



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116277391 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 23

(21) 申请号 202211527471.9

B28B 11/24 (2006.01)

(22) 申请日 2022.12.01

F02F 3/00 (2006.01)

(71) 申请人 滨州渤海活塞有限公司

B22D 19/00 (2006.01)

地址 256600 山东省滨州市滨城区渤海二
十一路569号

B22D 23/04 (2006.01)

(72) 发明人 高晓波 范吉超 高青 李珂

张国华 闫汝辉 徐云庆 林东营

李猛猛 颜宪生 李方峰 刘小房

田玉凯

(74) 专利代理机构 济南泉城专利商标事务所

37218

专利代理师 吕雪营

(51) Int. Cl.

B28B 3/00 (2006.01)

B28B 13/02 (2006.01)

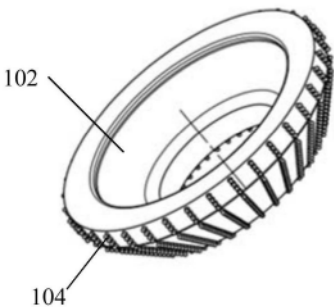
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件及其制
备工艺

(57) 摘要

本发明提供了一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件及其制备工艺,其中陶瓷纤维预制件包括与铝活塞局部待增强结构相匹配的陶瓷纤维预制件本体,所述陶瓷纤维预制件本体与所述铝活塞局部待增强结构相接触的周向侧面设计多个球状结构,每平方厘米接触面积内球状结构的数量不小于30个。通过本发明的技术方案,使得陶瓷纤维预制件与铝合金基体复合后,铝合金基体部分与陶瓷纤维增强复合材料预复合部分的边界互相插入对方内部,形成互相铰接为一体的界面结构,从而,增加了界面的过度部分面积,可以消除界面处初晶硅的聚集问题,可以提高界面韧性和强度,减少界面开裂风险。



1. 一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,其特征在于,包括:

与铝活塞局部待增强结构相匹配的陶瓷纤维预制件本体,所述陶瓷纤维预制件本体与所述铝活塞局部待增强结构相接触的周向侧面设计多个球状结构,每平方厘米接触面积内球状结构的数量不小于30个。

2. 根据权利要求1所述的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,其特征在于,多个所述球状结构在所述陶瓷纤维预制件本体周向侧面上呈环状阵列分布。

3. 根据权利要求2所述的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,其特征在于,

所述陶瓷纤维预制件本体与所述铝活塞局部待增强结构每平方厘米接触面积内球状结构的数量通过调整相邻两列球状结构的间隔角度 α 、突出表面的球状结构半径SR、同一列上相邻两个突出表面的球状结构之间的距离L1、突出表面的球状结构外端与陶瓷纤维预制件本体周向侧面之间的距离H来进行调整。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,其特征在于,

分层设计所述陶瓷纤维预制件本体由外向内的体积密度,且体积密度呈梯度变化,由外向内逐渐升高。

5. 根据权利要求4所述的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,其特征在于,

最外侧的球状结构层与最内层之间设计三个体积密度不同的中间层,三个所述中间层与球状结构层的陶瓷纤维体积分数都不小于8%且不大于12%。

6. 根据权利要求5所述的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,其特征在于,

所述陶瓷纤维预制件本体呈中空类圆台状,以增加在铝活塞头部增强铝活塞喉口性能。

7. 一种权利要求1至6中任一项所述铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺,其特征在于,包括以下步骤:

将选取好的单晶陶瓷纤维加入聚丙烯酰胺水溶液中,其中,聚丙烯酰胺水溶液中聚丙烯酰胺分散剂的质量分数为2%-5%,单晶陶瓷纤维的质量分数为50%-60%,其他为水,单晶陶瓷纤维平均直径为 $5\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$,平均长度为 $150\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$,且 $200\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$ 的单晶陶瓷纤维占比为30%-40%;

搅拌上述混合溶液,在搅拌速度为1000转/分钟~1500转/分钟的情况下搅拌20分钟,之后将搅拌速度降低到100转/分钟~200转/分钟;将石膏模具放入加压设备的加压室内,把搅拌好的浆料分3个批次的倒入石膏模具中,每批次浆料倒入后,均打开加压设备的压缩空气加压,第一批次浆料倒入后,控制加压设备的加压压力为0.5MPa-1MPa,第二批次浆料倒入后,控制加压设备的加压压力为1MPa-1.5MPa,第三批次浆料倒入后,控制加压设备的加压压力为1.5MPa-2MPa,保压时间3min-5min;

泄压后打开加压室,取出石膏模具,放入干燥箱中进行烘干,对干燥后的石膏模具进行机械加工,将陶瓷纤维预制件内径加工到指定尺寸后,从石膏模具中取出陶瓷纤维预制体;

将陶瓷纤维预制体放入烧结炉中进行烧结,烧结温度为 1200°C ~ 1500°C ,保温时间为3h~5h。

8. 根据权利要求7所述的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺,其特征在于,石膏模具放入干燥箱中进行烘干时的烘干温度为 90°C ~ 120°C ,烘干时间为1h~2h。

9. 一种铝活塞, 其特征在于, 采用上述权利要求1至6中任一项所述铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件进行局部增强, 所述陶瓷纤维预制件预热后放入模具中后, 倒入铝液, 然后再把铝液通过压力浸渗到所述陶瓷纤维预制件中以形成活塞毛坯。

