



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113290247 A

(43) 申请公布日 2021.08.24

(21) 申请号 202110257840.6

(22) 申请日 2021.03.10

(71) 申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路29号中国地质大学(北京)工程技术学院19号楼122室

申请人 中国地质大学(北京)郑州研究院

(72) 发明人 黄西娜 岳文 马小雯 丁首斌 田斌 康嘉杰 付志强 余丁顺

(51) Int. Cl.

B22F 5/10 (2006.01)

B22F 3/15 (2006.01)

C23C 8/64 (2006.01)

C23C 8/04 (2006.01)

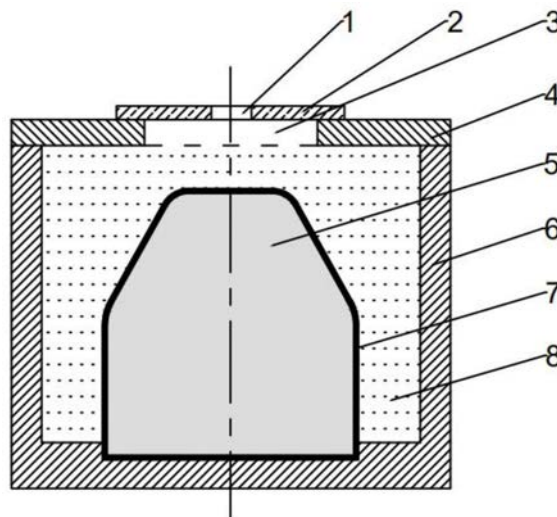
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺

(57) 摘要

本发明设计了航空航天制造技术领域一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,主要由带有真空孔的盖片、带有装粉口的顶板、固定模具、带有可嵌入固定模具凹槽的成形圆筒壁、石墨纸,以及钛合金粉末组成。本工艺包括成形圆筒壁的设计和制备、碳源的选择、热等静压成形工艺、渗碳复合工艺过程控制及前后处理,同时针对热等静压及渗碳复合工艺过程中的包套变形问题提出了解决方法。本发明同时兼顾了钛合金薄壁件的成形及渗碳,减少了钛合金薄壁件成形的加工步骤,实现了钛合金薄壁件指定表面的渗碳,同时非渗碳面不会受到污染,可以有效缩短渗碳时间、降低制造成本,使渗碳层均匀,且会形成固结的石墨层,达到减阻耐磨效果。



1. 一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:根据所需表面渗碳成形的钛合金薄壁件的尺寸和外表面形状设计特征,加工出合理的成形包套,该成形包套包括带有真空孔的盖片、带有装粉口的顶板、固定模具、带有可嵌入固定模具凹槽的成形圆筒壁、作为碳源的石墨纸,成形包套采用圆柱形设计,将钛合金粉末装入该成形包套中。

2. 根据权利要求1所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:具体设计步骤如下:

1) 根据所需成形的钛合金薄壁件的特征设计内置固定模具和成形圆筒壁,钛合金薄壁件形状通过内置固定模具形状控制;

2) 根据所需成形钛合金薄壁件及渗碳表面厚度,通过分析确定包套、固定模具以及钛合金粉末下钛合金薄壁件的变形情况及渗碳层厚度,确定出以下最佳成形参数;

3) 根据所述步骤2) 确定带有装粉口的顶板厚度为10-12mm,圆筒壁的底板厚度为15-20mm,圆筒壁的底板凹槽深约为5mm,圆筒壁的筒壁厚度约为2mm;

4) 根据所述步骤2) 确定固定模具的材料为高纯石墨,将石墨纸均匀贴合于固定模具表面,所述圆筒壁的材料为不锈钢板;

5) 根据所需成形的钛合金薄壁件的材料需求,采用气雾化法制备出球形钛合金粉末,并筛分出-60+325目的粉末备用;

6) 采用过盈配合,将固定模具嵌入带有固定模具凹槽的成形圆筒壁中;

7) 将步骤3) 中筛选好的钛合金粉末通过顶板的装粉口装入圆筒壁内,将带有真空孔的盖片置于装粉口上,并焊封;

8) 将上述加工成形包套放置在加热炉中加热至500-550°C,利用FJ-620分子泵通过真空孔对圆筒壁内部进行真空处理,直至达到 1.0×10^{-3} - 1.0×10^{-4} Pa,并将带有真空孔的盖片焊封;

9) 将上述已抽真空且焊封完成的成形包套放置在热等静压设备中,在高温高压下使钛合金粉末固结成形,石墨纸与钛合金粉末在热等静压的作用下进行相互融合,表面渗碳形成;

10) 利用线切割去除圆筒壁,采用机械加工的方法得到所需成形钛合金薄壁件的外表面,得到内嵌固定模具的钛合金薄壁件半成品;

