



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102922244 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201210474655. 3

(22) 申请日 2012. 11. 21

(71) 申请人 哈尔滨东安发动机(集团)有限公司

地址 150066 黑龙江省哈尔滨市平房区保国大街 51 号

(72) 发明人 田丽波 郭君伟 王铁海 刘可
郑洪涛 刘金慧 示金刚

(74) 专利代理机构 中国航空专利中心 11008

代理人 杜永保

(51) Int. Cl.

B23P 15/02(2006. 01)

权利要求书 1 页 说明书 4 页

(54) 发明名称

钛合金叶轮表面完整性加工方法

(57) 摘要

本发明涉及一种钛合金叶轮表面完整性加工方法,通过设备的选择、工序步骤的设计及参数的设置,使叶轮表面完整性达到了要求的标准,同时,为了保证叶轮表面光度的要求,采用了磨粒流表面抛光技术。本发明有效的提高了叶轮的寿命,并应用到实际的产品加工过程中,效果明显。

1. 一种钛合金叶轮表面完整性加工方法,其特征是,所述的方法包括以下步骤:

1) 锻造成型:锻造成毛坯;

2) 粗加工:对毛坯进行粗加工,加工后余量为 0.8 ~ 1.2mm,对基准进行粗加工,加工后的余量为 0.5 ~ 0.8mm;

3) 精加工基准:精加工基准至尺寸要求;

4) 加工内孔:用数控车削设备加工叶轮内孔,刀具采用强力内冷刀杆、仿形圆刀片,冷却液流量 2.5 ~ 3m³/h,压力 18 ~ 22Bar;切削线速度 15 ~ 20m/min,进给量 4.8 ~ 5.8mm/min,每次切削深度 0.04 ~ 0.05mm,最终加工至余量为 0.15 ~ 0.25mm;

5) 加工叶片:

装夹工件:通过夹具支撑和压紧加工好的基准,将叶轮安装在 5 轴数控铣削加工中心设备上;

粗加工工步:加工的刀具为锥度四齿球头指形铣刀,其整体刀长 90 ~ 100mm,夹持直径为 12mm,单边锥度 4 度,切削刃长 ≥ 40mm,球头直径 8mm,刀具探出长 ≥ 40mm;每次切削深度 2mm,刀具主轴转速 2500 ~ 2600r/min,进给量 300 ~ 350mm/min,加工至表面余量 0.15 ~ 0.25mm;

叶片精加工工步:加工的刀具为锥度两齿球头指形铣刀,整体刀长 90 ~ 100mm,夹持直径 6mm,单边锥度 4 度,切削刃 ≥ 15mm,球头直径为 3mm,探出长 ≥ 40mm;每次进刀切削深度 0.1mm,主轴转速 3100 ~ 3200r/min,进给量 500 ~ 550mm/min;加工至要求尺寸;

叶片流道精加工工步:加工的刀具为锥度两齿球头指形铣刀,整体刀长 90 ~ 100mm,夹持直径 6mm,单边锥度 4 度,切削刃 ≥ 15mm,球头直径为 3mm,探出长 ≥ 40mm;每次进刀切削深度 0.15 ~ 0.05mm,切削宽度 0.2 ~ 0.25mm;主轴转速 2800 ~ 3000r/min,进给量 500 ~ 550mm/min;加工至要求尺寸;

6) 抛光:用磨料为碳化硅材质的砂纸进行抛光,砂纸粒度分别为 P600 ~ P1000,至去除加工后的所有刀痕;

7) 磨粒流加工:设备为磨粒流机,采用碳化硅复合磨料,工作温度 30 ~ 35℃,工作压力 20 ~ 25Bar,磨粒循环 30 ~ 50 次;

8) 磨削外轮廓:采用碳化硅砂轮,粒度 160,软型;冷却液流量加工外轮廓时工件转速 200 ~ 220r/min,砂轮 Z 向走刀速度 20 ~ 25mm/min;加工端面时工件转速 80 ~ 90r/min;加工大外径时工件转速 50 ~ 60r/min,加工其它轴径时工件转速 80 ~ 90r/min,最终将所有位置加工至要求尺寸;

