[19]中华人民共和国专利局

[11] 授权公告号 CN 1025358C

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 92103469.5

[51]Int.Cl[5]

[45]授权公告日 1994 年 7 月 6 日

F01D 5/14

[24]颁证日 94.4.15

[21]申请号 92103469.5

[22]申请日 92.5.12

[30]优先权

[32]91.5.13 [33]EP[31]91107707.1

[73]专利权人 亚瑞亚·勃朗勃威力有限公司 地址 瑞士巴登

[72]发明人 M·纳兹米 M·施陶布里

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 F01D 5/28

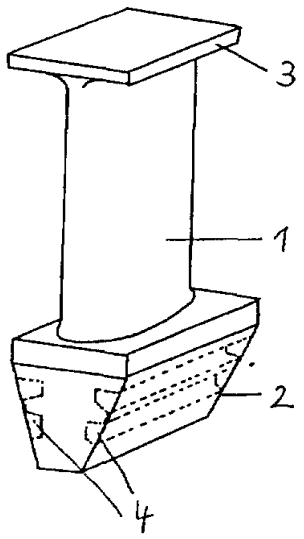
代理人 李恩泰 林道棠

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 制造涡轮叶片的方法

[57]摘要

涡轮叶片包含一个具有叶片、叶片根部、还可能具有叶片包带的铸体，由一种含配料的伽马钛铝化合物基的合金构成。这种涡轮叶片在一个中等温度和高温工作的涡轮机内使用时，其特点是寿命长，并可按简单而适合大量生产的方式来制造。因而用这种方法可使该合金至少在叶片部分有构成一种具有粗晶粒结构的材料，该材料还有一种形成高抗拉持久强度的组织。还至少在叶片根部和/或可能设有叶片包带的部分有构成细晶粒结构的材料，其延展性高于叶片处。



权 利 要 求 书

1. 一种制造涡轮叶片的方法，其中涡轮叶片包含一个具有叶片(1)、叶片根部(2)、还可能具有叶片包带(3)的铸体，该铸体由一种含配料的伽马钛铝化合物基的合金构成，合金至少具有0.5最高具有8原子百分数的配料，包含至少一种或多种下列元素：硼、钴、铬、锗、铪、锰、钼、铌、钯、硅、钽、钒、钇、钨以及锆，该合金至少在叶片(1)的部分有一种构成具有粗晶粒结构的材料，该材料还有一种形成高抗拉持久强度的组织，并且至少在叶片根部(2)和/或可能设置的叶片包带(3)部分有构成一种具有细晶粒结构的材料，该材料还有高于叶片(1)处材料的延展性，其特征在于，实施下列方法步骤：

熔化合金，

由涡轮叶片模具将熔融金属浇注成一个铸体，

对铸体进行等静力热压，

对等静力热压铸体相当于叶片根部(2)和/或叶片包带(3)部分进行一次至多次等温热成形构成具有细晶粒结构的材料，

至少对等静力热压铸体对应于叶片(1)的部分在等温热成形前或后进行热处理，构成具有粗晶粒结构的材料，还有

对等静力热压、经过热成形和热处理的铸体材料切削加工成涡轮叶片。

2. 按权利要求1的方法，其特征在于，将等静力热压的铸体在等温热成形构成具有粗晶粒结构的材料前进行热处理。

3. 按权利要求1的方法，其特征在于，对等静力热压铸体包含

叶片 (1) 的部分在等温热成形构成具有粗晶粒结构的材料后进行热处理。

4. 按权利要求 3 的方法，其特征在于，用一个感应线圈来实施热处理。

5. 按权利要求 1 的方法，其特征在于，热处理是在 1200 和 1400℃温度下进行。

6. 按权利要求 5 的方法，其特征在于，随后另一次热处理在 800 和 1000℃之间温度下进行。

7. 按权利要求 1 的方法，其特征在于，热成形是以相当于 $5 \cdot 10^{-5}S^{-1}$ 和 $10^{-2}S^{-1}$ 之间的变形速度，在 1050 和 1200℃之间的温度下进行到变形 $\varepsilon = 1.6$，此时