11) 采用人工剥离去除钛合金薄壁件半成品内嵌固定模具,由此得到已渗入石墨且固结成形的钛合金薄壁件。

3. 根据权利要求1所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:所述石墨纸作为碳源,其厚度依据不同渗碳要求,可选为2-5mm。

4. 根据权利要求1所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:所述固定模具是一个整体,保证在热等静压成形过程中保持位置不动,且形状与待成形钛合金薄壁件内腔形状一致,预留作为碳源的石墨纸厚度。

5. 根据权利要求1所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:所述成形包套中圆筒壁的筒壁和底座、顶盖或顶板的厚度依据所需渗碳面确定,为避免所需渗碳面因在热等静压过程中的变形而切除,与之对应的壁厚要在15-20mm。

6. 根据权利要求1所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:所述成形圆筒壁内所需成形的薄壁件不一定适用于所有渗碳,应放入所需渗碳成形的钛合金

粉末。

7. 根据权利要求2所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:所述步骤9)中热等静压处理采用同时升温升压,在2小时左右将温度升值920-950°C,相同时间内使热等静压设备的内部压力达到120 -150MPa,保温保压时间3-5小时,之后将炉温冷却至室温。

8. 根据权利要求2所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,其特征在于:所述步骤11)结束后所得到的钛合金薄壁件表面会形成均匀的TiC层,其表面渗碳层厚度可达到90-105 μm ,表面最高硬度可达到480-550Hv。

一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺

技术领域

[0001] 本发明属于航空航天制造技术领域,特别是涉及一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺。

技术背景

[0002] Ti6Al4V合金是目前应用最广泛的工程材料之一,由于其比强度高、耐腐蚀性能强、疲劳性能好而被广泛应用于机械、航空和航天工业等领域。但钛合金硬度较低,抗磨减摩性能差且制备和加工生产成本高等缺点严重制约了其应用范围。因此,利用表面改性技术改善钛合金的表面性能备受关注,钛合金表面改性技术通常有电镀、渗碳、PVD、CVD、激光强化、气体氮化等,其中,渗碳工艺是提高钛合金表面性能的一种简单、有效的方法。

[0003] 目前常用的航空航天钛合金零件渗碳方法有气体渗碳、真空渗碳和等离子渗碳、辉光渗碳等工艺,但这些工艺过程尚存在一些技术问题。首先,钛合金零件成形及渗碳工艺繁多,过程繁琐,传统渗碳方法时间较长、制造成本高,同时会造成渗碳层不均匀等现象;其次,传统渗碳方法难以全角度渗碳或指定表面渗碳;第三:热等静压过程中由于高温高压会导致钛合金薄壁件变形,因此需要提出一种可以解决上述技术问题的渗碳工艺。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺,以解决上述背景技术中提出的技术问题:首先,实现了热等静压成形的同时进行渗碳,减少了钛合金零件工艺步骤;其次,实现了钛合金零件指定表面渗碳,同时非渗碳面不会受到污染;最后,有效缩短了渗碳时间、降低了制造成本,且使得渗碳层均匀。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

优选的,根据所需表面渗碳成形的钛合金薄壁件的尺寸和外表面形状设计特征,加工出合理的成形包套,该成形包套包括带有真空孔的盖片、带有装粉口的顶板、固定模具、带有可嵌入固定模具凹槽的成形圆筒壁及石墨纸,包套采用圆柱形设计,将钛合金粉末装入该成形包套中。

[0006] 优选的,所述热等静压过程中的表面渗碳工艺按如下步骤进行:

1) 根据所需成形的钛合金薄壁件的特征设计内置固定模具和成形圆筒壁,钛合金薄壁件形状通过内置固定模具形状控制;

2) 根据所需成形钛合金薄壁件及渗碳表面厚度,通过分析确定不同包套、固定模具以及钛合金粉末下钛合金薄壁件的变形情况,确定出以下最佳控形参数;

3) 根据上述步骤2) 确定带有装粉口的顶板厚度为10-12mm,圆筒壁的底板厚度为15-20mm,圆筒壁的底板凹槽深约为5mm,圆筒壁的筒壁厚度约为2mm;

4) 根据所述步骤2) 确定固定模具的材料为高纯石墨,将石墨纸均匀贴合于固定模具表面,所述圆筒壁的材料为不锈钢板;

5) 根据所需成形的钛合金薄壁件的材料需求,采用气雾化法制备出球形钛合金粉

末,并筛分出-60-+325目的粉末备用;

6)采用过盈配合,将固定模具嵌入带有固定模具凹槽的成形圆筒壁中;

7)将筛选好的钛合金粉末通过带有装粉口的顶板装入圆筒壁内,将带有真空孔的盖片置于装粉口上,并焊封;