9) 最终检验。

钛合金叶轮表面完整性加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种加工方法,尤其是一种钛合金叶轮表面完整性加工方法。

背景技术

[0002] 现有航空领域中的钛合金叶轮的加工,一般为车削后铣削加工,对于叶轮的表面完整性不做过多地补充处理,导致叶轮普遍寿命不高,达不到设计要求寿命最低限 40000 次循环。因此,为了提高叶轮的寿命,需要对叶轮的表面完整性提出了新的要求,即:

叶片表面粗糙度达到 Ra0.4 ;

表面残余应力要求:如果应力测量值 $|\sigma| \geq 210$ MPa,那么其各点的应力变化满足 $\Delta\sigma \leq 60$ MPa,切向应力满足 $\tau \leq 8$ MPa;如果应力测量值 $|\sigma| < 210$ MPa,那么其各点的应力变化满足 $\Delta\sigma \leq 30$ MPa 或 $\sigma/4$ (两个值中最大的),切向应力满足 $\tau \leq 8$ MPa;

加工后无磨削烧伤、无表面硬化。

[0003] 这些叶轮表面完整性要求可以是保证叶轮寿命,但目前对于其加工的具体步骤尚属空白。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种钛合金叶轮表面完整性加工方法,可以实现在加工后叶轮的几何精度、表面粗糙度、表面残余应力和表面微观缺陷满足叶轮表面完整性的设计要求,无磨削烧伤和表面硬化。

[0005] 本发明的具体技术方案为如下所述,加工方法包括以下步骤:

1) 锻造成型:锻造成毛坯;

2) 粗加工:对毛坯进行粗加工,加工后余量为 0.8 ~ 1.2mm,对基准进行粗加工,加工后的余量为 0.5 ~ 0.8mm;

3) 精加工基准:精加工基准至尺寸要求;

4) 加工内孔:用数控车削设备加工叶轮内孔,刀具采用强力内冷刀杆、仿形圆刀片,冷却液流量 2.5 ~ 3m³/h,压力 18 ~ 22Bar;切削线速度 15 ~ 20m/min,进给量 4.8 ~ 5.8mm/min,每次切削深度 0.04 ~ 0.05mm,最终加工至余量为 0.15 ~ 0.25mm;

5) 加工叶片:

装夹工件:通过夹具支撑和压紧加工好的基准,将叶轮安装在 5 轴数控铣削加工中心设备上;

粗加工工步:加工的刀具为锥度四齿球头指形铣刀,其整体刀长 90 ~ 100mm,夹持直径为 12mm,单边锥度 4 度,切削刃长 ≥ 40 mm,球头直径 8mm,刀具探出长 ≥ 40 mm;每次切削深度 2mm,刀具主轴转速 2500 ~ 2600r/min,进给量 300 ~ 350mm/min,加工至表面余量 0.15 ~ 0.25mm;

叶片精加工工步:加工的刀具为锥度两齿球头指形铣刀,整体刀长 90 ~ 100mm,夹持直径 6mm,单边锥度 4 度,切削刃 ≥ 15 mm,球头直径为 3mm,探出长 ≥ 40 mm;每次进刀切削深

度 0.1mm, 主轴转速 3100 ~ 3200r/min, 进给量 500 ~ 550mm/min; 加工至要求尺寸;

叶片流道精加工工步; 加工的刀具为锥度两齿球头指形铣刀, 整体刀长 90 ~ 100mm, 夹持直径 6mm, 单边锥度 4 度, 切削刃 ≥ 15 mm, 球头直径为 3mm, 探出长 ≥ 40 mm; 每次进刀切削深度 0.15 ~ 0.05mm, 切削宽度 0.2 ~ 0.25mm; 主轴转速 2800 ~ 3000r/min, 进给量 500 ~ 550mm/min; 加工至要求尺寸;

6) 抛光: 用磨料为碳化硅材质的砂纸进行抛光, 砂纸粒度分别为 P600 ~ P1000, 至去除加工后的所有刀痕;

7) 磨粒流加工: 设备为磨粒流机, 采用碳化硅复合磨料, 工作温度 30 ~ 35°C, 工作压力 20 ~ 25Bar, 磨粒循环 30 ~ 50 次;

