



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104493081 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201410748478. 2

审查员 王振

(22) 申请日 2014. 12. 09

(73) 专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72) 发明人 刘泗岩 徐赛男 廖文和 叶文华
张亮亮

(74) 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任
公司 32218

代理人 瞿网兰

(51) Int. Cl.

B22C 7/02(2006. 01)

B22C 9/04(2006. 01)

B22C 9/24(2006. 01)

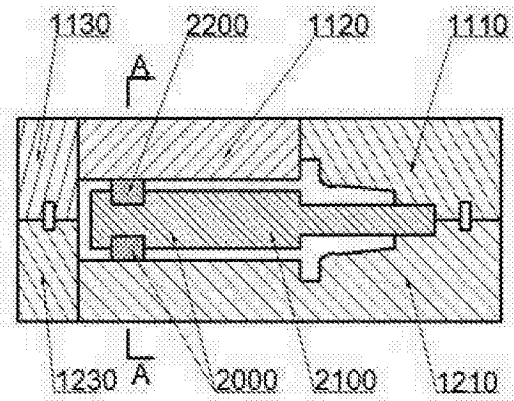
权利要求书3页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具及其快速制造方法

(57) 摘要

一种用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具及快速精确制造这种模具的方法。该模具由型腔模、型芯及附属结构组成,型腔模包括组合式结构的上模与下模,组成型腔模的各个型块块是由外部的铝模框、内部的铸造锌合金嵌体及包埋在嵌体中的随形冷却铜管构成的。型芯的纵向肋上装有可高温分解的型芯定位件,型芯的后缘肋上装有用于形成涡轮叶片后缘排气口的水溶芯块。型芯定位件与型腔模的配合精度是通过在型腔模内配研的方法保证的,水溶芯块与型腔模的配合精度是通过在型腔模内粘接的方法来保证的。本发明不仅制造成本低、周期短,而且能获得较高的蜡型精度与型芯定位精度。



1. 一种用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具,其特征是它主要由型腔模、型芯及附属结构组成,所述型腔模包括上模与下模,所述上模用于成形涡轮叶片的叶背形面,所述下模用于成形涡轮叶片的叶盆形面;所述上模与下模均为组合式结构,所述上模是由叶根型块、叶身型块与端盖板组成的,所述下模是由主型腔块与端盖板组成的;所述上模与下模的各个型块是通过首先铸造成形整体上模与下模,然后在线切割机床上将整体上模与下模切分为各个型块,再经过机械加工形成的;所述型腔模上模的叶根型块与叶身型块,以及型腔模下模的主型腔块,均是一种金属复合结构,它是由外部的铝合金模框、内部的铸造锌合金嵌体以及包埋在嵌体中的随形冷却铜管构成的;所述型芯包括陶瓷主型芯与安装在陶瓷主型芯上的型芯定位件及水溶芯块;所述陶瓷主型芯包含叶身部、叶根部以及用于将型芯装夹在型腔模中的伸长轴;所述陶瓷主型芯的叶身部包括纵向肋与横向连接肋;所述纵向肋至少包括前缘肋、后缘肋以及若干中间肋;所述陶瓷主型芯材料为多孔氧化铝陶瓷材料,采用陶瓷凝胶注模成形工艺进行制造;所述陶瓷主型芯的纵向肋上装有可高温分解的型芯定位件,所述型芯定位件的一面粘接到纵向肋上的凹孔中,另一面与型腔模内表面相接触;所述型芯定位件与型腔模的配合精度是通过在型腔模内进行配研的方法来保证的;所述型芯定位件材料为石墨,它能在800~1200℃温度下在空气中被完全烧失;所述型芯定位件的加工方法采用机械加工或采用石墨粉模压成型。

2. 如权利要求1所述的注蜡模具,其特征在于其所成形的涡轮叶片含有后缘排气道与排气口,涡轮叶片的后缘排气道与排气口是直接铸造成形的,所述直接铸造成形工艺是通过一种组合式型芯实现的;所述组合式型芯的结构为:所述陶瓷主型芯的后缘肋上含有用于形成涡轮叶片后缘排气道的辐板、以及用于形成涡轮叶片后缘排气口的水溶芯块;所述水溶芯块的一面上设有凹槽,用于与型芯的后缘排气道辐板相粘接;所述水溶芯块的另一面与型腔模内表面相接触;所述水溶芯块与型腔模表面的配合精度是通过在型腔模内粘接的方法来保证的;所述水溶芯块与型芯的后缘排气道辐板相粘接所采用的粘结剂是一种水溶性粘结剂;所述水溶性粘结剂是聚乙二醇;所述水溶芯块由一种混合水溶性材料进行模压成形制作而成,所述的混合水溶性材料由水溶性高分子粘结剂、填料、促溶剂、与增塑剂组成,各组分的质量百分比依次为30~40%、30~50%、10~20%、3~6%;所述水溶性高分子粘结剂是平均分子量为4000的聚乙二醇,所述填料是石英粉、云母粉或滑石粉,所述促溶剂是碳酸钠或氯化钠或尿素,所述增塑剂为聚乙烯-石蜡溶体,所述聚乙烯-石蜡溶体中石蜡的质量百分比为10~20%。

3. 一种空心涡轮叶片熔模铸造用注蜡模具的快速精确制造方法,其特征是它包括以下步骤:

模具总体结构设计:根据涡轮叶片零件的CAD模型,设计注蜡型腔模、陶瓷主型芯与水溶芯块成形模具;所述的注蜡型腔模包括上模与下模;所述上模是用于成形涡轮叶片叶背形面的,所述下模是用于成形涡轮叶片叶盆形面的;所述上模与下模均为组合式结构;所述上模是由叶根型块、叶身型块与端盖板组成的;所述下模是由主型腔块与端盖板组成的;

所述上模与下模的各个型块是通过首先铸造成形整体上模与整体下模,然后在线切割机床上切分为各个型块,再经过机械加工的方法制作的;所述陶瓷主型芯上设有用来安装型芯定位件的凹槽;所述陶瓷主型芯上含有用于铸造成形涡轮叶片后缘排气道的辐板;所述后缘排气道辐板的末端采用粘接有水溶芯块;所述水溶芯块的上表面设有凹槽,用来与

型芯的后缘排气道辐板相搭接,所述水溶芯块的下表面与型腔模表面相接触;

型腔模的复合结构设计:型腔模由外部的铝合金模框、内部的铸造锌合金嵌体、以及包埋在嵌体中的随形冷却铜管构成;根据型腔模的内表面,设计随形冷却管路,并用CAE软件对随形冷却管路进行优化,以实现蜡型冷却温度的均匀化;

型腔模的铸造凸型设计与制造:铸造凸型是用于铸造成形型腔模整体上模与整体下模的铸型,包括上模铸造凸型与下模铸造凸型;

随形冷却铜管的弯制:在铸造凸型上垫一块等厚弹性塑胶板作为参照模板,弯制各组随形冷却铜管,以保持冷却铜管到型腔模表面的等距;所述弹性塑胶板厚度等于冷却铜管到型腔模表面的距离;

铝模框的制作与组装:铝模框采用加工后的铝合金板连接而成,连接方式为螺钉连接或焊接;将弯制好的冷却铜管组装到铝模框中;

铸造型箱的组装:将铸造凸型平放在填有干砂的砂箱中,铸造凸型的分型面上涂一层脱模剂;将装有冷却铜管的铝模框合在铸造凸型上,并进行固定;制作与安装浇注管路系统;砂箱中继续填砂至高出分型面50~100mm,将砂子捣实,以防金属液漏出;

型腔模整体上模与下模的铸造成形:对铸造凸型、型箱与浇注系统进行预热,然后浇注锌合金熔液;待凝固冷却后,去掉浇注系统,脱去铸造凸型,对铸件进行清理,得到带模框的型腔块整体上模与整体下模铸件;

型腔块的切割与加工:在慢走丝线切割机床上,将整体上模切分为叶根型块、叶身型块与端盖板,将整体下模切割成主型腔块与端盖板;在型块上加工出型芯安装孔、注蜡浇注孔、定位销孔结构;