10. 根据权利要求9所述的铝活塞, 其特征在于,

陶瓷纤维预制件与铝合金基体复合后, 铝合金基体部分与陶瓷纤维增强复合材料预复合部分的边界互相插入对方内部, 形成互相铰接为一体的界面结构。

铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件及其制备工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及活塞铸造技术领域,具体而言,涉及一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件及其制备工艺。

背景技术

[0002] 载重汽车、工程机械、铁路机车以及船用的发动机都在向大功率、高负荷方向发展,强化程度不断提高,排放要求越来越严格,相关技术中,一般通过在活塞头部增加陶瓷复合材料、氧化铝、硼酸铝晶须等,来提高活塞喉口的热疲劳性能。

[0003] 然而,现有技术中,陶瓷纤维增强体的体积密度都是整体统一的,一般在 $V_f16\%-20\%$ 之间,经复合后能获得更好的力学性能,陶瓷纤维增强复合材料具有非常高温强度,但是在高温下陶瓷复合材料与铝合金基体的界面处的强度只有铝合金基体的80%,两者结合强度过低,活塞陶瓷增强部分与铝合金基体结合面分界清晰、无相互浸润过渡层,容易在活塞试验及使用中出现陶瓷纤维增强体与铝合金基体结合面开裂等情况,导致活塞失效。

发明内容

[0004] 本发明旨在至少解决现有技术或相关技术中存在的技术问题之一。

[0005] 为此,本发明的目的在于提供一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件及其制备工艺,通过铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的独特设计,使得陶瓷纤维预制件与铝合金基体复合后,铝合金基体部分与陶瓷纤维增强复合材料预复合部分的边界互相插入对方内部,形成互相铰接为一体的界面结构,可以增加界面的过度部分面积,可以消除界面处初晶硅的聚集问题,可以提高界面韧性和强度,减少了界面开裂风险。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的第一方面的技术方案提供了一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,包括:与铝活塞局部待增强结构相匹配的陶瓷纤维预制件本体,所述陶瓷纤维预制件本体与所述铝活塞局部待增强结构相接触的周向侧面设计多个球状结构,每平方厘米接触面积内球状结构的数量不小于30个。

[0007] 优选地,多个所述球状结构在所述陶瓷纤维预制件本体周向侧面上呈环状阵列分布。

[0008] 优选地,所述陶瓷纤维预制件本体与所述铝活塞局部待增强结构每平方厘米接触面积内球状结构的数量通过调整相邻两列球状结构的间隔角度 α 、突出表面的球状结构半径 SR 、同一列上相邻两个突出表面的球状结构之间的距离 $L1$ 、突出表面的球状结构外端与陶瓷纤维预制件本体周向侧面之间的距离 H 来进行调整。

[0009] 优选地,分层设计所述陶瓷纤维预制件本体由外向内的体积密度,且体积密度呈梯度变化,由外向内逐渐升高。

[0010] 优选地,最外侧的球状结构层与最内层之间设计三个体积密度不同的中间层,三个所述中间层与球状结构层的陶瓷纤维体积分数都不小于8%且不大于12%。

[0011] 优选地,所述陶瓷纤维预制件本体呈中空类圆台状,以增加在铝活塞头部增强铝活塞喉口性能。

[0012] 本发明的第二方面的技术方案提供了一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺,包括以下步骤:

[0013] 将选取好的单晶陶瓷纤维加入聚丙烯酰胺水溶液中,其中,聚丙烯酰胺水溶液中聚丙烯酰胺分散剂的质量分数为2%-5%,单晶陶瓷纤维的质量份数为50%-60%,其他为水,单晶陶瓷纤维平均直径为 $5\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$,平均长度为 $150\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$,且 $200\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$ 的单晶陶瓷纤维占比为30%-40%;

[0014] 搅拌上述混合溶液,在搅拌速度为1000转/分钟~1500转/分钟的情况下搅拌20分钟,之后将搅拌速度降低到100转/分钟~200转/分钟;

[0015] 将石膏模具放入加压设备的加压室内,把搅拌好的浆料分3个批次的倒入石膏模具中,每批次浆料倒入后,均打开加压设备的压缩空气加压,第一批次浆料倒入后,控制加压设备的加压压力为0.5MPa-1MPa,第二批次浆料倒入后,控制加压设备的加压压力为1MPa-1.5MPa,第三批次浆料倒入后,控制加压设备的加压压力为1.5MPa-2MPa,保压时间3min-5min;

[0016] 泄压后打开加压室,取出石膏模具,放入干燥箱中进行烘干,对干燥后的石膏模具进行机械加工,将陶瓷纤维预制件内径加工到指定尺寸后,从石膏模具中取出陶瓷纤维预制体;

[0017] 将陶瓷纤维预制体放入烧结炉中进行烧结,烧结温度为 1200°C ~ 1500°C ,保温时间为3h~5h。

[0018] 优选地,石膏模具放入干燥箱中进行烘干时的烘干温度为 90°C ~ 120°C ,烘干时间为1h~2h。

[0019] 本发明第三方面的技术方案提供了一种铝活塞,采用上述技术方案中任一项所述的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件进行局部增强,所述陶瓷纤维预制件预热后放入模具中后,倒入铝液,然后再把铝液通过压力浸渗到所述陶瓷纤维预制件中以形成活塞毛坯。

[0020] 优选地,陶瓷纤维预制件与铝合金基体复合后,铝合金基体部分与陶瓷纤维增强预复合材料预复合部分的边界互相插入对方内部,形成互相铰接为一体的界面结构,本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件及其制备工艺具有以下有益技术效果:

