



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105499499 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201510896893. 7

(22) 申请日 2015. 12. 08

(71) 申请人 中国航空工业集团公司北京航空材料研究院

地址 100095 北京市海淀区北京 81 信箱

(72) 发明人 魏战雷 黄东 李建崇 赵鹏
朱郎平 南海

(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.

B22C 9/04(2006. 01)

B22D 13/00(2006. 01)

B22D 21/00(2006. 01)

权利要求书2页 说明书4页

(54) 发明名称

一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法

(57) 摘要

本发明涉及一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法。该工艺选用氧化钇粉砂为面层耐火材料制备熔模铸造用陶瓷型壳,结合真空自耗凝壳炉或真空感应水冷铜坩埚炉、离心铸造等工艺,制备出钛铝系金属间化合物铸件。本发明制得的陶瓷型壳惰性高,强度与退让性、溃散性有较好的匹配,适合钛铝系金属间化合物的熔模铸造,制得的铸件成型完整,最薄壁厚可达 1mm,尺寸精度达到 CT7 以下,表面污染层薄,表面粗糙度 $\leq 6.3 \mu\text{m}$,更重要的是不产生裂纹,避免了钛铝合金室温塑性低成型过程容易开裂的问题。该成型方法适用于钛铝系金属间化合物各类结构件的研制以及工程化生产。

1. 一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法,其特征在于包括以下步骤

步骤一、蜡模制备

选用石蜡-松香,或选用石蜡-树脂基模料作为蜡模制备材料,根据零件结构对蜡模制备材料进行加工,获得蜡模;

步骤二、型壳面层的制备

选用硅溶胶、钇溶胶或醋酸锆作为型壳面层制备的液状粘结剂;

面层料浆制备:将液状粘结剂倒入氧化钇粉体中,所述氧化钇粉体为200~325目,粉液重量比为1.5~5:1,进行搅拌混合,时间为1~4小时,料浆粘度控制在40~80秒;

将面层料浆涂挂到所述的蜡模上,然后在蜡模上喷撒氧化钇砂,氧化钇砂为45~160目,工作环境为18~28℃,料浆温度为12~22℃,相对湿度为40~90%,撒砂后进行干燥处理,时间为12~48小时;

步骤三、型壳临面层的制备

选用硅溶胶、钇溶胶或醋酸锆作为型壳临面层制备的液状粘结剂;

临面层料浆制备:将液状粘结剂倒入氧化钇粉体中,所述氧化钇粉体为200~325目,粉液重量比为0.8~2.5:1,进行搅拌混合,时间为10~50分钟,料浆粘度控制在8~23秒;

将临面层料浆涂挂到所述型壳面层上,然后在所述型壳面层上喷撒氧化钇砂,氧化钇砂为40~100目,工作环境为18~28℃,料浆温度为12~22℃,相对湿度为40~90%,撒砂后进行干燥处理,时间为12~48小时;

步骤四、型壳背层涂挂和加固

选用莫来石或铝矾土作为背层耐火材料,选用硅溶胶或硅酸乙酯作为背层液状粘结剂;

背层料浆制备:将背层耐火材料、丝状的短纤维和液状粘结剂,或背层耐火材料、木屑和粘结剂,或背层耐火材料、丝状的短纤维、木屑和粘结剂的混合物搅拌均匀,所述的背层耐火材料为160~220目,粉液重量比为1.2~3:1,粘度为6~18秒;

背层涂挂工序:分多次将背层料浆涂挂到型壳临面层上,每次涂挂后喷撒背层耐火材料、目数为10~120目,每次喷撒背层耐火材料后进行干燥处理,干燥时间为12~72小时、温度为18~28℃、相对湿度为40~75%;其中,最后一次涂挂后,不喷撒耐火材料;

步骤五、型壳脱蜡

采用电阻炉或者红外脱蜡釜进行型壳脱蜡;

步骤六、型壳焙烧

型壳脱蜡后,对型壳进行高温焙烧,焙烧温度为 $1000 \pm 100^\circ\text{C}$,并且保温2~6小时,在台车式电阻炉或连续式隧道炉中进行焙烧;

步骤七、熔炼和浇注

对型壳进行预热处理,预热温度控制在200~800℃范围,预热时间为1~5小时;将预热后的型壳放入真空自耗凝壳炉或真空感应水冷铜坩埚炉中;然后对炉中抽真空至10Pa以下,之后进行熔炼和浇注;

步骤八、后处理

对浇注后的所述铸件进行清壳、吹沙、切割浇冒系统、热等静压、打磨、补焊、热处理;所述的热等静压的工艺温度为1110~1290℃、压力为 $160 \pm 50\text{MPa}$ 、时间为3~6小时。