型芯定位件的预制与安装:事先预制型芯定位件;将型芯定位件粘接在陶瓷主型芯纵向肋的凹槽中;

型芯与模具的组装:

第一步:将带有型芯定位件的型芯安装到下模主型块中,使陶瓷主型芯的伸长轴与下模主型块中的安装孔相配合,将上模叶根型块合到下模主型块上,保证合模接触良好;检查型芯底部与下模型腔面之间的间隙,以及型芯定位件与下模型腔面的接触情况,如果间隙偏大或型芯定位件与型腔表面接触不良,就对型芯定位件进行研磨,直到符合要求;

第二步:事先预制水溶芯块;将水溶芯块放置到下模型腔的后缘部,使得水溶芯块的下表面与下模型腔面相贴合,水溶芯块上表面的凹槽与型芯的后缘排气道辐板相接;在水溶芯块与型芯后缘排气道辐板的接合部,加入水溶性粘接剂;

第三步:将上模的叶身型块合到下模主型块上,检查合模面是否接触良好,以及型芯定位件与上模型腔面是否接触良好,如果存在合模不良或接触不良,就对型芯定位件进行研磨,直到符合要求;

第四步:将下模端盖板连接到下模主型块上,将上模端盖板连接到上模的叶身型块上;安装注蜡系统,将模具锁紧;

蜡型注射、陶瓷型壳制作与叶片铸造:在注蜡机上注蜡,待蜡型冷却后,打开上模,取出蜡型;在酸溶液中溶解去除水溶芯块,在蜡型上涂挂陶瓷浆料,陶瓷浆料会填充去除水溶芯块后留下的空间,并与内部的陶瓷型芯相连,即当陶瓷浆料固化为型壳后,型壳就与陶瓷型芯相连接,另外在型芯定位件、以及型芯伸出轴的位置,型壳也与型芯相连;加温除去蜡料,

并对陶瓷型壳进行烧结,石墨材料的型芯定位件在650~800℃开始被氧化烧失,此时陶瓷型壳已经被烧结到足够强度以抵抗变形,当陶瓷型壳被烧结到1000~1200℃时,石墨定位件被完全烧失;型壳制作完成后,向型壳内浇注高温合金,待叶片凝固后将型壳破碎除去,再在碱性溶液中溶解去除型芯,即得空心涡轮叶片精铸件。

4.如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的随形冷却管路的中心线是由若干段横向曲线与纵向连接曲线组成的;所述横向是指与叶片轴线垂直的方向,所述纵向是指沿着叶片轴线的方向;使用以下参数在CAD软件中对冷却管路进行参数化设计:冷却管的直径D与壁厚T、横向曲线的间距dist0、横向曲线到型腔表面的距离dist1、纵向连接线到型腔边缘的距离dist2及各连接处的圆角半径Ri,并在CAE软件中对上述参数进行优化,优化目标是蜡型冷却温度分布均匀。

5.如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的铸造凸型采用分块加工的方式进行制造;首先将铸造凸型切分为型板、叶身型芯与叶根型芯,型板与型芯均采用铝合金材料,在数控铣床上进行加工;然后再将加工好的零件组装成整体铸造凸型,组装方式采用耐高温树脂胶粘接或者采用过盈配合。

6.如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的铝合金模框的侧面板在数控铣床上进行加工,使其与铸型凸型的分型面形成精确配合;在模框的侧面板上靠近分型面的位置开浇注孔2~4个,浇注孔到分型面的距离为0~10mm;所述铝合金模框所采用的铝合金板材的厚度为6~15mm。

7.如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的铸造锌合金是含铝质量比为4%~12%的锌铝合金;步骤7)所述的浇注锌合金溶液,浇注时熔液温度为475~525℃。

8.如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的型芯定位件材料为石墨,它可以在800~1200℃温度下在空气中被完全烧失;所述型芯定位件的制造方法采用机械加工或采用石墨粉模压成型;所述的事先预制的型芯定位件,预制型芯定位件的厚度尺寸t的控制方法为:若陶瓷主型芯上的凹槽深度为a,型腔模表面到型芯的间隙要求为b,因制造误差引起间隙b的最大变动量为 δ ,则 $t=a+b+\delta$ 。

9.如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述水溶芯块的材料是一种由水溶性高分子粘结剂、填料、促溶剂与增塑剂组成的混合水溶性材料;所述混合水溶性材料各组分的质量百分比依次为30~40%、30~50%、10~20%、3~6%;所述水溶性高分子粘结剂是平均分子量为4000的聚乙二醇,所述填料是石英粉或云母粉或滑石粉,所述促溶剂是碳酸钠或氯化钠或尿素,所述增塑剂为聚乙烯-石蜡溶体,所述聚乙烯-石蜡溶体中石蜡的质量百分比为10~20%;所述水溶芯块是采用所述混合水溶性材料模压成型制作的。

10.根据权利要求3所述的方法,其特征是所述的水溶性粘接剂是聚乙二醇。

用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具及其快速制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种快速制模技术领域,尤其是薄壁空心零件熔模铸造用注蜡模具的构造及其快速制造方法,具体地说是一种用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具及其快速制造方法。

背景技术

[0002] 空心气冷涡轮叶片是燃气轮机与航空发动机中的关键零件,由于存在复杂的内部冷却通道,并且需要采用单晶铸造技术来提高耐高温性能,因此皆采用熔模精密铸造的方法进行生产。在熔模铸造中,蜡型的精确制造是得到精密铸件的首要环节。在批量生产阶段,叶片蜡型可以在精密加工的硬金属模具中进行压制,模具的制造成本能够被大批量生产的叶片所分摊;但在产品预研阶段,由于设计更改频繁,模具制造成本与制造周期会对产品研制形成制约。

[0003] 尽管目前已经公开了利用快速原型技术进行涡轮叶片压蜡模具快速制造的方法,但在模具与蜡型精度方面还存在问题。例如CN103223466A公开了一种面向涡轮叶片的金属模具快速制造方法,采用光固化成形、电弧喷涂、树脂腐蚀与钎焊金属粉的方法快速制造模具。尽管光固化成形法可以快速制造模具,但光固化模型的精度可控性较差,树脂复合模具较差的导热性也会影响蜡型精度。另外,如果需要增加分型活块才能实现蜡型的分模时,基于光固化快速成型制模方法的可行性也会显著降低。

[0004] 空心涡轮叶片的壁厚控制是保证铸件合格的关键与难点,涡轮叶片的壁厚误差主要是由陶瓷型芯在注蜡模具内的定位误差与偏移导致的,因此以适当方法对陶瓷型芯进行定位是问题的关键。一种解决方法是在注蜡模具型腔与陶瓷型芯之间加入塑料支撑块,在注蜡过程中起到固定型芯的作用,但塑料支撑块在去蜡过程被去除,在后续的型壳烧结与合金浇铸过程中不能维持型芯在型壳内的固定。为解决后续固定问题,现有方法是在蜡型中插入可高温分解的金属定位针,不过需要用蜡滴来固定金属定位针的位置,额外的蜡滴会导致涡轮叶片铸件上增加突起,需要后加工去除。另外,金属针定位方案工艺复杂,而且金属定位针材料(例如铂金属)昂贵,限制了其作为一种快速制模方案的可用性。

[0005] US20070235160公开了一种在模具内加入型芯定位件的模具结构,但如何保证型芯定位件的尺寸是关键问题。由于陶瓷型芯的制造精度难以严格控制,若定位件尺寸偏小则不能精确定位,若定位件的尺寸偏大则会无法合模,若强制合模则会导致型芯破裂、扭曲或产生内应力。US20130333855公开了一种带有型芯支撑的柔性注蜡模具,但硅橡胶等柔性材料所制造的模具,也存在精度、导热性差的问题。