[0021] (1) 本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件设计有独特的球状结构,可以在与铝合金基体复合后,使得由铝合金基体部分与陶瓷纤维增强复合材料预复合部分的边界互相插入对方内部,形成互相铰接为一体的界面结构,从而增强界面强度,分散界面应力分布,避免界面开裂风险。通过设计每平方厘米接触面积内球状结构的数量不小于30个,则进一步保障了互铰结构的形成,增加了界面过渡尺寸,提高了界面的结合力,相对于现有技术中经浸渗过的陶瓷复合材料与铝合金基体界面结合光滑过度,复合材料部分的膨胀系数小于基体部分,膨胀系数存在差异,在高温下强度过低,本发明提出的陶瓷纤维预制件与铝合金基体复合后,界面形成互铰结构,有一定的界面过渡,提高了界面强度,尤其是高温下的界面强度。

[0022] (2) 本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件将多个球状结构设计为在周向侧面上呈环状阵列分布,从而使得边界处形成的互铰结构较为均衡,进一步增强了结合

界面强度,分散了界面应力分布,避免了界面开裂风险。

[0023] (3)本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件可以通过设计调整相邻两列球状结构的间隔角度 α 、突出表面的球状结构半径 SR 、同一列上相邻两个突出表面的球状结构之间的距离 $L1$ 、突出表面的球状结构外端与陶瓷纤维预制件本体周向侧面之间的距离 H 来进行每平方厘米接触面积内球状结构的数量调整,一方面,设计调整相对可靠性强,较为简单,可以对形成的互较结构进行调节,保障结合界面的性能,另一方面,能够确保球状结构的较为均衡分布,可以均衡分散界面应力分布,进一步避免界面开裂风险。

[0024] (4)本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件分层设计陶瓷纤维预制件本体由外向内的体积密度,且体积密度呈梯度变化,低体积密度部分垂直于轴向部分的纤维数量大于平行于轴向部分的纤维数量,从而,在挤压铸造过程中,可以使初晶硅分散到增强体中,消除了分界面初晶硅聚集,增加了分界面的韧性,提高了界面强度,减少了开裂风险。

[0025] (5)本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件分层设计陶瓷纤维预制件在最外侧的球状结构层与最内层之间设计三个体积密度不同的中间层,三个中间层与球状结构层的陶瓷纤维体积分数都不小于8%且不大于12%,进一步使得铸造铝液浸渗过程中,基体铝合金中的初晶硅能够进入预制体中,消除了初晶硅的在结合界面上的大量聚集,从而提高了界面强度。

[0026] (6)本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺实现了对本发明独特结构的陶瓷纤维预制件的制备,通过把搅拌好的浆料分3个批次倒入石膏模具中,并在每批次浆料倒入后进行不同的加压压力控制等,实现了对陶瓷纤维预制件的体积密度控制,通过控制单晶陶瓷纤维平均直径、平均长度以及指定长度占比,从而可以控制垂直方向的占60%-70%,平行方向的占30%-40%,同时,依据石膏模具吸水特性,靠近石膏模具部位先成型,随着浆料的批次加入,石膏模具吸水性和纤维厚度逐渐增加,结合加压压力的控制,能够实现梯度密度的陶瓷纤维预制件的制备。

[0027] (7)本发明提出的铝活塞,采用特制的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件进行局部增强,陶瓷纤维预制件与铝合金基体符合后,铝合金基体部分与陶瓷纤维增强复合材料预复合部分的边界互相插入对方内部,形成互相较接为一体的界面结构,大大增强了界面过渡尺寸,提高了界面结合力,同时铝合金基体与复合材料形成初晶硅分散到陶瓷纤维中,避免了其在界面上聚集,提高了界面强度,避免了界面处易开裂现象的发生,有利于打破高功率密度发动机发展瓶颈。

[0028] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述部分中给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0029] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0030] 图1示出了根据本发明的一个实施例的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的结构示意图;

[0031] 图2示出了根据本发明的一个实施例的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的仰视结构示意图;

[0032] 图3示出了根据本发明的一个实施例的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的主视结构示意图；

[0033] 图4示出了图3中A-A处的剖视结构示意图；

[0034] 图5示出了图4中B处的放大结构示意图；

[0035] 图6示出了铸入本发明的实施例中的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的铝活塞的结构示意图；

[0036] 图7示出了图6中C-C处的剖视结构示意图；

[0037] 图8示出了图7中D处的放大结构示意图；

[0038] 图9示出了活塞复合材料增强部分界面金相图；

[0039] 图10示出了根据本发明的实施例的铝活塞的有限元分析结果图；

[0040] 图11示出了现有技术中活塞的有限元分析结果图，

[0041] 其中，图1至图8中附图标记与部件之间的对应关系为：

[0042] 102陶瓷纤维预制件本体，104球状结构，106球状结构层，108中间层，110最内层，202活塞头部，204燃烧室，206活塞复合材料增强部分，208活塞铸铁镶环，210活塞铝环槽，212活塞冷却油道，302铝合金基体，304初晶硅，306陶瓷纤维。

具体实施方式

[0043] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0044] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，但是，本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施，因此，本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0045] 本领域技术人员可以借鉴本文内容，适当改进工艺参数实现。特别需要指出的是，所有类似的替换和改动对本领域技术人员来说是显而易见的，它们都被视为包括在本发明。本发明的方法及应用已经通过较佳实施例进行了描述，相关人员明显能在不脱离本发明内容、精神和范围内对本文所述的方法和应用进行改动或适当变更与组合，来实现和应用本发明技术。