8)将上述加工成形包套放置在加热炉中加热至500-550°C,利用FJ-620分子泵通过真空孔对圆筒壁内部进行真空处理,直至达到 1.0×10^{-3} - 1.0×10^{-4} Pa,并将带有真空孔的盖片焊封;

9)将上述已抽真空且焊封好的成形包套放置在热等静压设备中,在高温高压下使钛合金粉末固结成形,石墨纸与钛合金粉末在热等静压的作用下进行相互融合,表面渗碳形成;

10)利用线切割去除圆筒壁,采用机械加工的方法得到所需成形钛合金薄壁件的外表面,得到内嵌固定模具的钛合金薄壁件半成品;

11)采用人工剥离去除钛合金薄壁件半成品内嵌固定模具,由此得到已渗入石墨且固结成形的钛合金薄壁件。

[0007] 优选的,所述石墨纸作为碳源,其厚度依据不同渗碳要求,可选为2-5mm。

[0008] 优选的,所述固定模具是一个整体,保证在热等静压成形过程中保持位置不动,且形状与待成形钛合金薄壁件内腔形状一致,预留作为碳源的石墨纸厚度。

[0009] 优选的,所述成形包套中圆筒壁的筒壁和底座、顶盖或顶板的厚度依据所需渗碳面确定,为避免所需渗碳面因在热等静压过程中的变形而切除,与之对应的壁厚要在15-20mm;

优选的,所述成形圆筒壁内所需成形的薄壁件不一定适用于所有渗碳,应放入所需渗碳成形的钛合金粉末。

[0010] 优选的,所述步骤9)中热等静压处理采用同时升温升压,在2小时左右将温度升值920-950°C,相同时间内使热等静压设备的内部压力达到120-150MPa,保温保压时间3-5小时,之后将炉温冷却至室温。

[0011] 优选的,所述步骤11)结束后所得到的钛合金薄壁件表面会形成均匀的TiC层,其表面渗碳层厚度可达到90-105 μ m,表面最高硬度可达到480-550Hv。

[0012] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

第一:本发明的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺同时兼顾了钛合金薄壁件的成形及渗碳,减少了钛合金零件工艺步骤,具有工艺简单,能提高渗碳层表面耐磨性能,同时提高固定模具使用性能及生产效果,有效缩短渗碳时间、降低制造成本,使得渗碳层均匀,并且会形成固结的石墨层,同时达到减阻耐磨的效果;

第二:本发明的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺可以实现钛合金薄壁件指定表面渗碳,同时非渗碳面不会受到污染,通过对固定模具的设计可以实现不同形状零件的表面渗碳,具有一定的灵活性及可操作性;

第三:本发明的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺为防止圆筒壁高温高压变形,外筒壁采用不锈钢材料,保证钛合金粉末受力压缩过程仍能保持原有设计形状,钛合金薄壁件在精度高、易变形、难加工的部位设计了内置模具及包套的材料及厚度,提高控形的稳定性,以满足成形精度要求。

附图说明

[0013] 图1为本发明所述的一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺形成钛合金薄壁件所使用的成形包套结构示意图,包括:带有真空孔(1)的盖片(2)、带有装粉口(3)的顶板(4)、固定模具(5)、带有可嵌入固定模具凹槽的成形圆筒壁(6)、石墨纸(7)以及钛合金粉末(8)。

[0014] 图2为本发明所述的通过一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺形成的钛合金薄壁件示意图,(9)为成形薄壁件的渗碳层。

[0015] 图3为本发明所述的通过一种钛合金薄壁件热等静压成形/渗碳工艺形成的钛合金薄壁件所用的高纯石墨模具示意图。

具体实施方式

[0016] 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。

[0017] 请参阅图1及图2,本发明提供的技术方案如下:

优选的,根据所需表面渗碳成形的钛合金薄壁件的尺寸和外表面形状设计特征,加工出合理的成形包套,该成形包套包括带有真空孔的盖片、带有装粉口的顶板、固定模具、带有可嵌入固定模具凹槽的成形圆筒壁及石墨纸,包套采用圆柱形设计,将钛合金粉末装入该成形包套中。

[0018] 优选的,所述热等静压过程中的表面渗碳工艺按如下步骤进行:

1) 根据所需成形的钛合金薄壁件的特征设计内置固定模具和成形圆筒壁,钛合金薄壁件形状通过内置固定模具形状控制;

2) 根据所需成形钛合金薄壁件及渗碳表面厚度,通过分析确定不同包套、固定模具以及钛合金粉末下钛合金薄壁件的变形情况,确定出以下最佳控形参数;

3) 根据上述步骤2) 确定带有装粉口的顶板厚度为10-12mm,圆筒壁的底板厚度为15-20mm,圆筒壁的底板凹槽深约为5mm,圆筒壁的筒壁厚度约为2mm;

4) 根据所述步骤2) 确定固定模具的材料为高纯石墨,将石墨纸均匀贴合于固定模具表面,所述圆筒壁的材料为不锈钢板;