发明内容

[0006] 本发明针对现有注蜡模具快速制造方案所存在的精度差的问题,以及现有的注蜡模具型芯定位方案所存在的成本高、制作周期长的问题,发明一种新的注蜡模具构造与快速制造方案。本方案综合采用了低熔点合金铸造、线切割、可高温分解的型芯定位件、水溶

芯块、型芯元件在模具内配研等工艺手段,实现了空心涡轮叶片注蜡模具的快速精确制造,不仅制造成本低、周期短,而且能够保证蜡型精度、表面质量,以及涡轮叶片铸件的壁厚性,能够满足涡轮叶片研制或小批试产的需要。

[0007] 本发明提供的模具构造,其技术方案是:

[0008] 一种用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具,其特征是它:

[0009] 1)主要由型腔模、型芯及附属结构组成,所述型腔模包括上模与下模,所述上模用于成形涡轮叶片叶背形面,所述下模用于成形涡轮叶片叶盆形面。所述上模与下模均为组合式结构,所述上模是由叶根型块、叶身型块与端盖板组成的,所述下模是由主型腔块与端盖板组成的。所述上模与下模的各个型块是通过首先铸造成形整体上模与下模,然后在线切割机床上将整体上模与下模切分为各个型块,再经过必要机械加工的方法制作的。

[0010] 2)所述组成型腔模上模的叶根型块与叶身型块,以及型腔模下模的主型腔块,均是一种金属复合结构,它是由外部的铝合金模框、内部的铸造锌合金嵌体、以及包埋在嵌体中的随形冷却铜管构成的。

[0011] 3)所述型芯包括陶瓷主型芯与安装在陶瓷主型芯上的型芯定位件、水溶芯块等附件。

[0012] 4)所述陶瓷主型芯包含叶身部、叶根部以及用于将型芯装夹在型腔模中的伸长轴。

[0013] 5)所述陶瓷主型芯的叶身部包括纵向肋与横向连接肋。所述纵向肋至少包括前缘肋、后缘肋、以及若干中间肋。

[0014] 6)所述陶瓷主型芯材料为多孔氧化铝陶瓷材料,采用陶瓷凝胶注模成形工艺进行制造。

[0015] 7)所述陶瓷主型芯的纵向肋上装有可高温分解的型芯定位件,所述型芯定位件的一面粘接到纵向肋上的凹槽中,另一面与型腔模内表面相接触。所述型芯定位件与型腔模表面的配合精度,是通过在型腔模内进行配研的方法来保证的。

[0016] 8)所述可高温分解的型芯定位件材料为石墨,它可以在800~1200℃温度下在空气中被完全烧失。所述型芯定位件的制作方法可以采用机械加工,也可以采用石墨粉模压成型。

[0017] 特别地,这种注蜡模具专门用于含有后缘排气道与排气口的空心涡轮叶片的熔模铸造,能够对涡轮叶片的后缘排气道与排气口直接铸造成形。这是通过以下方案的组合式型芯结构来实现的:

[0018] 1)所述陶瓷主型芯的后缘肋上含有用于形成涡轮叶片后缘排气道的辐板、以及用于形成涡轮叶片后缘排气口的水溶芯块。

[0019] 2)所述水溶芯块的一面上设有凹槽,用于与型芯的后缘排气道辐板相粘接;所述水溶芯块的另一面与型腔模内表面相接触。所述水溶芯块与型腔模表面的配合精度,是通过在型腔模内粘接的方法来保证的。

[0020] 3)所述水溶芯块与型芯的后缘排气道辐板相粘接所采用的粘结剂,是一种水溶性粘结剂。所述水溶性粘结剂是聚乙二醇。

[0021] 4)所述水溶芯块的材料是一种由水溶性高分子粘结剂、填料、促溶剂、与增塑剂等组成的混合水溶性材料。所述混合水溶性材料各组分的质量百分比依次为30~40%、30~

50%、10~20%、3~6%。所述水溶性高分子粘结剂是平均分子量为4000的聚乙二醇,所述填料是石英粉或云母粉或滑石粉,所述促溶剂是碳酸钠或氯化钠或尿素,所述增塑剂为聚乙烯-石蜡溶体,所述聚乙烯-石蜡溶体中石蜡的质量百分比为10~20%。

[0022] 5)所述水溶芯块是用所述的混合水溶性材料进行模压成形制作的。

[0023] 本发明的提供的模具制造方法,其技术方案是:

[0024] 一种空心涡轮叶片熔模铸造用注蜡模具的快速制造方法,其特征是它包括以下步骤:

[0025] 1)模具总体结构设计。

[0026] 根据涡轮叶片零件的CAD模型,设计注蜡型腔模、陶瓷主型芯与水溶芯块成形模具。所述的注蜡型腔模包括上模与下模。所述上模是用于成形涡轮叶片叶背形面的,所述下模是用于成形涡轮叶片叶盆形面的。

[0027] 所述上模与下模均为组合式结构。所述上模是由叶根型块、叶身型块与端盖板组成的。所述下模是由主型腔块与端盖板组成的。

[0028] 所述上模与下模的各个型块是通过首先铸造成形整体上模与整体下模,然后在线切割机床上切分为各个型块,再经过必要机械加工的方法制作的。

[0029] 所述陶瓷主型芯上设有用来安装型芯定位件的凹槽。所述陶瓷主型芯含有用于成形后缘排气道的辐板,所述后缘排气道辐板的末端粘接有水溶芯块。所述水溶芯块的上表面设有凹槽,用来与型芯的后缘排气道辐板相搭接,所述水溶芯块的下表面与型腔模表面相接触。

[0030] 2)型腔模的复合结构设计。

[0031] 型腔模由外部的铝合金模框、内部的铸造锌合金嵌体、以及包埋在嵌体中的随形冷却铜管构成。根据型腔模的内表面,设计随形冷却管路,并用CAE软件对随形冷却管路进行优化,以实现蜡型冷却温度的均匀化。

[0032] 所述的铸造锌合金是含铝质量比为4%~12%的锌铝合金。

[0033] 所述的随形冷却管路的中心线是由若干段横向曲线与纵向连接曲线连接组成的。所述横向是指与叶片轴线垂直的方向,所述纵向是指沿着叶片轴线的方向。

[0034] 使用以下参数在CAD软件中对冷却管路进行参数化设计:冷却管的直径D与壁厚T、横向曲线的间距dist0、横向曲线到型腔表面的距离dist1、纵向连接线到型腔边缘的距离dist2、各连接处的圆角半径Ri等,并在CAE软件中对上述参数进行优化,优化目标是蜡型冷却温度分布均匀。

[0035] 3)型腔模的铸造凸型设计与制造。

[0036] 铸造凸型是用于铸造成形型腔模整体上模与整体下模的铸型,包括上模铸造凸型与下模铸造凸型。

[0037] 所述的铸造凸型采用分块加工的方式进行制造。首先将铸造凸型切分为型板、叶身型芯与叶根型芯,型板与型芯均采用铝合金材料,在数控铣床上进行加工;然后再将加工好的零件组装成整体铸造凸型,组装方式采用耐高温树脂胶粘接或者采用过盈配合。

[0038] 4)随形冷却铜管的弯制。

[0039] 在铸造凸型上垫一块等厚弹性塑胶板作为参照模板,弯制各组随形冷却铜管,以保持冷却铜管到型腔模表面的等距。所述弹性塑胶板厚度等于冷却铜管到型腔模表面的距

离。

[0040] 5)铝模框的制作与组装。

[0041] 铝模框采用加工后的铝合金板连接而成,连接方式可以是螺钉连接或焊接。将弯制好的冷却铜管组装到铝模框中。

[0042] 所述的铝合金模框的侧面板在数控铣床上进行加工,使其与铸型凸型的分型面形成精确配合。在模框的侧面板上靠近分型面的位置开浇注孔2~4个,浇注孔到分型面的距离为0~10mm。所述铝合金模框所采用的铝合金板材的厚度为6~15mm。