[0046] 下面结合图1至图11对根据本发明的实施例的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件及其制备工艺以及铝活塞进行具体说明。

[0047] 实施例1

[0048] 如图1至图5所示，根据本发明的实施例的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件包括：与铝活塞局部待增强结构相匹配的陶瓷纤维预制件本体102，陶瓷纤维预制件本体102与铝活塞局部待增强结构相接触的周向侧面设计多个球状结构104，每平方厘米接触面积内球状结构104的数量不小于30个。这样可以在陶瓷纤维预制件与铝合金基体复合后，复合材料增强部分与铝合金基体部分的边界互相插入对方内部，形成互相铰接为一体的界面结构，有一定的界面过渡，相对于现有技术中的光滑过渡（无相互浸润过渡层、分界清晰），界面的过渡尺寸显著增加，从而，大大提高了界面的结合力，能够有效避免陶瓷复合材料结合面处易开裂的问题。

[0049] 进一步地,如图1至图3所示,多个球状结构104在陶瓷纤维预制件本体102周向侧面上呈环状阵列分布。

[0050] 陶瓷纤维预制件本体102与铝活塞局部待增强结构每平方厘米接触面积内球状结构104的数量通过调整相邻两列球状结构104的间隔角度 α 、突出表面的球状结构半径SR、同一列上相邻两个突出表面的球状结构104之间的距离L1、突出表面的球状结构104外端与陶瓷纤维预制件本体102周向侧面之间的距离H来进行调整,如图2和图5所示。

[0051] 对于每平方厘米接触面积内球状结构104的数量调整较为简单,可靠性强,可以对形成的互较结构进行调节,保障了结合界面的性能,球状结构104的分布均衡,也能达到均衡分散界面应力分布的效果,从而能够进一步避免界面开裂风险。

[0052] 进一步地,如图4和图5所示,分层设计所述陶瓷纤维预制件本体102由外向内的体积密度,且体积密度呈梯度变化,由外向内逐渐升高。

[0053] 最外侧的球状结构层106H与最内层110之间设计三个体积密度不同的中间层108S1、S2、S3,三个所述中间层108S1、S2、S3与球状结构层106H的陶瓷纤维体积分数都不小于8%且不大于12%,而最内层110的体积分数一般设计为16%-20%。

[0054] 如此设计,一方面,保障了复合材料增强部分的强度,另一方面,解决了现有技术中复合材料体积密度Vf单一,一般为16%-20%(超过12%)情况下,陶瓷纤维预制件中孔径多数小于20 μm ,铝合金基体中初晶硅的尺度大部分超过陶瓷纤维预制件的平均孔径,在铸造铝液浸渗过程中,基体铝合金中的初晶硅无法进入预制体中,而在结合界面上大量聚集,从而导致界面强度低的问题。铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件分层设计陶瓷纤维预制件本体102由外向内的体积密度,且体积密度呈梯度变化,低体积密度部分垂直于轴向部分的纤维数量大于平行于轴向部分的纤维数量,从而,在挤压铸造过程中,可以使初晶硅分散到增强体中,消除了分界面初晶硅聚集,增加了分界面的韧性,提高了界面强度,减少了开裂风险。

[0055] 进一步地,陶瓷纤维预制件本体102呈中空类圆台状,可以与铝活塞头部202配合,增强铝活塞喉口性能。

[0056] 实施例2

[0057] 一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺,包括以下步骤:

[0058] 将选取好的单晶陶瓷纤维加入聚丙烯酰胺水溶液中,其中,聚丙烯酰胺水溶液中聚丙烯酰胺分散剂的质量分数为2%,单晶陶瓷纤维的质量分数为50%,其他为水,单晶陶瓷纤维平均直径为5 μm -10 μm ,平均长度为150 μm -300 μm ,且200 μm -300 μm 的单晶陶瓷纤维占比为30%-40%;

[0059] 搅拌上述混合溶液,在搅拌速度为1000转/分钟的情况下搅拌20分钟,之后将搅拌速度降低到100转/分钟;

[0060] 将石膏模具放入加压设备的加压室内,把搅拌好的浆料分3个批次的倒入石膏模具中,每批次浆料倒入后,均打开加压设备的压缩空气加压,第一批次浆料倒入后,压力设定为0.5MPa,第二批次浆料倒入后,压力设定为1MPa,第三批次浆料倒入后,压力设定为1.5MPa,保压时间3min;

[0061] 泄压后打开加压室,取出石膏模具,放入干燥箱中进行烘干,烘干温度为90 $^{\circ}\text{C}$ ~120 $^{\circ}\text{C}$,烘干时间为1h~2h,对干燥后的石膏模具进行机械加工,将陶瓷纤维预制件内径加

工到指定尺寸后,从石膏模具中取出陶瓷纤维预制体;

[0062] 将陶瓷纤维预制体放入烧结炉中进行烧结,烧结温度为1200℃,保温时间为3h。

[0063] 制备出来的陶瓷纤维预制体体积密度为8-12-16梯度过度,且周向侧面有球状结构,每平方厘米接触面积内球状结构的数量为30个。

[0064] 采用液态模锻工艺,将陶瓷纤维预制件预热后,与铸铁镶环、盐芯放入到模具中,倒入铝液,然后再把铝液通过压力浸渗到陶瓷纤维预制件中形成活塞复合材料增强部分,铸造形成活塞毛坯。