$$\varepsilon = 1n\frac{h_0}{h}$$，式中

h_0 = 工件原始高度和

h = 工件在加工成形后的高度。

8. 按权利要求 7 的方法，其特征在于，热成形在一台锻压机内进行。

9. 按权利要求 8 的方法，其特征在于，锻压机内要热成形的部分通过在至少两个横置于涡轮叶片纵轴延伸的方法上进行顶锻，先锻打，然后精压至最后形状。

10. 按权利要求 1 的方法，其特征在于，将等静力热压的铸体在等温热成形前冷却至室温，随后以 10 和 50℃/分之间的速度加热到热成形时所标定的温度上。

11. 按权利要求 1 的方法，其特征在于，对铸体在热成形和热处

理前，在1000和1100℃之间温度下进行均匀化。

12. 按权利要求1－11中任一项的方法，其特征在于，等静力热压在1200和1300℃之间温度下，其压力在100和150MPa之间进行。

说　明　书

CPME 924166

制造涡轮叶片的方法

本发明涉及一种制造涡轮叶片的方法，该涡轮叶片包含一个具有叶片、叶片根部、还可能具有叶片包带的铸体，该铸体由一种含配料的伽马钛铝化合物基的合金构成。

伽马钛铝化合物具有的一些特性有利于用作经受高温的涡轮叶片材料。此外，这种合金相对于一般所用的超级高温合金属于低比重合金，例如镍超级高温合金的比重就大一倍。

由绍特霍夫 (G. Sauthoff) 的“金属间相”，金属和陶瓷之间的材料，新材料杂志 1/89，第 15 – 19 页公开了一种开头所述的涡轮叶片。这种涡轮叶片的材料具有较高的耐热性，然而这种材料的延展性在室温下却是很小的，因而对涡轮叶片的受弯曲应力部分就不能没有损坏。

本发明的任务是，提出一种开头所述的涡轮叶片的制造方法，该涡轮叶片的突出点是当其在一种以中等温度和高温工作的涡轮机中使用时具有长寿命，同时指引一条可安简易而适合大量生产方式制造这种涡轮叶片的途径。

一种制造涡轮叶片的方法，其中涡轮叶片包含一个具有叶片、叶片根部、还可能具有叶片包带的铸体，该铸体由一种含配料的伽马钛铝化合物基的合金构成，合金至少具有 0.5 最高具有 8 原子百分数的配料，包含至少一种或多种下列元素：硼、钴、铬、锗、铪、锰、钼、铌、钯、硅、钽、钒、钇、钨以及锆，该合金至少在叶片的部分有一种构成具

有粗晶粒结构的材料，该材料还有一种形成高抗拉持久强度的组织，并且至少在叶片根部和/或可能设置的叶片包带部分有构成一种具有细晶粒结构的材料，该材料还有高于叶片处材料的延展性，其特征在于，实施下列方法步骤：

熔化合金，

由涡轮叶片模具将熔融金属浇注成一个铸体，

对铸体进行等静力热压，

对等静力热压铸体相当于叶片根部和/或叶片包带部分进行一次至多次等温热成形构成具有细晶粒结构的材料，

至少对等静力热压铸体对应于叶片的部分在等温热成形前或后进行热处理，构成具有粗晶粒结构的材料，还有

对等静力热压、经过热成形和热处理的铸体材料切削加工成涡轮叶片。

按本发明的方法制造的涡轮叶片相对于可对比的、按现有技术的涡轮叶片其突出点是甚至在高应力时、特别是在进行弯曲时具有长寿命。这

是由于可以使涡轮叶片不同受力部分具有所用材料的伽马钛铝化合物不同规定的变体。在这种情况下对制造技术特别有利的是，使涡轮叶片仅用一种可以廉价制造的整体铸体来形成。而且可以通过使用常用的装置，例如铸模、炉、压力机以及机械和电化学的加工装置，以简单的大量生产方式来实施这种方法。

本发明的最佳实施例和从而可达到的一些优点下面借助于一个附图来详细说明。

在唯一的图中示有一个经过退火、等静力热压、热成形和热处理的铸体，由该铸体通过材料切削加工来制造按本发明的涡轮叶片。

图中示出的铸体经过退火、等静力热压、热成形和热处理，具有按本发明涡轮叶片的主要材料和形状特性。该铸体包含一个纵向延伸的叶片 1、一个设置在叶片 1一端的叶片根部 2以及一个设置在叶片另一端的叶片包带 3。由该铸体通过微量材料切削加工来制造按本发明的涡轮叶片。材料切削加工基本上在于使铸体尺寸适配于所要求的涡轮叶片尺寸。对于叶片根部 2和叶片包带 3有利的是进行磨削和抛光加工。在这时还可同时形成图中虚线所示呈枞树状设置的叶片根部 2的固定槽 4。该叶片最好通过电化学加工使其适合于所要求的叶片形状。

图中所示的铸体基本上由一种含配料伽马钛铝化合物基的合金组成。这种合金至少在叶片 1的部分有构成一种具有粗晶粒结构的材料，该材料还有一种形成高抗拉持久强度的组织。该合金至少在叶片根部2和叶片包带3的部分有构成一种具有细晶粒结构的材料，该材料还有一种高于叶片 1处材料的延展性。从而使叶片达到长寿命。这样对于一部分材料来说因而使在高温中工作的涡轮机叶片根

据其粗晶粒结构和其组织具有一个良好的抗拉持久强度，而其在低温时存在的微小延展性就没意义了。这样对于另一部分材料来说还因而使处于较低温度中工作的涡轮叶片根部和叶片包带，然后根据其细晶粒结构和其组织具有的延展性和设在叶片内的材料相比较是高的。因而可以在一段长的时间间隔内由叶片根部和叶片包带来接受较大的扭力和弯曲力，而不致产生应力裂纹。

按本发明的涡轮叶片可以适合于在中等温度和高温下，即在温度为200至1000℃之间时使用，特别是在燃气轮机和压缩机中使用。此时按照燃气轮机或压缩机的结构形式可以有叶片包带 3或是没有叶片包带 3。