[0043] 6)铸造型箱的组装。

[0044] 将铸造凸型平放在填有干砂的砂箱中,铸造凸型的分型面上涂一层脱模剂。将装有冷却铜管的铝模框合在铸造凸型上,并进行固定。制作并安装浇注管路系统,砂箱中继续填砂至高出分型面50~100mm,将砂子捣实,以防金属液漏出。

[0045] 7)型腔模整体上模与下模的铸造成形。

[0046] 对铸造凸型、型箱与浇注系统进行预热,然后浇注锌合金熔液。待凝固冷却后,去掉浇注系统,脱去铸造凸型,对铸件进行清理,得到带模框的型腔块整体上模与整体下模铸件。

[0047] 所述的浇注锌合金溶液,浇注时熔液温度为475~525℃。

[0048] 8)型腔块的切割与加工。

[0049] 在慢走丝线切割机床上,将整体上模切分为叶根型块、叶身型块与端盖板,将整体下模切割成主型腔块与端盖板。在型块上加工出型芯安装孔、注蜡浇注孔以及定位销孔等附属结构。

[0050] 9)型芯定位件的预制与安装。

[0051] 事先预制型芯定位件。将型芯定位件粘接到陶瓷主型芯纵向肋的凹槽中。

[0052] 所述型芯定位件材料为石墨,它可以在800~1200℃温度下在空气中被完全烧失。所述型芯定位件可以采用机械加工方法制作,也可以采用石墨粉模压成型。

[0053] 所述事先预制型芯定位件,型芯定位件的厚度尺寸 t 的控制方法为:若陶瓷主型芯上的凹槽深度为 a ,要求型芯与型腔模表面的间隙为 b ,因制造误差引起的间隙 b 的最大变动量为 δ ,则 $t=a+b+\delta$ 。

[0054] 10) 型芯与模具的组装,第一步:

[0055] 将带有型芯定位件的型芯安装到下模主型块中,使主型芯的伸长轴与下模主型块中的安装孔相配合,将上模的叶根型块合到下模主型块上,保证合模接触良好。检查型芯底部与下模型腔之间的间隙,以及型芯定位件与下模型腔的接触情况,如果间隙偏大或定位件与型腔表面接触不良,就对定位件进行研磨,直到符合要求。

[0056] 第二步:事先预制水溶芯块。将水溶芯块放置到下模型腔的后缘部,使得水溶芯块的下表面与下模型腔面相贴合,水溶芯块上表面的凹槽与型芯的后缘排气道辐板相接。在水溶芯块与型芯后缘排气道辐板的接合部,加入水溶性粘接剂。所述水溶性粘接剂是聚乙二醇。

[0057] 所述水溶芯块的材料是一种由水溶性高分子粘结剂、填料、促溶剂与增塑剂等组成的混合水溶性材料。所述混合水溶性材料各组分的质量百分比依次为30~40%、30~50%、10~20%、3~6%。所述水溶性高分子粘结剂是平均分子量为4000的聚乙二醇,所述填料是石

英粉或云母粉或滑石粉,所述促溶剂是碳酸钠或氯化钠或尿素,所述增塑剂为聚乙烯-石蜡溶体,所述聚乙烯-石蜡溶体中石蜡的质量百分比为10~20%。

[0058] 所述水溶芯块是采用所述混合水溶性材料模压成型制作的。

[0059] 第三步:将上模的叶身型块合到下模主型块上,检查合模面是否接触良好,以及型芯定位件与上模型腔是否接触良好,如果存在合模不良或者定位件与上模型腔表面接触不良,就对定位件进行研磨,直到符合要求。

[0060] 第四步:将下模端盖板连接到下模主型块上,将上模端盖板连接到上模的叶身型块上。安装注蜡系统,将模具锁紧。

[0061] 11) 蜡型浇注、陶瓷型壳制作与叶片铸造。

[0062] 在注蜡机上注蜡,待蜡型冷却后,打开上模,取出蜡型。

[0063] 在酸溶液中溶解去除水溶芯块,在蜡型上涂挂陶瓷浆料(陶瓷浆料会填充水溶芯块去除后留下的空间,与内部的陶瓷型芯相连,即当陶瓷浆料固化为型壳后,陶瓷型芯与型壳相连接,另外在型芯定位件与型芯伸出轴的位置,型壳与型芯也是相连的)。

[0064] 加温除去蜡料,并对陶瓷型壳进行烧结(石墨材料的型芯定位件在650~800℃开始被氧化烧失,此时陶瓷型壳已具有足够强度以抵抗变形,当陶瓷型壳被烧结到1000~1200℃时,石墨材料的型芯定位件被完全烧失)。

[0065] 型壳制作完成后,向型壳内浇注高温合金熔液,待凝固冷却后将型壳破碎除去,再在碱性溶液中溶解去除型芯,即得空心涡轮叶片精铸件。

[0066] 本发明的有益效果是:

[0067] 本发明通过锌合金铸造法制造注蜡模具的复合结构型腔块,相对于现有的涡轮叶片注蜡模具快速制造方法,具有以下优点。其一,由于锌合金的导热系数比粉末填充树脂材料高得多,锌合金型腔块与随形冷却铜管相结合,冷却速度更高,温度分布更均匀,有利于减少蜡型的冷却变形,提高蜡型的表面光洁度;其二,采用机械加工的组合式铝合金铸型进行锌合金型腔块的铸造成形,模具精度显著提高,而且铸型制作工艺简单;其三,锌合金型腔模能够用线切割方法进行高精度切分,因而可以从整体铸造的上模或下模切分成叶身型块与叶根型块等,使得组合式结构的型腔模也可以采用铸造成形;其四,多型块组合式的型腔模,不仅便于型芯在型腔模内的安装调整,而且也便于分模。

[0068] 本发明在型芯上装有可高温分解的型芯定位件,通过预制与配研相结合的方法来保证型芯定位件与型腔模的配合精度,实现型芯在型壳中的精确定位,从而保证叶片铸件的壁厚精度。本发明采用石墨材料制作型芯定位件,具有两个优点:首先,石墨具有良好的可加工性,且价格低廉,使得型芯定位件制作容易、成本低;其次,石墨材料的型芯定位件能够在型壳烧结过程中提供足够强度支撑,因为石墨在650℃以上时才开始氧化,且在型壳的最后烧结阶段的1000~1200℃时能够完全烧失,即使石墨在型壳中残留微量碳元素,也不会对叶片的高温合金组织造成危害。因此,采用石墨材料的型芯定位件,对于一种空心涡轮叶片注蜡模具的快速制造技术方案,是完全可行的。

[0069] 本发明通过可溶芯块与型芯的组合,能够以较高的精度实现涡轮叶片后缘排气道与排气口的直接铸造成形。如果采用整体陶瓷型芯,由于陶瓷型芯在烧结过程中会存在变形,会导致型芯在后缘排气口的位置与型腔模的配合精度较差。另一种方案是对铸件进行机械加工形成后缘排气口,这不仅会增加叶片制造工艺复杂性,而且加工过程可能会破坏

精铸涡轮叶片的单晶组织。

附图说明

- [0070] 图1是本发明的模具的总体结构示意图。
[0071] 图2 是本发明的型腔模的组合结构示意图。
[0072] 图3 是本发明的型芯结构的平面展开示意图。
[0073] 图4 是本发明的模具装配的断面示意图。
[0074] 图5 是本发明的模具装配断面的局部放大图。
[0075] 图6 是本发明的水溶芯块结构示意图。
[0076] 图7 是本发明的型腔模整体上模的结构示意图。
[0077] 图8 是本发明的型腔模整体下模的结构示意图。
[0078] 图9 是本发明的上模框示意图。
[0079] 图10 是本发明的下模框示意图。
[0080] 图11 是本发明的装有随形冷却铜管的下模框示意图。
[0081] 图12 是本发明的用于铸造整体上模的铸造凸型示意图。
[0082] 图13 是本发明的用于铸造整体下模的铸造凸型示意图。
[0083] 图14 是本发明的上模铸造凸型的切分与组装示意图。
[0084] 图15 是本发明的整体上模型块的铸造成形示意图。