[0065] 经常规的T5热处理后,进一步通过机械加工,制成活塞成品,具体结构如图6至图8所示。活塞包括活塞头部202、燃烧室204、活塞铸铁镶环208、活塞铝环槽210、活塞冷却油道212、活塞复合材料增强部分206等,活塞复合材料增强部分206在活塞头部202,与燃烧室204相邻,能够增强铝活塞喉口性能。活塞复合材料增强部分206与铝合金基体302相结合的边界互相插入对方内部,形成互相铰接为一体的界面结构,大大增强了界面过渡尺寸,提高了界面结合力,同时铝合金基体302与复合材料形成初晶硅304分散到陶瓷纤维306中,如图9活塞复合材料增强部分206界面金相图所示,避免了其在界面上聚集,提高了界面强度,避免了界面处易开裂现象的发生,有利于打破高功率密度发动机发展瓶颈。

[0066] 实施例3

[0067] 一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺,包括以下步骤:

[0068] 将单晶陶瓷纤维加入聚丙烯酰胺水溶液中,其中,聚丙烯酰胺水溶液中聚丙烯酰胺分散剂的质量分数为3.5%,单晶陶瓷纤维的质量分数为55%,其他为水,单晶陶瓷纤维平均直径为5 μ m-10 μ m,平均长度为150 μ m-300 μ m,且200 μ m-300 μ m的单晶陶瓷纤维占比为30%-40%;

[0069] 搅拌上述混合溶液,在搅拌速度为1250转/分钟的情况下搅拌20分钟,之后将搅拌速度降低到150转/分钟;

[0070] 将石膏模具放入加压设备的加压室内,把搅拌好的浆料分3个批次的倒入石膏模具中,每批次浆料倒入后,均打开加压设备的压缩空气加压,第一批次浆料倒入后,压力设定为0.75MPa,第二批次浆料倒入后,压力设定为1.25MPa,第三批次浆料倒入后,压力设定为1.75MPa,保压时间4min;

[0071] 泄压后打开加压室,取出石膏模具,放入干燥箱中进行烘干,烘干温度为90℃~120℃,烘干时间为1h~2h,对干燥后的石膏模具进行机械加工,将陶瓷纤维预制件内径加工到指定尺寸后,从石膏模具中取出陶瓷纤维预制体;

[0072] 将陶瓷纤维预制体放入烧结炉中进行烧结,烧结温度为1350℃,保温时间为4h。

[0073] 制备出来的陶瓷纤维预制体体积密度为8-12-16梯度过度,且周向侧面有球状结构,每平方厘米接触面积内球状结构的数量为30个。

[0074] 采用液态模锻工艺,将陶瓷纤维预制件预热后,与铸铁镶环、盐芯放入到模具中,倒入铝液,然后再把铝液通过压力浸渗到陶瓷纤维预制件中形成活塞复合材料增强部分,铸造形成活塞毛坯。

[0075] 经常规的T5热处理后,进一步通过机械加工,制成活塞成品,具体结构如图6至图8所示。活塞包括活塞头部202、燃烧室204、活塞铸铁镶环208、活塞铝环槽210、活塞冷却油道212、活塞复合材料增强部分206等,活塞复合材料增强部分206在活塞头部202,与燃烧室

204相邻,能够增强铝活塞喉口性能。活塞复合材料增强部分206与铝合金基体302相结合的边界互相插入对方内部,形成互相铰接为一体的界面结构,大大增强了界面过渡尺寸,提高了界面结合力,同时铝合金基体302与复合材料形成初晶硅304分散到陶瓷纤维306中。

[0076] 实施例4

[0077] 一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺,包括以下步骤:

[0078] 一种铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺,包括以下步骤:

[0079] 将单晶陶瓷纤维加入聚丙烯酰胺水溶液中,其中,聚丙烯酰胺水溶液中聚丙烯酰胺分散剂的质量分数为3.5%,单晶陶瓷纤维的质量分数为60%,其他为水,单晶陶瓷纤维平均直径为 $5\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$,平均长度为 $150\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$,且 $200\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$ 的单晶陶瓷纤维占比为30%-40%;

[0080] 搅拌上述混合溶液,在搅拌速度为1500转/分钟的情况下搅拌20分钟,之后将搅拌速度降低到200转/分钟;

[0081] 将石膏模具放入加压设备的加压室内,把搅拌好的浆料分3个批次的倒入石膏模具中,每批次浆料倒入后,均打开加压设备的压缩空气加压,第一批次浆料倒入后,压力设定为1MPa,第二批次浆料倒入后,压力设定为1.5MPa,第三批次浆料倒入后,压力设定为2MPa,保压时间5min;

[0082] 泄压后打开加压室,取出石膏模具,放入干燥箱中进行烘干,对干燥后的石膏模具进行机械加工,将陶瓷纤维预制件内径加工到指定尺寸后,从石膏模具中取出陶瓷纤维预制体;

[0083] 将陶瓷纤维预制体放入烧结炉中进行烧结,烧结温度为 1500°C ,保温时间为5h。

[0084] 制备出来的陶瓷纤维预制体体积密度为8-12-16梯度过度,且周向侧面有球状结构,每平方厘米接触面积内球状结构的数量为30个。

[0085] 采用液态模锻工艺,将陶瓷纤维预制件预热后,与铸铁镶环、盐芯放入到模具中,倒入铝液,然后再把铝液通过压力浸渗到陶瓷纤维预制件中形成活塞复合材料增强部分,铸造形成活塞毛坯。

[0086] 经常规的T5热处理后,进一步通过机械加工,制成活塞成品。

[0087] 对比例1

[0088] 现有技术中陶瓷纤维预制件的制备工艺,包括以下步骤:

[0089] 件的制备工艺,其特征在于,包括以下步骤:

[0090] 将选取好的单晶陶瓷纤维加入聚丙烯酰胺水溶液中,其中,聚丙烯酰胺水溶液中聚丙烯酰胺分散剂的质量分数为2%,单晶陶瓷纤维质量分数为50%,其他为水,单晶陶瓷纤维平均直径为 $5\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$,纤维平均长度为 $150\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$;

[0091] 搅拌上述混合溶液,在搅拌速度为1500转/分钟的情况下搅拌20分钟,之后将搅拌速度降低到200转/分钟;

[0092] 将混合溶液一次性倒入石膏模具中,将石膏模具放入加压设备的加压室内,打开压缩空气,压力设置为2MPa,加压,保压5分钟,泄压后打开加压室,取出石膏模具,放入干燥箱中进行烘干,对干燥后的石膏模具进行机械加工,将陶瓷纤维预制件内径加工到指定尺寸后,从石膏模具中取出陶瓷纤维预制件;

[0093] 将陶瓷纤维预制件放入烧结炉中进行烧结,烧结温度为 1500°C ,保温时间为5h。

[0094] 制备出来的陶瓷纤维预制件体积密度为16,单一体积密度。

[0095] 采用液态模锻工艺,将陶瓷纤维预制件预热后,与铸铁镶环、盐芯放入到模具中,倒入铝液,然后再把铝液通过压力浸渗到陶瓷纤维预制件中形成活塞复合材料增强部分,铸造形成活塞毛坯。

[0096] 经常规的T5热处理后,进一步通过机械加工,制成活塞成品。

[0097] 对比例2

[0098] 采用液态模锻工艺,将铸铁镶环、盐芯放入到模具中,倒入铝液,铸造形成活塞毛坯。

[0099] 对实施例2至实施例4以及对比例1、对比例2中的活塞毛坯,经常规的T5热处理后,进一步通过机械加工得到活塞成品,区试样后再拉伸实验机上分别进行抗拉强度测试,测试结果如下表1所示。

[0100] 表1抗拉强度测试结果

[0101]	界面抗拉强度 (Mpa)	常温 (RT)	200℃	250℃	300℃	350℃
	实施例 2	230	220	198	180	141
[0102]	实施例 3	240	225	200	184	145
	实施例 4	250	235	215	190	150
	对比例 1	210	200	190	160	120
	对比例 2	225	190	155	122	86

[0103] 对实施例2以及对比例1的活塞进行有限元分析,分别如图10和图11所示,可见实施例2的活塞形成了明显的过渡结合,过渡结合处的疲劳强度有了明显提高。

[0104] 综上所述,本发明提出的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件的制备工艺制备出来的铝活塞局部增强用陶瓷纤维预制件,可以在与铝合金基体复合后,使得由铝合金基体部分与陶瓷纤维增强复合材料预复合部分的边界互相插入对方内部,形成互相铰接为一体的界面结构,从而增强界面强度,分散界面应力分布,避免界面开裂风险。

[0105] 在本发明中,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述的目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性;术语“多个”则指两个或两个以上,除非另有明确的限定。术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语均应做广义理解,例如,“连接”可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;“相连”可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0106] 本发明的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描

述,而不是指示或暗示所指的装置或单元必须具有特定的方向、以特定的方位构造和操作,因此,不能理解为对本发明的限制。

[0107] 在本说明书的描述中,术语“一个实施例”、“一些实施例”、“具体实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0108] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