2. 根据权利要求1所述的一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法,其特征在於:钛铝系金属间化合物为 γ -TiAl基合金、Ti₃Al基合金或Ti₂AlNb合金。

3. 根据权利要求1所述的一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法,其特征在於:步骤四中,干燥处理后,再进行6~16次上述的背层涂挂工序。

4. 根据权利要求1所述的一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法,其特征在於:步骤七中,浇注为静止浇注或离心浇注,离心转速在150~450转/分钟。

5. 根据权利要求1所述的一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法,其特征在於:步骤一中,选用聚苯乙烯或光敏树脂作为蜡模制备材料,对蜡模制备材料进行加工中,蜡模采用激光快速成型技术进行制备。

一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种钛铝系金属间化合物精密铸造成型技术。属于钛铝系金属间化合物成型工艺技术领域。：钛铝系金属间化合物也叫钛铝基合金，包括 γ -TiAl 基合金、Ti₃Al 基合金或 Ti₂AlNb 合金。

背景技术

[0002] 随着航空、航天技术以及汽车工业的飞速发展，各种新型飞行器的飞行距离、飞行速度、灵活性的提高，对轻质、高强、耐热材料及其精密成型技术提出了越来越高的要求。钛铝系金属间化合物（也称钛铝基合金）是一种新型轻质、高温结构材料，密度不到镍基合金的 50%，兼有金属和陶瓷的性能。不仅具有轻质、高比强、高比刚、腐蚀、耐磨、耐高温以及优异的抗氧化性等优点，成为航空航天及汽车发动机用耐热结构件极具竞争力的材料。

[0003] 钛铝合金具有高的化学活泼性，极易与模壳材料反应，在铸件表面产生一定厚度的污染层，影响铸件力学性能的均匀性，恶化铸件质量。同时钛铝合金与常规钛合金相比室温塑性低、流动能力差、收缩率大，因此容易出现缩松、缩孔、欠铸、裂纹等缺陷，尤其是开裂问题，成为钛铝合金铸造成型需要解决的关键问题。

[0004] 钛铝基金属间化合物室温塑性低、成型性差，塑性加工存在很大的困难。与其他方法相比，熔模精密铸造可以一次铸成型状复杂、薄壁的零件，并且铸件具有高的尺寸精度、低的表面粗糙度，加工余量少，可实现近净成型，因此采用氧化物陶瓷型壳熔模精密铸造技术是制作钛铝基金属间化合物构件最可行的方法之一。氧化钇、氧化锆、氧化铝等具有优良的化学稳定性、耐热性。但是制备具有良好惰性、一定强度、一定退让性和溃散性的陶瓷型壳，结合适当的熔炼、浇注工艺，获得成型完整、表面质量优异、没有裂纹、组织致密的钛铝构件，一直是钛铝合金材料工作者的瓶颈技术。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题，是提供一种钛铝合金近净成型的熔模精密铸造技术，所制备的陶瓷型壳具有良好惰性，一定强度、退让性和溃散性，采用真空自耗水冷铜坩埚凝壳铸造炉或真空感应水冷铜坩埚凝壳铸造炉进行熔炼浇注，获得的铸件成型完整、没有裂纹，表面污染层 $\leq 0.05\text{mm}$ ，铸件最小壁厚 0.8mm ，铸件表面粗糙度 $\leq 6.3\mu\text{m}$ 。

[0006] 本发明采用的技术方案是：

[0007] 钛铝合金氧化物陶瓷型壳熔模精密铸造技术，包括按铸件结构制备蜡模（模具压制或激光快速成型蜡模），依托蜡模制作氧化物陶瓷型壳，型壳脱蜡、焙烧，型壳预热，钛铝合金熔炼和浇注，后处理后制成钛铝精铸件。其工艺过程和技术要点是：提供一种一种钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法，具体步骤如下：

[0008] 步骤一、蜡模制备

[0009] 选用石蜡-松香，或选用石蜡-树脂基模料（如 T-8.5、KC2683KE、CL162 等）作为蜡模制备材料，根据零件结构对蜡模制备材料进行加工，获得蜡模。

[0010] 步骤二、型壳面层的制备

[0011] 选用硅溶胶、钇溶胶或醋酸锆作为型壳面层制备的液状粘结剂。

[0012] 面层料浆制备:将液状粘结剂倒入氧化钇粉体中,所述氧化钇粉体为200~325目,粉液重量比为1.5~5:1,进行搅拌混合,时间为1~4小时,料浆粘度控制在40~80秒。