具体实施方式

- [0085] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。
- [0086] 一种用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具的实施例,如图1-11所示。
- [0087] 一种用于空心涡轮叶片熔模铸造的注蜡模具,它主要由型腔模、型芯2000及附属结构组成,所述型腔模包括上模1100与下模1200,如图4所示,所述上模用于成形涡轮叶片叶背形面,所述下模用于成形涡轮叶片叶盆形面。所述上模与下模均为组合式结构,所述上模是由叶根型块1110、叶身型块1120与端盖板1130组成的(图1),所述下模是由主型腔块1210与端盖板1230组成的(图1)。所述上模与下模的各个型块是通过首先铸造成形整体上模与下模,然后在线切割机床上将整体上模与下模切分为各个型块,再经过必要机械加工的方法制作的。模具的总体结构示意图,见图1。型腔模上模与下模的三维结构,见图7~图8。模具的详细结构特征如下:
- [0088] 1)所述型腔模上模的叶根型块与叶身型块,以及型腔模下模的主型腔块,均是一种金属复合结构。例如,型腔模上模由外部的铝合金模框1101、内部的铸造锌合金嵌体1102、以及包埋在嵌体中的随形冷却铜管1103构成,见图2。模框及其与随形冷却铜管的组装示意图见图9~图11。
- [0089] 2)所述型芯2000包括陶瓷主型芯2100与安装在陶瓷主型芯上的型芯定位件2200、水溶芯块2300等附件(图1~4)。型芯的结构示意图,见图3。
- [0090] 3)所述陶瓷主型芯包含叶身部2110、叶根部2120以及用于将型芯装夹在型腔模中的伸长轴2130(图3)。
- [0091] 4)所述陶瓷主型芯的叶身部包括纵向肋与横向连接肋。所述纵向肋至少包括前缘

肋2111、后缘肋2112、以及若干中间肋(图3)。

[0092] 5)所述陶瓷主型芯材料为多孔氧化铝陶瓷材料,采用陶瓷凝胶注模成形工艺进行制造。

[0093] 6)所述陶瓷主型芯的纵向肋上装有可高温分解的型芯定位件2200,所述型芯定位件的一面粘接到纵向肋上的凹孔中,另一面与型腔模内表面相接触,见图4。所述型芯定位件与型腔模表面的配合精度,是通过在型腔模内进行配研的方法来保证的。

[0094] 7)所述可高温分解的型芯定位件材料为石墨,它可以在800~1200℃温度下在空气中被完全烧失。所述型芯定位件可以采用机械加工制作,也可以采用石墨粉模压成型。

[0095] 特别地,这种注蜡模具专门用于含有后缘排气道与排气口的空心涡轮叶片的熔模铸造,涡轮叶片的后缘排气道与排气口能够精确地直接铸造得到,不需要后续加工。这是通过以下方案的型芯结构来实现的:

[0096] 6)所述陶瓷主型芯的后缘肋2112上含有用于形成涡轮叶片后缘排气道的辐板2112-1、以及用于形成涡轮叶片后缘排气口的水溶芯块2300,见图3~5。

[0097] 7)所述水溶芯块2300的一面上设有凹槽,用于与型芯的后缘排气道辐板2112-1相粘接;所述水溶芯块的另一面与型腔模下模1200表面相接触(图4~6)。所述水溶芯块2300与型腔模下模1200表面的配合精度,是通过在型腔模内粘接的方法来保证的。

[0098] 8)所述水溶芯块与型芯的后缘排气道辐板相粘接所采用的粘结剂,是一种水溶性粘结剂。所述水溶性粘结剂是聚乙二醇。

[0099] 9)所述水溶芯块的材料是一种由水溶性高分子粘结剂、填料、促溶剂、与增塑剂等组成的混合水溶性材料。所述混合水溶性材料各组分的质量百分比依次为30~40%、30~50%、10~20%、3~6%。所述水溶性高分子粘结剂是平均分子量为4000的聚乙二醇,所述填料是石英粉或云母粉或滑石粉,所述促溶剂是碳酸钠或氯化钠或尿素,所述增塑剂为聚乙烯-石蜡溶体,所述聚乙烯-石蜡溶体中石蜡的质量百分比为10~20%。

[0100] 10)所述水溶芯块用所述的混合水溶性材料进行模压成形制作的。

[0101] 一种注蜡模具快速制造方法的实施例,如图7-15所示。

[0102] 一种空心涡轮叶片熔模铸造用注蜡模具的快速制造方法,包括以下步骤:

[0103] 1)模具总体结构设计。

[0104] 根据涡轮叶片零件的CAD模型,设计注蜡型腔模、陶瓷主型芯与水溶芯块成形模具。所述的注蜡型腔模包括上模与下模。所述上模是用于成形涡轮叶片叶背形面的,所述下模是用于成形涡轮叶片叶盆形面的。

[0105] 所述上模与下模均为组合式结构。所述上模是由叶根型块、叶身型块与端盖板组成的。所述下模是由主型腔块与端盖板组成的。

[0106] 所述上模与下模的各个型块是通过首先铸造成形整体上模与整体下模,然后在线切割机床上切分为各个型块,再经过必要机械加工的方法制作的。

[0107] 所述主型芯上设有用来安装型芯定位件的凹槽。所述陶瓷主型芯含有用于成形后缘排气道的辐板,所述后缘排气道辐板的末端粘接有水溶芯块。所述水溶芯块的上表面设有凹槽,用来与型芯的后缘排气道辐板相搭接,所述水溶芯块的下表面与型腔模表面相接触。

[0108] 2)型腔模的复合结构设计。

[0109] 型腔模由外部的铝合金模框、内部的铸造锌合金嵌体、以及包埋在嵌体中的随形冷却铜管构成。根据型腔模的内表面,设计随形冷却管路,并用CAE软件对随形冷却管路进行优化,以实现蜡型冷却温度的均匀化。

[0110] 所述的铸造锌合金是含铝质量比为4%~12%的锌铝合金。

[0111] 所述的随形冷却管路的中心线是由若干段横向曲线与纵向连接曲线连接组成的。所述横向是指与叶片轴线垂直的方向,所述纵向是指沿着叶片轴线的方向。

[0112] 使用以下参数在CAD软件中对冷却管路进行参数化设计:冷却管的直径D与壁厚T、横向曲线的间距dist0、横向曲线到型腔表面的距离dist1、纵向连接线到型腔边缘的距离dist2、各连接处的圆角半径Ri等,并在CAE软件中对上述参数进行优化,优化目标是蜡型冷却温度分布均匀。

[0113] 3)型腔模的铸造凸型设计与制造。

[0114] 铸造凸型是用于铸造成形型腔模整体上模与整体下模的铸型,包括上模铸造凸型T1100与下模铸造凸型T1200。

[0115] 所述的铸造凸型采用分块加工的方式进行制造。以上模铸造凸型的制造为例,首先将上模铸造凸型T1100切分为型板T1110、叶身型芯T1120与叶根型芯T1130,见图14,型板与型芯均采用铝合金材料,在数控铣床上进行加工;然后再将加工好的零件组装成整体铸造凸型,组装方式采用耐高温树脂胶粘接或者采用过盈配合。上模与下模铸造凸型的三维结构示意图,见图12~图13。上模铸造凸型的切分与组装示意图,见图14。

[0116] 4)随形冷却铜管的弯制。

[0117] 在铸造凸型上垫一块等厚弹性塑胶板作为参照模板,弯制各组随形冷却铜管,以保持冷却铜管到型腔模表面的等距。所述弹性塑胶板厚度等于冷却铜管到型腔模表面的距离。

[0118] 5)铝模框的制作与组装。

[0119] 铝模框采用加工后的铝合金板连接而成,连接方式可以是螺钉连接或焊接。将弯制好的冷却铜管组装到铝模框中。

[0120] 所述的铝合金模框的侧面板在数控铣床上进行加工,使其与铸型凸型的分型面形成精确配合。在模框的侧面板上靠近分型面的位置开浇注孔2~4个,浇注孔到分型面的距离为0~10mm。所述铝合金模框所采用的铝合金板材的厚度为6~15mm。