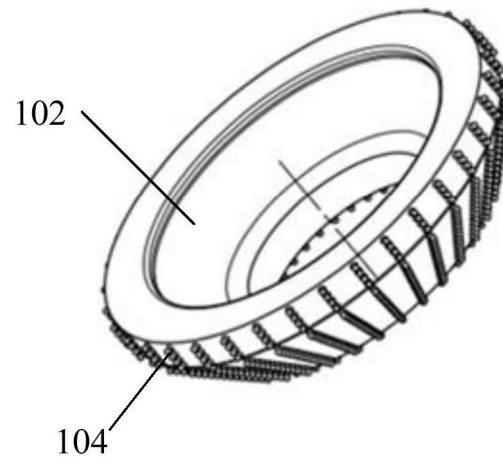


图1

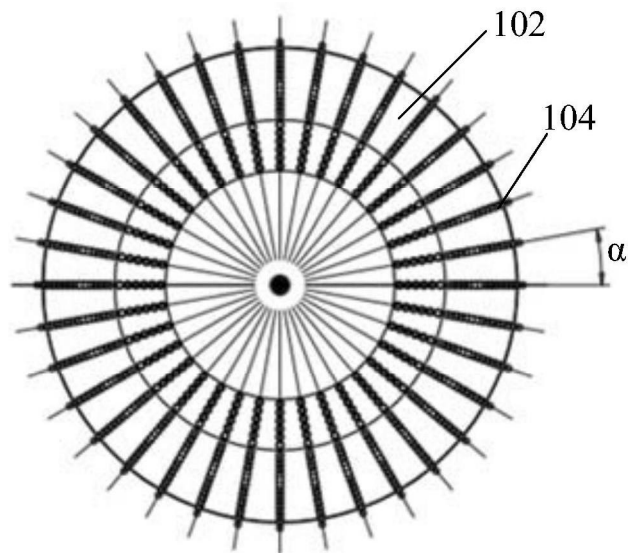


图2

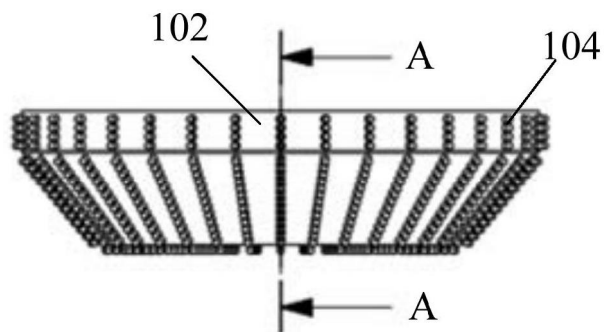


图3

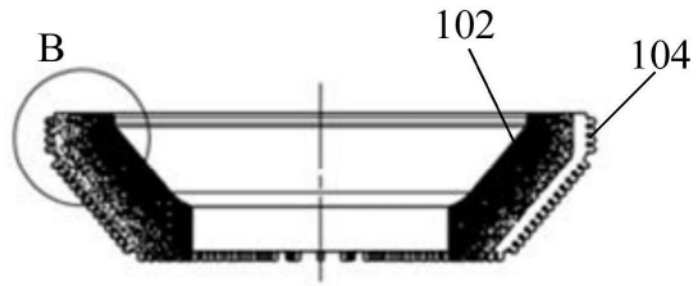


图4

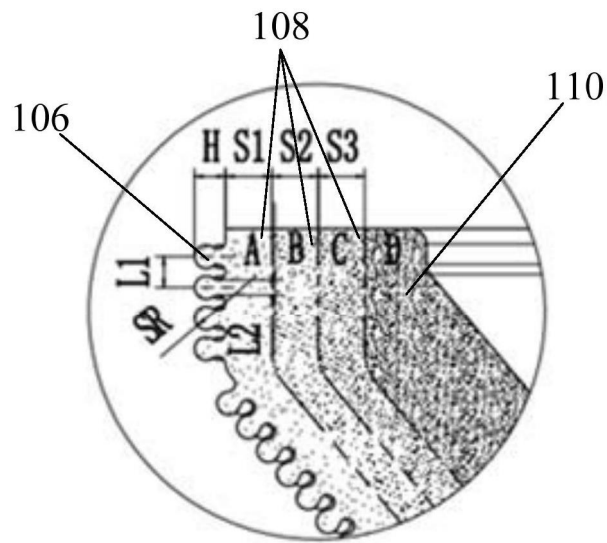


图5

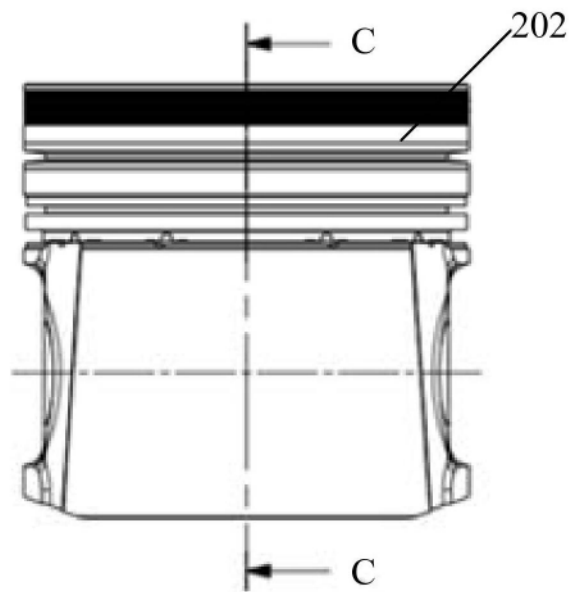


