

## 具体实施方式

[0017] 实施例 1

[0018] 本实施例是一种锥环形球冠状工件的制造方法。

[0019] 所述无底球冠工件的材料为  $30\text{CrMnSiA}$  高强度钢,淬、回火后硬度达到  $\text{HRC}33 \sim 38$ 。所用的坯料为经过超声波探伤检验合格的板材,该坯料的直径为  $\phi 670\text{mm}$ ,壁厚为  $t13\text{mm}$ 。成形后工件的  $\phi$  内径 =  $540\text{mm}$ ;  $\phi$  外径 =  $630\text{mm}$ ;高度  $H = 62\text{mm}$ ;壁厚  $t = 2.3\text{mm}$ ;内型面  $\text{SRC}356\text{mm}$ 。具体加工步骤为:

[0020] 步骤 1,坯料退火处理。通过热处理炉对坯料进行退火处理,退火温度为  $650^{\circ}\text{C}$ ;保温  $100\text{min}$ 。保温结束后采用空冷方式对坯料进行冷却。

[0021] 步骤 2,旋压成形带底球冠毛坯。将经过退火处理的坯料通过双轮强力数控旋压机旋压成形带底球冠毛坯。旋压成形中采用剪切旋压与强力旋压相结合的复合旋压方式,分两道次同步旋压成形,得到带底球冠毛坯。第一道次旋压成形的具体过程是,将坯料置于旋压芯模上,启动双轮强力数控旋压机对坯料进行旋压。第一道次旋压工艺参数为:旋轮进给比为  $0.5\text{mm}/\text{r}$ ,双轮强力数控旋压机主轴转速  $60\text{r}/\text{min}$ ,旋轮圆角半径  $\text{R}25\text{mm}$ 。完成第一道次旋压后,双轮强力数控旋压机回到初始状态,继续进行第二道次旋压。第二道次旋压工艺参数为:旋轮进给比  $1\text{mm}/\text{r}$ ,主轴转速  $60\text{r}/\text{min}$ ,旋轮圆角半径  $\text{R}25\text{mm}$ 。得到旋压成形的带底球

冠毛坯。

[0022] 本实施例所述的旋压芯模为带底球冠毛坯的成形模具,用模具钢制成。所述旋压芯模的中心有贯通的通气孔。所述旋压芯模一端的端面有与双轮强力数控旋压机连接的锥形孔,该锥形孔的锥度与双轮强力数控旋压机主轴的锥度相同。所述旋压芯模另一端的端面有轴向凸出的凸台,用于卡装坯料。所述旋压芯模的外形与所成形的无底球冠工件的内型面相同,并且该旋压芯模的外形尺寸小于成形的无底球冠工件的内型面的尺寸 3mm,以作为机加余量。

[0023] 步骤 3,对得到的带底球冠毛坯进行探伤检验。使用超声波探伤仪按常规标准探伤方法对得到的带底球冠毛坯探伤检验。

[0024] 步骤 4,对得到的带底球冠毛坯进行退火处理。通过热处理炉采用常规方法对经过探伤检验的带底球冠毛坯进行退火处理。退火温度为 700℃;保温为 70min。保温结束后采用空冷方式对底球冠毛坯进行冷却。

[0025] 步骤 5,对经过退火处理的带底球冠毛坯进行先淬火再回火处理。采用常规方法对带底球冠毛坯进行淬火处理后回火处理。首先对带底球冠毛坯进行淬火处理。所述的淬火温度为 900℃;保温为 50min。保温结束后采用油冷方式将淬火处理后的带底球冠毛坯冷却至室温。对经过淬火处理的带底球冠毛坯进行回火处理,回火温度为 520℃;保温 70min。保温结束后采用水冷方式将带底球冠毛坯冷却至室温,得到经过先淬火再回火处理的带底球冠毛坯。

[0026] 步骤 6,对带底球冠毛坯进行半精加工。采用常规机械加工方法,对经过淬火和回火处理的带底球冠毛坯进行车削加工,将球冠型面壁厚车加工至 3.3mm,得到带底球冠半成品。

[0027] 步骤 7,对半精加工后的带底球冠半成品进行人工时效处理。采用常规方法,对得到的带底球冠半成品进行人工时效处理。所述人工时效温度 280℃,保温时间为 480min、冷却方式为空冷。