5) 根据所需成形的钛合金薄壁件的材料需求,采用气雾化法制备出球形钛合金粉末,并筛分出-60-+325目的粉末备用;

6) 采用过盈配合,将固定模具嵌入带有固定模具凹槽的成形圆筒壁中;

7) 将筛选好的钛合金粉末通过带有装粉口的顶板装入圆筒壁内,将带有真空孔的盖片置于装粉口上,并焊封;

8) 将上述加工成形包套放置在加热炉中加热至500-550°C,利用FJ-620分子泵通过真空孔对圆筒壁内部进行真空处理,直至达到 1.0×10^{-3} - 1.0×10^{-4} Pa,并将带有真空孔的盖片焊封;

9) 将上述已抽真空且焊封好的成形包套放置在热等静压设备中,在高温高压下使钛合金粉末固结成形,石墨纸与钛合金粉末在热等静压的作用下进行相互融合,表面渗碳

形成；

10) 利用线切割去除圆筒壁,采用机械加工的方法得到所需成形钛合金薄壁件的外表面,得到内嵌固定模具的钛合金薄壁件半成品；

11) 采用人工剥离去除钛合金薄壁件半成品内嵌固定模具,由此得到已渗入石墨且固结成形的钛合金薄壁件。

[0019] 优选的,所述石墨纸作为碳源,其厚度依据不同渗碳要求,可选为2-5mm。

[0020] 优选的,所述固定模具是一个整体,保证在热等静压成形过程中保持位置不动,且形状与待成形钛合金薄壁件内腔形状一致,预留作为碳源的石墨纸厚度。

[0021] 优选的,所述成形包套中圆筒壁的筒壁和底座、顶盖或顶板的厚度依据所需渗碳面确定,为避免所需渗碳面因在热等静压过程中的变形而切除,与之对应的壁厚要在15-20mm。

[0022] 优选的,所述成形圆筒壁内所需成形的薄壁件不一定适用于所有渗碳,应放入所需渗碳成形的钛合金粉末。

[0023] 优选的,所述步骤9)中热等静压处理采用同时升温升压,在2小时左右将温度升值920-950°C,相同时间内使热等静压设备的内部压力达到120 -150MPa,保温保压时间3-5小时,之后将炉温冷却至室温。

[0024] 优选的,所述步骤11)结束后所得到的钛合金薄壁件(图2)表面会形成均匀的TiC层,其表面渗碳层厚度可达到90-105 μm ,表面最高硬度可达到480-550Hv。

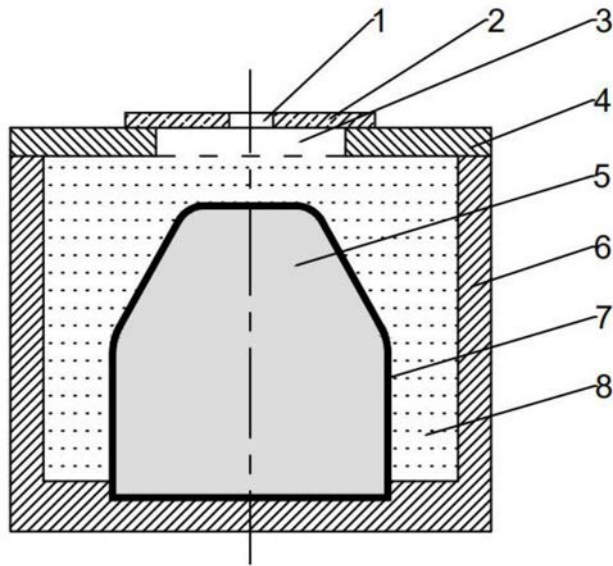


图1

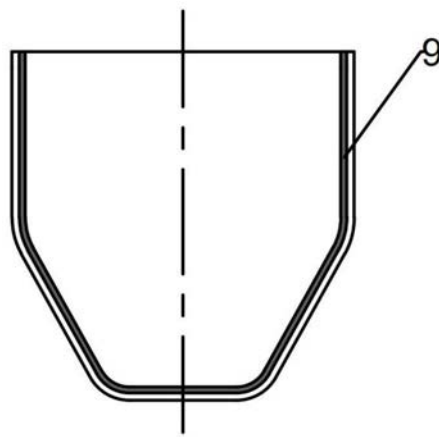


图2

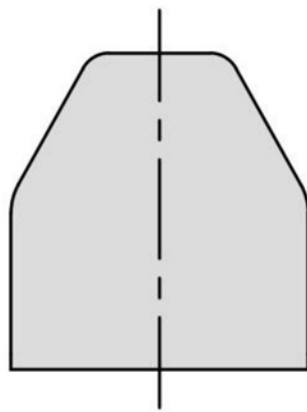


图3