图6

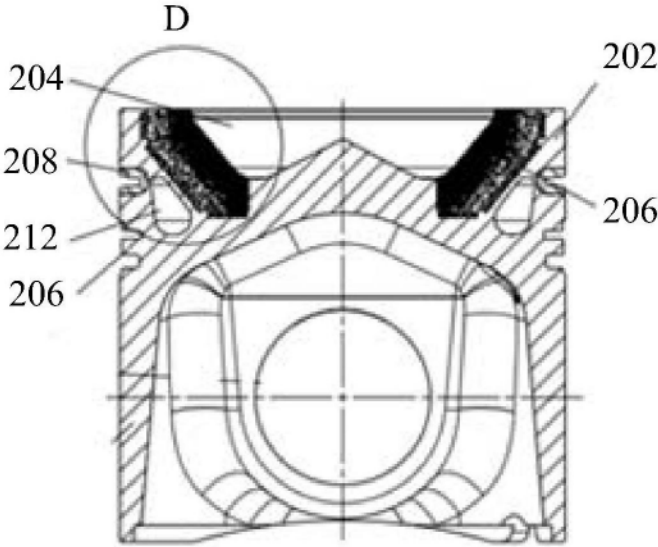


图7

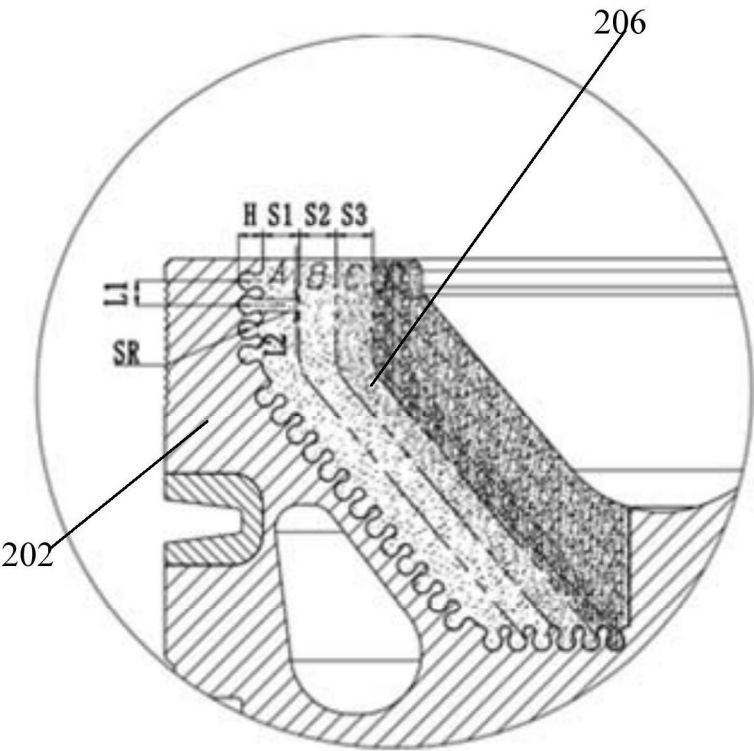


图8

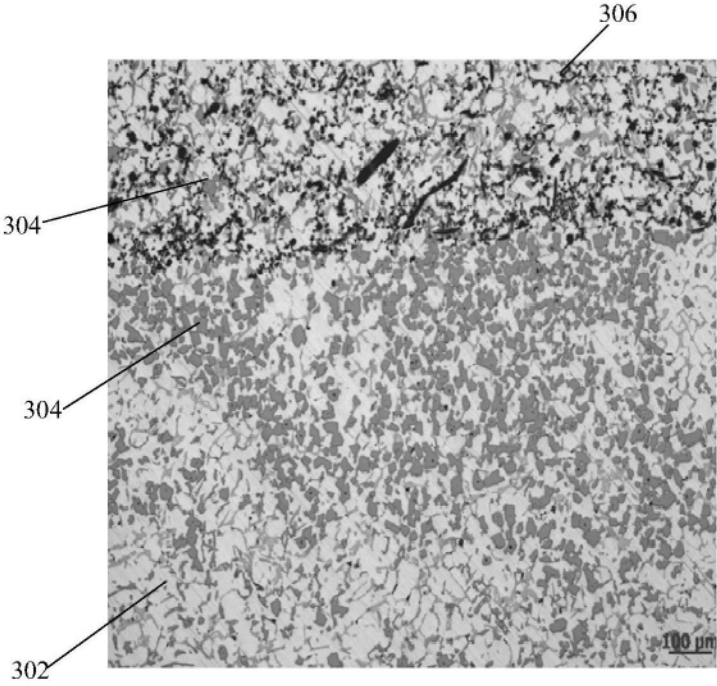


图9

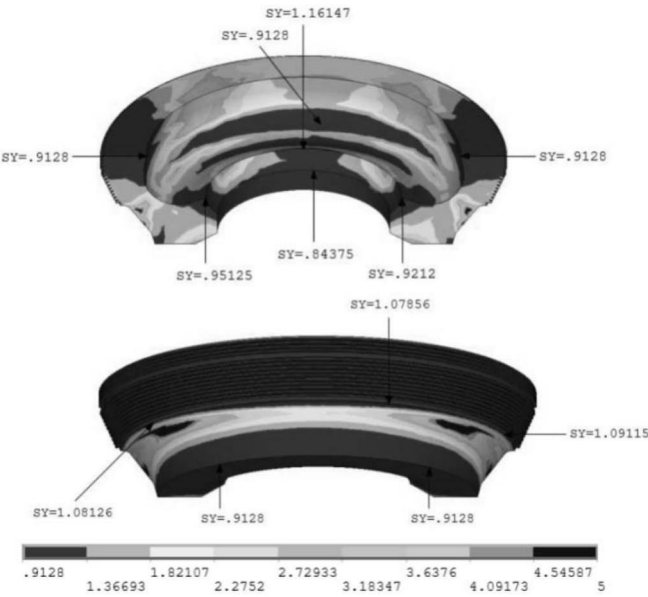


图10

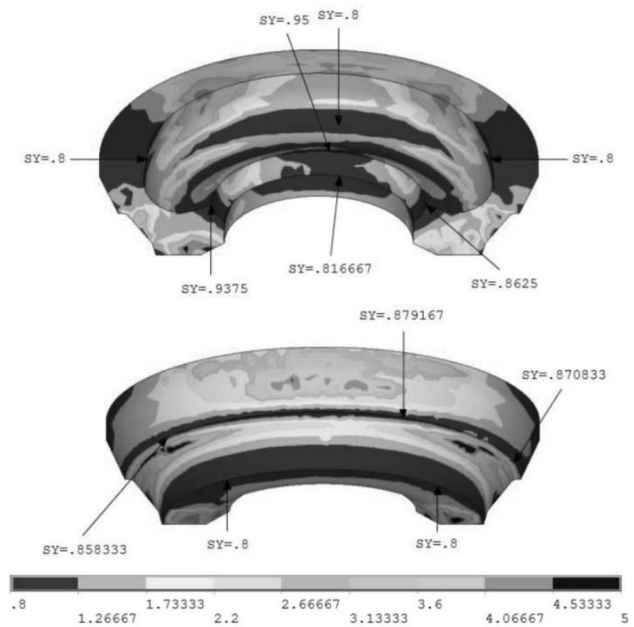


图11