[0013] 将面层料浆涂挂到所述的蜡模上,然后在蜡模上喷撒氧化钇砂,氧化钇砂为45~160目,工作环境为18~28℃,料浆温度为12~22℃,相对湿度为40~90%,撒砂后进行干燥处理,时间为12~48小时。

[0014] 步骤三、型壳临面层的制备

[0015] 选用硅溶胶、钇溶胶或醋酸锆作为型壳临面层制备的液状粘结剂;

[0016] 临面层料浆制备:将液状粘结剂倒入氧化钇粉体中,所述氧化钇粉体为200~325目,粉液重量比为0.8~2.5:1,进行搅拌混合,时间为10~50分钟,料浆粘度控制在8~23秒。

[0017] 将临面层料浆涂挂到所述型壳面层上,然后在所述型壳面层上喷撒氧化钇砂,氧化钇砂为40~100目,工作环境为18~28℃,料浆温度为12~22℃,相对湿度为40~90%,撒砂后进行干燥处理,时间为12~48小时;

[0018] 步骤四、型壳背层涂挂和加固

[0019] 选用莫来石或铝矾土作为背层耐火材料,选用硅溶胶或硅酸乙酯作为背层液状粘结剂。

[0020] 背层料浆制备:将背层耐火材料、丝状的短纤维和液状粘结剂,或背层耐火材料、木屑和粘结剂,或背层耐火材料、丝状的短纤维、木屑和粘结剂的混合物搅拌均匀,所述的背层耐火材料为160~220目,粉液重量比为1.2~3:1,粘度为6~18秒。

[0021] 背层涂挂工序:分多次将背层料浆涂挂到型壳临面层上,每次涂挂后喷撒背层耐火材料、目数为10~120目,每次喷撒背层耐火材料后进行干燥处理,干燥时间为12~72小时、温度为18~28℃、相对湿度为40~75%;其中,最后一次涂挂后,不喷撒耐火材料。(即最后一次背层涂挂:将背层料浆涂挂到型壳临面层上,涂挂后干燥处理,时间为12~72小时,温度为18~28℃,相对湿度为40~75%)

[0022] 步骤五、型壳脱蜡

[0023] 采用电阻炉或者红外脱蜡釜进行型壳脱蜡。

[0024] 步骤六、型壳焙烧

[0025] 型壳脱蜡后,对型壳进行高温焙烧,焙烧温度为 $1000 \pm 100^\circ\text{C}$,并且保温2~6小时,在台车式电阻炉或连续式隧道炉中进行焙烧。

[0026] 步骤七、熔炼和浇注

[0027] 对型壳进行预热处理,预热温度控制在200~800℃范围,预热时间为1~5小时;将预热后的型壳放入真空自耗凝壳炉或真空感应水冷铜坩埚炉中;然后对炉中抽真空至10Pa以下,之后进行熔炼和浇注。

[0028] 步骤八、后处理

[0029] 对浇注后的铸件进行清壳、吹沙、切割浇冒系统、热等静压、打磨、补焊、热处理,所述的热等静压的工艺温度为1110~1290℃、压力为 $160 \pm 50\text{MPa}$ 、时间为3~6小时。

[0030] 特别的,步骤四中,干燥处理后,再进行6~16次上述的背层涂挂工序。

- [0031] 特别的,步骤七中,浇注为静止浇注或离心浇注,离心转速在150~450转/分钟。
- [0032] 进一步的,步骤一中,对蜡模制备材料进行加工中,选择压蜡机进行蜡模压制,并进行蜡模修整,工作环境温度控制在18~28℃,相对湿度控制在40%~80%之间。
- [0033] 另一种方法为将步骤一中的材料进行了替换,选用聚苯乙烯或光敏树脂作为蜡模制备材料,对蜡模制备材料进行加工中,蜡模采用激光快速成型技术进行制备。
- [0034] 本发明的钛铝系金属间化合物铸件精密成型方法,所涉及的主要设备有:
- [0035] 压蜡机、料浆搅拌机、扬砂机、电阻脱蜡炉、高温连续隧道炉、台车式电阻炉、烘箱、真空自耗凝壳炉、真空感应水冷铜坩埚炉、热等静压炉、真空退火炉等。
- [0036] 采用本发明的钛铝系金属间化合物精密成型方法制备的钛铝合金铸件,其成型完整,尺寸精度高,表面质量好,内部夹杂少,并且不产生开裂,能够实现钛铝合金的铸造成型和质量要求,从而满足军工行业对轻质、耐高温钛铝合金精密铸件的迫切需求,可以用于研究和生产军工类钛铝铸件,比如钛铝叶片、扩压器、涡流器、发动机机匣等,也可以用于民用钛铝合金铸件的生产,比如汽车增压涡轮了、叶轮、喷嘴等铸件。