[0028] 步骤 8,精加工。对经过人工时效处理带底球冠半成品精加工,采用常规机械加工方法,先精车削球冠外型面达到设计要求尺寸,再精车削球冠内型面达到设计尺寸,最后从球冠型面底部按设计尺寸高度要求,去除带底球冠半成品的底部,得到无底锥环形球冠状工件。

[0029] 实施例 2

[0030] 本实施例是一种锥环形球冠状工件的制造方法。

[0031] 所述无底球冠工件的材料为 30CrMnSiA 高强度钢,淬、回火后硬度达到 HRC33 ~ 38。所用的坯料为经过超声波探伤检验合格的板材,该坯料的直径为  $\phi 850\text{mm}$ ,壁厚为  $t13\text{mm}$ 。成形后工件的  $\phi$  内径 = 650mm ;  $\phi$  外径 = 760mm ;高度  $H = 80\text{mm}$  ;壁厚  $t = 3\text{mm}$  ;内型面 SRC400mm。具体加工步骤为 :

[0032] 步骤 1,坯料退火处理。通过热处理炉对坯料进行退火处理,退火温度为 680℃;保温 100min。保温结束后采用空冷方式对坯料进行冷却。

[0033] 步骤 2,旋压成形带底球冠毛坯。将经过退火处理的坯料通过双轮强力数控旋压机旋压成形带底球冠毛坯。旋压成形中采用剪切旋压与强力旋压相结合的复合旋压方式,分两道次同步旋压成形,得到带底球冠毛坯。第一道次旋压成形的具体过程是,将坯料置于旋

压芯模上,启动双轮强力数控旋压机对坯料进行旋压。第一道次旋压工艺参数为:旋轮进给比为 1.0mm/r,双轮强力数控旋压机主轴转速 80r/min,旋轮圆角半径 R25mm。完成第一道次旋压后,双轮强力数控旋压机回到初始状态,继续进行第二道次旋压。第二道次旋压工艺参数为:旋轮进给比 1.5mm/r,主轴转速 80r/min,旋轮圆角半径 R25mm。得到旋压成形的带底球冠毛坯。

[0034] 本实施例所述的旋压芯模为带底球冠毛坯的成形模具,用模具钢制成。所述旋压芯模的中心有贯通的通气孔。所述旋压芯模一端的端面有与双轮强力数控旋压机连接的锥形孔,该锥形孔的锥度与双轮强力数控旋压机主轴的锥度相同。所述旋压芯模另一端的端面有轴向凸出的凸台,用于卡装坯料。所述旋压芯模的外形与所成形的无底球冠工件的内型面相同,并且该旋压芯模的外形尺寸小于成形的无底球冠工件的内型面的尺寸 3mm,以作为机加余量。

[0035] 步骤 3,对得到的带底球冠毛坯进行探伤检验。使用超声波探伤仪按常规标准探伤方法对得到的带底球冠毛坯探伤检验。

[0036] 步骤 4,对得到的带底球冠毛坯进行退火处理。通过热处理炉采用常规方法对经过探伤检验的带底球冠毛坯进行退火处理。退火温度为 710℃;保温为 85min。保温结束后采用空冷方式对底球冠毛坯进行冷却。

[0037] 步骤 5,对经过退火处理的带底球冠毛坯进行先淬火再回火处理。采用常规方法对带底球冠毛坯进行淬火处理后回火处理。首先对带底球冠毛坯进行淬火处理。所述的淬火温度为 920℃;保温为 60min。保温结束后采用油冷方式将淬火处理后的带底球冠毛坯冷却至室温。对经过淬火处理的带底球冠毛坯进行回火处理,回火温度为 470℃;保温 85min。保温结束后采用水冷方式将带底球冠毛坯冷却至室温,得到经过先淬火再回火处理的带底球冠毛坯。

[0038] 步骤 6,对带底球冠毛坯进行半精加工。采用常规机械加工方法,对经过淬火和回火处理的带底球冠毛坯进行车削加工,将球冠型面壁厚车加工至 4mm,得到带底球冠半成品。

[0039] 步骤 7,对半精加工后的带底球冠半成品进行人工时效处理。采用常规方法,对得到的带底球冠半成品进行人工时效处理。所述人工时效温度 280℃,保温时间为 510min、冷却方式为空冷。

[0040] 步骤 8,精加工。对经过人工时效处理带底球冠半成品精加工,采用常规机械加工方法,先精车削球冠外型面达到设计要求尺寸,再精车削球冠内型面达到设计尺寸,最后从球冠型面底部按设计尺寸高度要求,去除带底球冠半成品的底部,得到无底锥环形球冠状工件。