8) 磨削外轮廓: 采用碳化硅砂轮, 粒度 160, 软型; 冷却液流量加工外轮廓时工件转速 200 ~ 220r/min, 砂轮 Z 向走刀速度 20 ~ 25mm/min; 加工端面时工件转速 80 ~ 90r/min; 加工大外径时工件转速 50 ~ 60r/min, 加工其它轴径时工件转速 80 ~ 90r/min, 最终将所有位置加工至要求尺寸;

9) 最终检验。

[0006] 本发明通过设备的选择、工序步骤的设计及参数的设置, 使叶轮表面完整性达到了要求的标准, 同时, 为了保证叶轮表面光度的要求, 采用了磨粒流表面抛光技术。本发明有效的提高了叶轮的寿命, 并应用到实际的产品加工过程中, 效果明显。

具体实施方式

[0007] 钛合金叶轮表面完整性加工方法包括以下步骤:

1) 锻造成型: 锻造成毛坯;

2) 粗加工: 对毛坯进行粗加工, 加工后余量为 0.8 ~ 1.2mm, 对基准进行粗加工, 加工后的余量为 0.5 ~ 0.8mm;

3) 精加工基准: 精加工基准至尺寸要求;

4) 加工内孔: 用数控车削设备加工叶轮内孔, 刀具采用强力内冷刀杆、仿形圆刀片, 冷却液流量 2.5 ~ 3m³/h, 压力 18 ~ 22Bar; 切削线速度 15 ~ 20m/min, 进给量 4.8 ~ 5.8mm/min, 每次切削深度 0.04 ~ 0.05mm, 最终加工至余量为 0.15 ~ 0.25mm;

5) 加工叶片:

装夹工件: 通过夹具支撑和压紧加工好的基准, 将叶轮安装在 5 轴数控铣削加工中心设备上;

粗加工工步: 加工的刀具为锥度四齿球头指形铣刀, 其整体刀长 90 ~ 100mm, 夹持直径为 12mm, 单边锥度 4 度, 切削刃长 ≥ 40 mm, 球头直径 8mm, 刀具探出长 ≥ 40 mm; 每次切削深度 2mm, 刀具主轴转速 2500 ~ 2600r/min, 进给量 300 ~ 350mm/min, 加工至表面余量 0.15 ~ 0.25mm;

叶片精加工工步: 加工的刀具为锥度两齿球头指形铣刀, 整体刀长 90 ~ 100mm, 夹持直径 6mm, 单边锥度 4 度, 切削刃 ≥ 15 mm, 球头直径为 3mm, 探出长 ≥ 40 mm; 每次进刀切削深度 0.1mm, 主轴转速 3100 ~ 3200r/min, 进给量 500 ~ 550mm/min; 加工至要求尺寸;

叶片流道精加工工步: 加工的刀具为锥度两齿球头指形铣刀, 整体刀长 90 ~ 100mm, 夹持直径 6mm, 单边锥度 4 度, 切削刃 ≥ 15 mm, 球头直径为 3mm, 探出长 ≥ 40 mm; 每次进刀切

削深度 0.15 ~ 0.05mm, 切削宽度 0.2 ~ 0.25mm ; 主轴转速 2800 ~ 3000r/min, 进给量 500 ~ 550mm/min ; 加工至要求尺寸 ;

6) 抛光 : 用磨料为碳化硅材质的砂纸进行抛光, 砂纸粒度分别为 P600 ~ P1000, 至去除加工后的所有刀痕 ;

7) 磨粒流加工 : 设备为磨粒流机, 采用碳化硅复合磨料, 工作温度 30 ~ 35℃, 工作压力 20 ~ 25Bar, 磨粒循环 30 ~ 50 次 ;

8) 磨削外轮廓 : 采用碳化硅砂轮, 粒度 160, 软型 ; 冷却液流量加工外轮廓时工件转速 200 ~ 220r/min, 砂轮 Z 向走刀速度 20 ~ 25mm/min ; 加工端面时工件转速 80 ~ 90r/min ; 加工大外径时工件转速 50 ~ 60r/min, 加工其它轴径时工件转速 80 ~ 90r/min, 最终将所有位置加工至要求尺寸 ;