具体实施方式

[0037] 实施案例一

[0038] 1、蜡模制备

[0039] 采用进口蜡料KC2683和汽车发动机增压涡轮金属模具,压射压力为 $20 \pm 2 \text{kg/cm}^2$,保压时间为40s。叶轮直径为80mm,壁厚范围为0.8~2.5mm。对蜡模进行修补、组模、清洗等处理。工作环境温度控制在22℃,相对湿度控制在60%。

[0040] 2、型壳面层和临面层制备

[0041] 面层制备,将醋酸锆粘结剂倒入325目的氧化钇耐火粉料中,粉液比为2:1,搅拌1h,粘度为50sec。将其涂挂在处理好的蜡模表面,淋撒80~100目氧化钇砂,干燥48小时;临面层制备,以1.3:1的粉液比配制临面层料浆,搅拌时间为40分钟,粘度为15秒,涂挂在干燥后的面层型壳上,淋撒60~80目的氧化钇砂,干燥时间48h。操作环境温度为26℃,相对湿度为70%。

[0042] 3、型壳背层的制备

[0043] 将220目的的莫来石粉料与硅溶胶混合,粉液比为2:1,搅拌时间为2h,粘度为12sec,将其涂挂在上一层型壳表面,淋撒莫来石砂,背1~背4选用60~80目砂子,背5~背8选用30~60目砂子,最后一层只挂浆不撒砂子。工作环境温度为25℃,相对湿度为50%,每层自然干燥时间为24小时。

[0044] 4、型壳脱蜡、焙烧

[0045] 将干燥好的型壳采用电炉脱蜡,脱蜡温度为200℃,时间为3h;脱蜡后焙烧最高温度为950℃,保温时间3h。

[0046] 5、熔炼、浇注

[0047] 焙烧后的型壳,待其温度降为300℃时,放进砂箱,周围充填铝矾土砂,整体装入10kg真空自耗凝壳炉中,与离心盘固定在一起,抽真空至10Pa以下开始熔炼,采用离心工艺进行浇注(离心转速为450r/min)。获得成型完整的增压涡轮TiAl铸件,最小壁厚0.8mm,整体壁厚在1~1.5mm,表面粗糙度 $\leq 6.3 \mu\text{m}$,沾污层厚度 $\leq 0.05 \text{mm}$

[0048] 6、后处理

[0049] 浇注后的铸件,切除浇冒口,进行清壳、吹砂等表面处理,以及热等静压和退火处理。

[0050] 实施案例二

[0051] 实施案例二与实施案例一基本相同,其不同之处是:

[0052] 铸件为扩压器机匣缩小件,最小壁厚1.25mm,整体壁厚1.5~2.5mm,直径为 ϕ 260mm,蜡模采用激光快速成型制备。面层、临面层料浆用260目氧化钇粉和钇溶胶,面层粉液比为2.2:1,搅拌1.5小时,粘度为58秒,工艺过程环境温度控制在24℃,湿度为80%,自然干燥时间为36h。背层粉液比为1.5:1,搅拌时间为1h,粘度为8sec,背层总数为10层,每层自然干燥时间为24h。型壳焙烧工艺中,最高温度控制在1000℃,保温时间4h。浇注前型壳预热温度为450℃,采用20kg真空感应水冷铜坩埚炉熔炼TiAl合金,通过静止浇注方式,获得了成型完整、无开裂的双层、环形钛铝铸件。

[0053] 实施案例三

[0054] 实施案例三与实施案例一基本相同,其不同之处在于:

[0055] 选择直径为 ϕ 600mm,壁厚在1.5~4mm的扩压器机匣铸件,蜡模采用光敏树脂,通过激光快速成型技术制备。面层、临面层料浆用260目氧化钇粉和硅溶胶,面层粉液比为2.5:1,搅拌1.8h,粘度为60sec,工艺过程环境温度控制在25℃,湿度为65%,自然干燥时间为12h。背层粉液比为1.3:1,搅拌时间为1h,粘度为7sec,背层总数为12层,每层自然干燥时间为12h,环境温度为26℃,相对湿度为45%。型壳焙烧工艺中,最高温度控制在1050℃,保温时间5h。浇注前型壳预热温度为500℃,采用100kg真空自耗凝壳炉,通过离心浇注方式,转速为220r/min,获得了成型完整、无开裂、直径600mm的钛铝环形铸件,尺寸精度满足CT7级要求。