[0121] 6)铸造型箱的组装。

[0122] 以整体上模的铸造为例进行描述。将上模铸造凸型T1100平放在填有干砂的砂箱中,在上模铸造凸型的分型面上涂一层脱模剂。将装有冷却铜管的铝模框1101合在铸造凸型上,并进行固定。制作并安装浇注管路系统T1300,砂箱中继续填砂至高出分型面50~100mm,将砂子捣实,以防金属液漏出。整体上模的铸造成形示意图,见图15。

[0123] 7)型腔模整体上模与下模的铸造成形。

[0124] 对铸造凸型、型箱与浇注系统进行预热,然后浇注锌合金熔液。待凝固冷却后,去掉浇注系统,脱去铸造凸型,对铸件进行清理,得到带模框的型腔块整体上模与整体下模铸件。

[0125] 所述的浇注锌合金溶液,浇注时熔液温度为475~525℃。

[0126] 8)型腔块的切割与加工。

[0127] 在慢走丝线切割机床上,将整体上模切分为叶根型块、叶身型块与端盖板,将整体下模切割成主型腔块与端盖板。在型块上加工出型芯安装孔、注蜡浇注孔、以及定位销孔等附属结构。

[0128] 9)型芯定位件的预制与安装。

[0129] 事先预制型芯定位件。将型芯定位件粘接到陶瓷主型芯纵向肋的凹槽中。

[0130] 所述的型芯定位件材料为石墨,它可以在800~1200℃温度下在空气中被完全烧失。所述型芯定位件可以采用机械加工方法制作,也可以采用石墨粉模压成型。

[0131] 所述的事先预制型芯定位件,预制型芯定位件的厚度尺寸 t 控制方法为:若陶瓷主型芯上的凹槽深度为 a ,型芯与型腔模表面的间隙要求为 b ,因制造误差引起距离 b 的最大变动量为 δ ,则 $t=a+b+\delta$ 。

[0132] 10) 型芯与模具的组装,第一步:

[0133] 将带有定位件的型芯安装到下模主型块中,使主型芯的伸长轴与下模主型块中的安装孔相配合,将上模的叶根型块合到下模主型块上,保证合模接触良好。检查型芯底部与下模型腔面的间隙,以及型芯定位件与下模型腔面的接触情况,如果间隙偏大或接触不良,就对定位件进行研磨,直到符合要求。

[0134] 第二步:

[0135] 事先预制水溶芯块。将水溶芯块放置到下模型腔的后缘部,使得水溶芯块的下表面与下模型腔面相贴合,水溶芯块上表面的凹槽与型芯的后缘排气道辐板相接。在水溶芯块与型芯后缘排气道辐板的接合部,加入水溶性粘接剂。所述水溶性粘接剂是聚乙二醇。

[0136] 所述水溶芯块的材料是一种由水溶性高分子粘结剂、填料、促溶剂与增塑剂等组成的混合水溶性材料。所述混合水溶性材料各组分的质量百分比依次为30~40%、30~50%、10~20%、3~6%。所述水溶性高分子粘结剂是平均分子量为4000的聚乙二醇,所述填料是石英粉或云母粉或滑石粉,所述促溶剂是碳酸钠或氯化钠或尿素,所述增塑剂为聚乙烯-石蜡溶体,所述聚乙烯-石蜡溶体中石蜡的质量百分比为10~20%。

[0137] 所述水溶芯块是采用所述混合水溶性材料模压成型制作的。

[0138] 第三步:

[0139] 将上模的叶身型块合到下模主型块上,检查合模面是否接触良好,以及型芯定位件与上模型腔面是否接触良好,如果存在合模不良或接触不良,就对定位件进行研磨,直到符合要求。

[0140] 第四步:

[0141] 将下模端盖板连接到下模主型块上,将上模端盖板连接到上模的叶身型块上。安装注蜡系统,将模具锁紧。

[0142] 11) 蜡型浇注、陶瓷型壳制作与叶片铸造。

[0143] 在注蜡机上注蜡,待蜡型冷却后,打开上模,取出蜡型。

[0144] 在酸溶液中溶解去除水溶芯块,在蜡型上涂挂陶瓷浆料(陶瓷浆料会填充水溶芯块去除后留下的空间,与内部的陶瓷型芯相连,即当陶瓷浆料固化为型壳后,型壳会与陶瓷型芯相连,另外在型芯定位件与型芯伸出轴的位置,型壳也与陶瓷型芯相连)。

[0145] 加温除去蜡料,并对陶瓷型壳进行烧结(石墨材料的型芯定位件在650~800℃开始被氧化烧失,此时陶瓷型壳已有足够强度以抵抗变形,当陶瓷型壳被烧结到1000~1200