9) 最终检验。

实施例

[0008] 某涡轴航空发动机的二级叶轮, 其材料为钛合金, 要求加工后的各项指标为 :

叶片表面粗糙度达到 Ra0.4 ;

表面残余应力要求 : 如果应力测量值 $|\sigma| \geq 210$ MPa, 那么其各点的应力变化满足 $\Delta\sigma \leq 60$ MPa, 切向应力满足 $\tau \leq 8$ MPa ; 如果应力测量值 $|\sigma| < 210$ MPa, 那么其各点的应力变化满足 $\Delta\sigma \leq 30$ MPa 或 $\sigma/4$ (两个值中最大的), 切向应力满足 $\tau \leq 8$ MPa ;

磨削加工后表面无烧伤、无表面硬化。

[0009] 具体的实施过程如下 :

(1) 锻造成型 : 锻造成毛坯 ;

(2) 粗加工 : 对毛坯进行粗加工, 加工后余量为 1mm, 对基准进行粗加工, 加工后的余量为 0.5mm ;

(3) 精加工基准 : 精加工基准至尺寸要求 ;

(4) 加工内孔 : 用型号为 CINCINNATI LAMB HTC300 的车削设备加工叶轮内孔, 刀具采用强力内冷刀杆、钛合金仿形车圆刀片, 冷却液流量 2.5m³/h, 压力 18Bar ; 切削线速度 15m/min, 进给量 4.8mm/min, 每次切削深度 0.05mm, 最终加工至余量为 0.2mm ;

(5) 加工叶片 :

a) 装夹工件 : 通过加工好的基准将叶轮安装在 5 轴数控铣削加工中心 LX051 设备上 ;

b) 加工的刀具为锥度四齿球头指形铣刀, 其整体刀长 100mm, 单边锥度 4 度, 夹持直径 12mm, 切削刃 ≥ 20 mm, 球头直径 8mm, 刀具探出长 ≥ 40 mm ; 切削深度 2mm, 主轴转速 2653r/min, 进给量 300mm/min, 加工余量为 0.2mm ;

c) 叶片精加工工步 : 加工的刀具为锥度两齿球头指形铣刀, 整体刀长 100mm, 单边锥度 4 度, 夹持直径 12mm, 切削刃 ≥ 15 mm, 探出长 ≥ 40 mm ; 切削深度 0.1mm, 主轴转速 3180r/min, 切削速度 50m/min, 进给量 500mm/min ; 加工至要求尺寸 ;

d) 叶片流道精加工工步 : 加工的刀具为两齿球头铣刀, 整体刀长 100mm, 直径为 3mm, 单边锥度 4 度, 夹持直径 12mm, 切削刃 15mm, 探出长 40mm ; 切削深度 0.1mm, 切削线速度 44m/min, 进给量 500mm/min, 切削深度 0.13mm, 切削宽度 0.25mm ; 加工至要求尺寸 ;

(6) 抛光 : 用牌号为碳化硅材质的砂纸进行抛光, 砂纸粒度分别为 P600, 至去除加工

后的所有刀痕；

(7) 磨粒流：设备为磨粒流机，采用碳化硅复合磨料，磨料牌号 MF-24S (80)-30S (80)-400 S (40)，工作温度 33℃，工作压力 20bar，磨粒循环 30 次；

(8) 磨削外轮廓：采用碳化硅砂轮，粒度 160，软型；冷却液流量加工外轮廓时工件转速 210r/min，砂轮 Z 向走刀速度 22mm/min；加工端面时工件转速 85r/min；加工大外径时工件转速 50r/min，加工轴径时工件转速 85r/min 最终将所有位置加工至要求尺寸；

(9) 最终检验。

[0010] 最终检验结果为：

叶片表面粗糙度达到 Ra0.24；

表面残余应力达到： $|\sigma| \geq 325 \text{ MPa}$ ； $\Delta \sigma \leq 30 \text{ MPa}$ ， $\tau \leq 3.26 \text{ MPa}$ ；

磨削加工后表面无烧伤、无表面硬化。

[0011] [0011] 结果表明，该产品合格。