[0041] 实施例 3

[0042] 本实施例是一种锥环形球冠状工件的制造方法。

[0043] 所述无底球冠工件的材料为 30Si<sub>2</sub>MnCrM<sub>0</sub>VE 超高强度钢,淬、回火后硬度达到 HRC45 ~ 50。所用的坯料为经过超声波探伤检验合格的板材,该坯料的直径为  $\phi$  700mm,壁厚为 t13mm。成形后工件的  $\phi$  内径 = 550mm;  $\phi$  外径 = 630mm;高度 H = 60mm;壁厚 t = 2.5mm;内型面 SRC360mm。具体加工步骤为:

[0044] 步骤 1,坯料退火处理。通过热处理炉对坯料进行退火处理,退火温度为 700℃;保

温 100min。保温结束后采用空冷方式对坯料进行冷却。

[0045] 步骤2,旋压成形带底球冠毛坯。将经过退火处理的坯料通过双轮强力数控旋压机旋压成形带底球冠毛坯。旋压成形中采用剪切旋压与强力旋压相结合的复合旋压方式,分两道次同步旋压成形,得到带底球冠毛坯。第一道次旋压成形的具体过程是,将坯料置于旋压芯模上,启动双轮强力数控旋压机对坯料进行旋压。第一道次旋压工艺参数为:旋轮进给比为 1.5mm/r,双轮强力数控旋压机主轴转速 100r/min,旋轮圆角半径 R25mm。完成第一道次旋压后,双轮强力数控旋压机回到初始状态,继续进行第二道次旋压。第二道次旋压工艺参数为:旋轮进给比 1.7mm/r,主轴转速 100r/min,旋轮圆角半径 R25mm。得到旋压成形的带底球冠毛坯。

[0046] 本实施例所述的旋压芯模为带底球冠毛坯的成形模具,用模具钢制成。所述旋压芯模的中心有贯通的通气孔。所述旋压芯模一端的端面有与双轮强力数控旋压机连接的锥形孔,该锥形孔的锥度与双轮强力数控旋压机主轴的锥度相同。所述旋压芯模另一端的端面有轴向凸出的凸台,用于卡装坯料。所述旋压芯模的外形与所成形的无底球冠工件的内型面相同,并且该旋压芯模的外形尺寸小于成形的无底球冠工件的内型面的尺寸 3mm,以作为机加余量。

[0047] 步骤3,对得到的带底球冠毛坯进行探伤检验。使用超声波探伤仪按常规标准探伤方法对得到的带底球冠毛坯探伤检验。

[0048] 步骤4,对得到的带底球冠毛坯进行退火处理。通过热处理炉采用常规方法对经过探伤检验的带底球冠毛坯进行退火处理。退火温度为 720℃;保温为 100min。保温结束后采用空冷方式对底球冠毛坯进行冷却。

[0049] 步骤5,对经过退火处理的带底球冠毛坯进行先淬火再回火处理。采用常规方法对带底球冠毛坯进行淬火处理后回火处理。首先对带底球冠毛坯进行淬火处理。所述的淬火温度为 950℃;保温为 70min。保温结束后采用油冷方式将淬火处理后的带底球冠毛坯冷却至室温。对经过淬火处理的带底球冠毛坯进行回火处理,回火温度为 400℃;保温 100min。保温结束后采用水冷方式将带底球冠毛坯冷却至室温,得到经过先淬火再回火处理的带底球冠毛坯。

[0050] 步骤6,对带底球冠毛坯进行半精加工。采用常规机械加工方法,对经过淬火和回火处理的带底球冠毛坯进行车削加工,将球冠型面壁厚车加工至 3.5mm,得到带底球冠半成品。

[0051] 步骤7,对半精加工后的带底球冠半成品进行人工时效处理。采用常规方法,对得到的带底球冠半成品进行人工时效处理。所述人工时效温度 280℃,保温时间为 540min、冷却方式为空冷。

[0052] 步骤8,精加工。对经过人工时效处理带底球冠半成品精加工,采用常规机械加工方法,先精车削球冠外型面达到设计要求尺寸,再精车削球冠内型面达到设计尺寸,最后从球冠型面底部按设计尺寸高度要求,去除带底球冠半成品的底部,得到无底锥环形球冠状工件。