°C时,石墨定位件被完全烧失)。

[0146] 型壳制作完成后,向型壳内浇铸高温合金,待凝固冷却后将型壳破碎除去,再在碱性溶液中溶解去除型芯,即得空心涡轮叶片精铸件。

[0147] 本发明未涉及部分与现有技术相同或可采用现有技术加以实现。

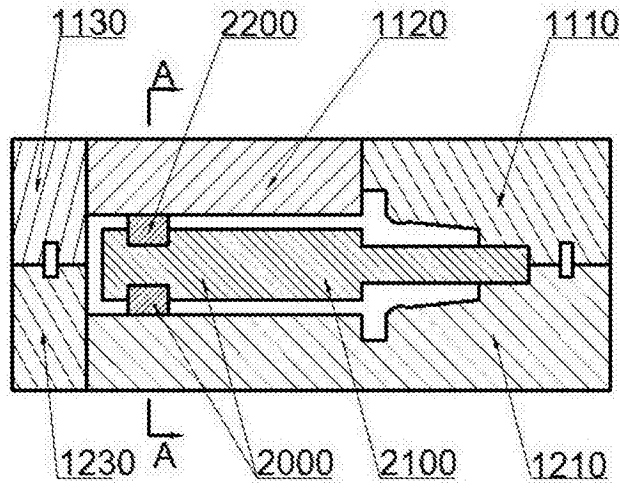


图1

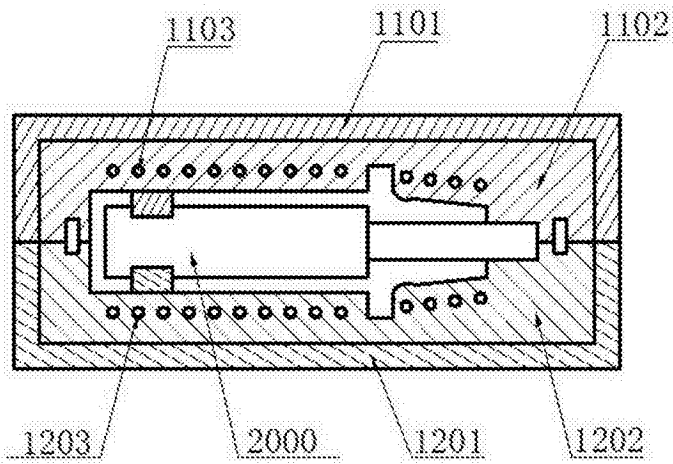


图2

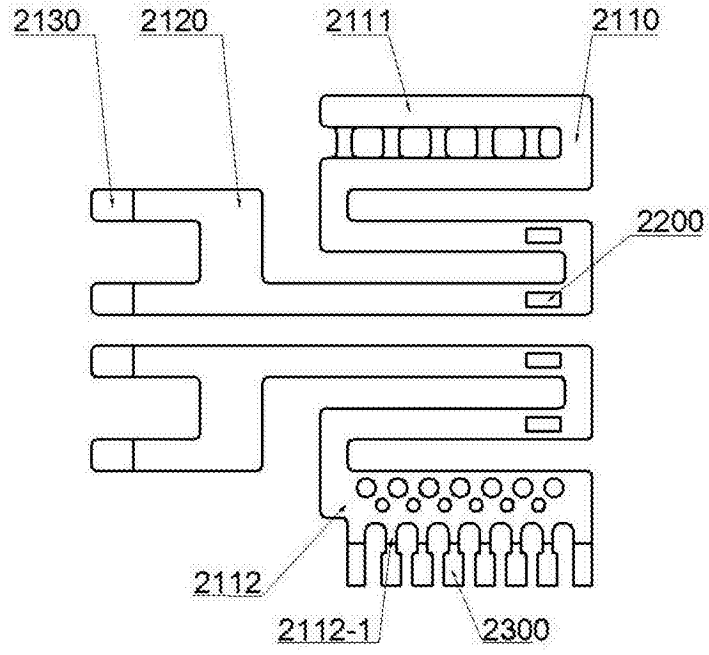


图3

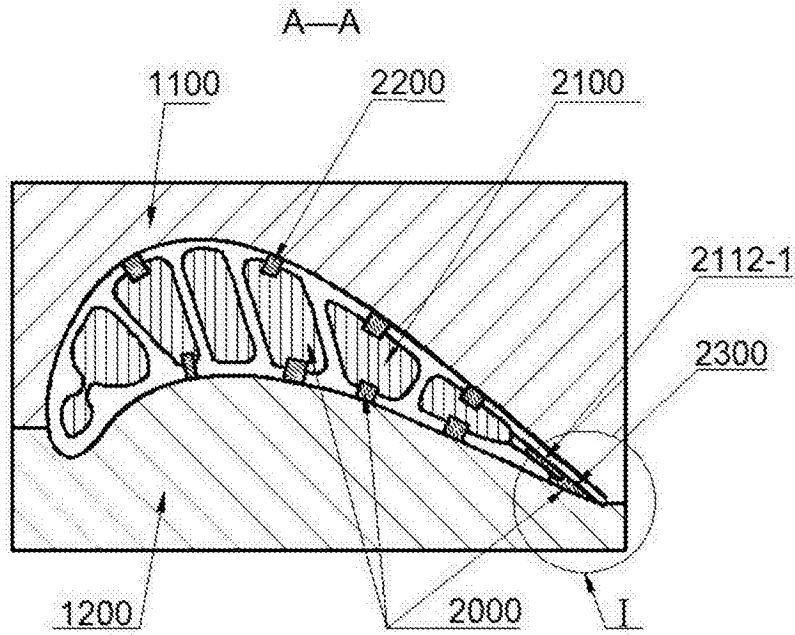


图4

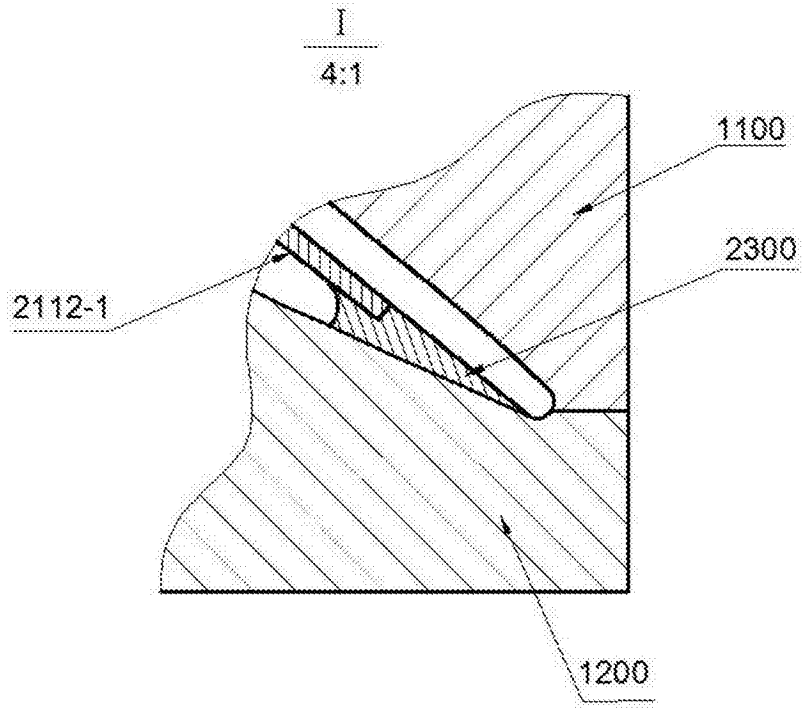


图5