图示的铸体就按下面所述来制造：在诸如氩的保护气体下或在真空下将下列一种以铬作为配料的伽马钛铝化合物基的合金熔化在一个感应炉内：其中

铝＝48　　原子百分数

铬＝ 3　　原子百分数

钛＝余数

其他适用的合金均为伽马钛铝化合物，合金中作为配料包含至少一种或多种下列元素：硼、钴、铬、锗、铪、锰、钼、铌、钯、硅、钽、钒、钇、钨、以及锆。添加的配料量最好是0·5至8原子百分数。

将熔融金属浇注在一个相当于要制造涡轮叶片的铸模内。然后可将制成的铸体在约1100℃温度下例如在10小时内在氩气氛中退火以有利于使其均匀化，接着冷却到室温。然后去除铸件砂皮和氧化层，在表面层厚度例如约为 1毫米时可用机械或化学方法来除去。

将除去氧化皮的铸体推入到一个用软碳素钢构成的适当铸模内，并对该铸模气密焊接。现在将密封放置有铸体在1260℃温度中、在 3 小时内、在120MPa压力下进行等静力热压并冷却。

合金退火应按成分在1000和1100℃之间温度下至少进行 1个半小时和最多进行30小时。相应的退火适用于等静力热压，有利的温度是在1200和1300℃之间，压力在100和150MPa之间应进行至少 1 小时和最多 5小时。

接着对经过退火和等静力热压的铸体的相当于叶片根部 2和／或叶片包带 3的部分进行一次至多次等温热成形，构成具有细晶粒结构的材料，还对经过退火和等静力热压的铸体至少相当于叶片 1 的部分在等温热成形的前或后进行热处理，构成具有粗晶粒结构的材料。

此时有利的是，可以采取两种途径。采取第一种途径时使经过退火和等静力热压的铸体的等温热成形构成粗晶粒结构的材料前进行热处理，而采取第二种途径时则使经过退火和等静力热压的铸体包含叶片的部分在等温热成形构成粗晶粒结构的材料后进行热处理。已经证明合适的做法是在等温热成形前对经过退火和等静力热压的铸体以10和50℃／分的速度加热到热成形所需的温度。

在采取第一种途径时将铸体加热到1200至1400℃的温度，并按加热温度和合金成分在0·5和25小时之间进行热处理。冷却时可以进行另一次 1至 5小时持续的热处理。热处理后铸体具有粗晶粒结构和一种形成高抗拉持久强度的组织。将经过热处理的铸体加热到1100℃并且保持在该温度上。然后在1100℃温度下等温锻压叶片根部 2和／或叶片包带 3。所用的工具最好是一台锻压机，工具大致

由一种钼合金组成，其商业名称为TZM，成分如下：

钛＝0·5　　重量百分数

锆＝0·1　　重量百分数

碳＝0·02　　重量百分数

钼＝余数

要锻压材料的屈服极限在1100℃温度下约为260MPa。加工成形通过顶锻直至变形$\epsilon=1\cdot3$来达到此时

$$\epsilon = \ln\frac{h_o}{h}$$ ，式中

h_o＝工件原始高度和

h ＝工件在加工成形后的高度。

线性变形速度（锻压机的冲模移动速度）在锻压过程开始时为0·1毫米／秒。锻压机的起始压力约为300MPa。

按合金成分可使热成形在1050和1200℃之间的温度下，以一个相当于在$5\cdot10^{-5}S^{-1}$和$10^{-2}S^{-1}$之间的变形速度进行到变形$\epsilon=1\cdot6$。此时有利的是，可使在锻压机内要热成形的部分，例如叶片根部 2也许还有叶片包带 3，通过在至少两个横置于涡轮叶片纵轴延伸的方向上进行顶锻，先锻打，然后精压至最后形状。精压部分具有细晶粒结构，其延展性高于叶片处的材料。对于如上所述制造的涡轮叶片来说其材料抗拉强度或延展性在叶片 1内为390MPa或 0·3%；而在叶片根部 2以及在叶片包带内则为370MPa或1·3%。

采取第二种途径时例如以10至50℃／分的加热速度将铸体加热到1100℃，并且保持在该温度上。然后将叶片根部 2和／或叶片包带 3在1100℃温度下按照前面所述的方法进行等温锻压。精锻部分

也具有细晶粒结构，其延展性高于叶片 1处的材料。

然后借助于一个围绕叶片 1设置的感应线圈将叶片加热到1200至1400℃的温度，并按加热温度和合金成分在 0·5和25小时之间进行热处理。冷却时可以进行另一次温度在800和1000℃之间 1至5小时持续的热处理。在热处理后叶片主要具有粗晶粒结构，还有一种形成高抗拉持久强度的组织。对于这种大量生产的涡轮叶片来说，叶片 1内或叶片根部 2内以及叶片包带 3内的材料抗拉强度和延展性几乎就如按以前所述方法制造的涡轮叶片那样具有相同的值。

说　明　书　附　图