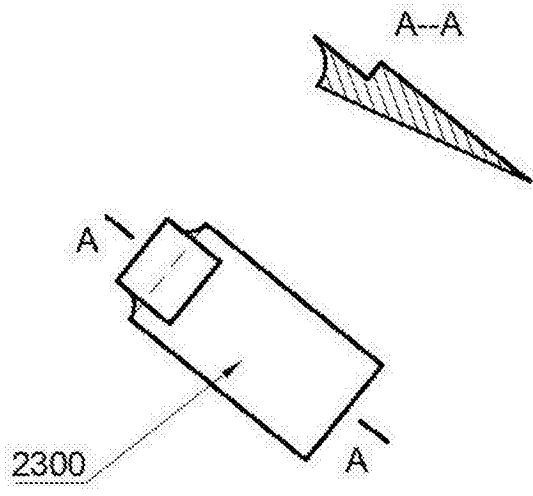


图6

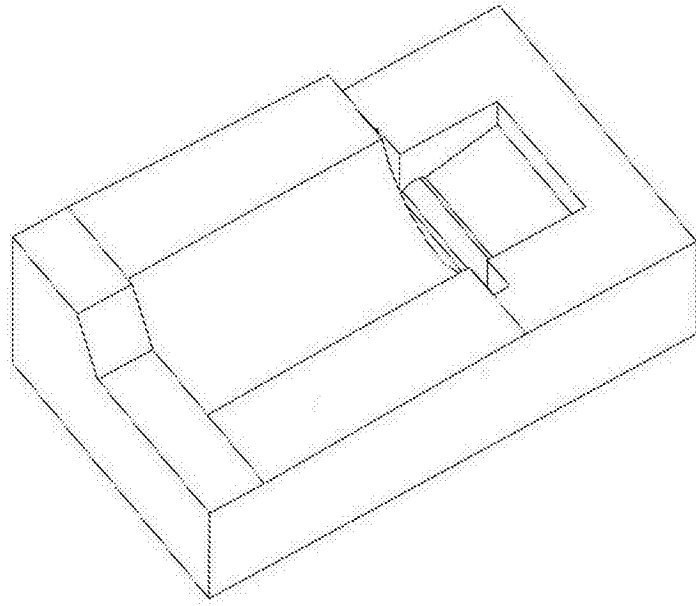


图7

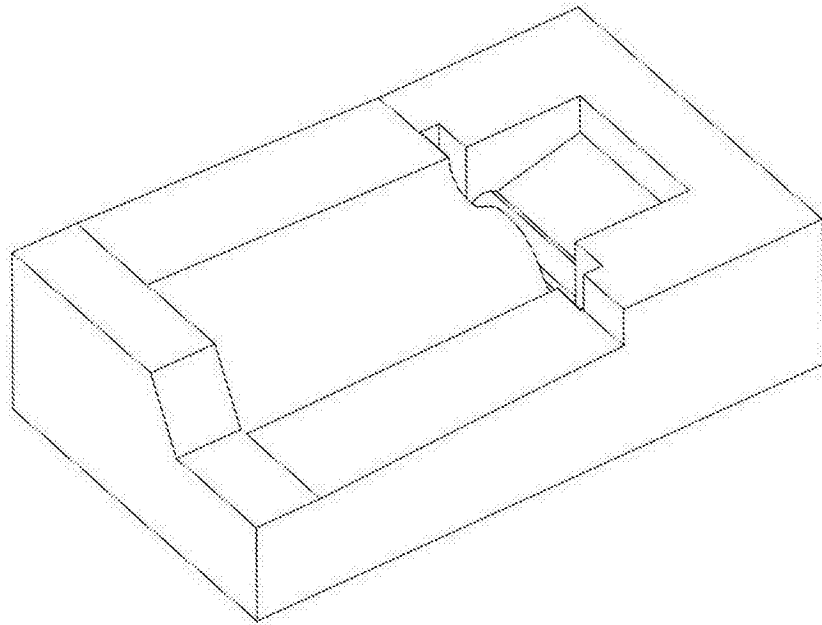


图8

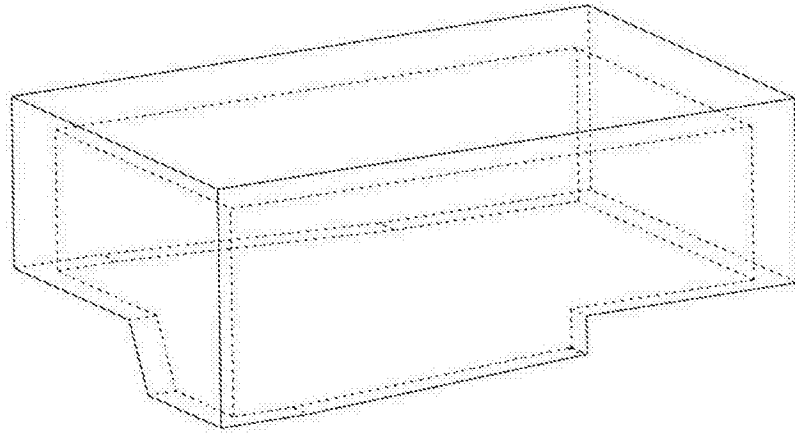


图9

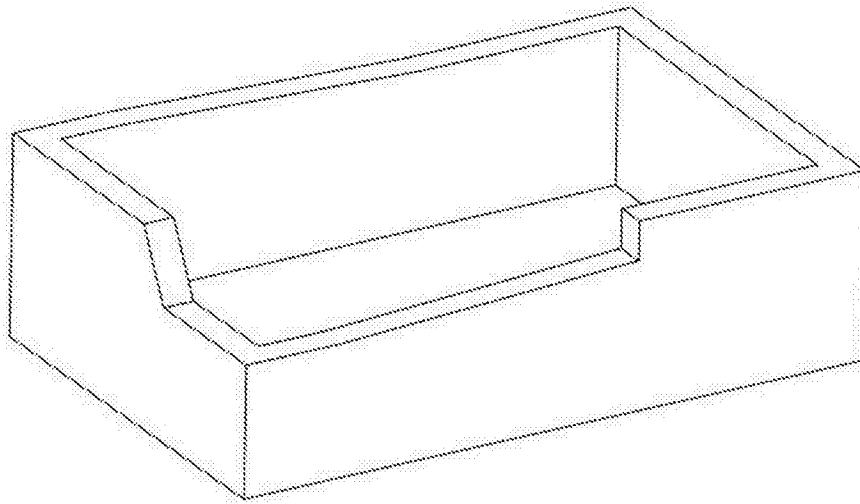


图10

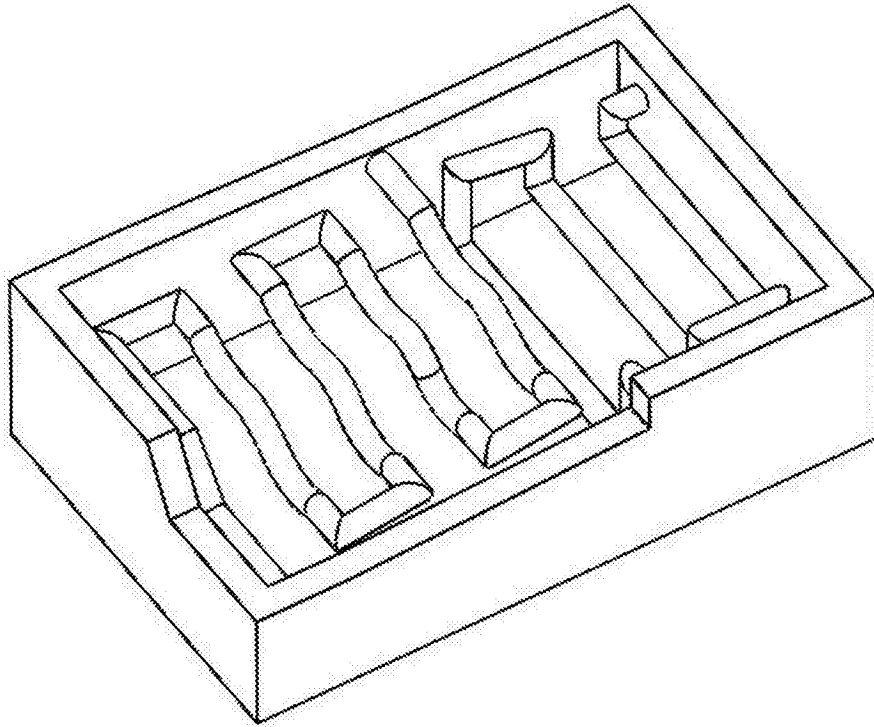


图11

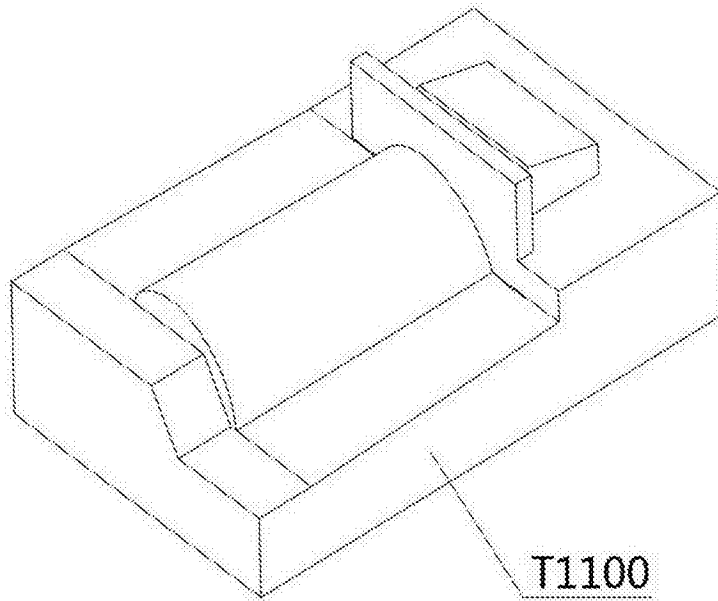


图12

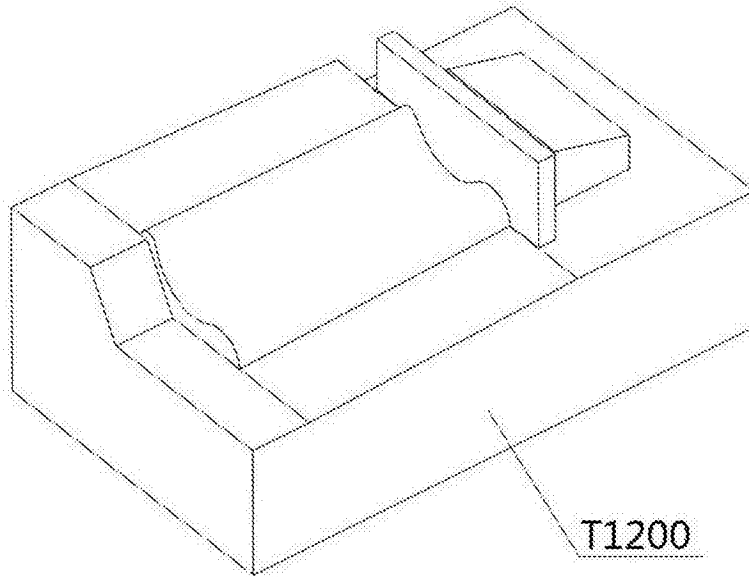


图13

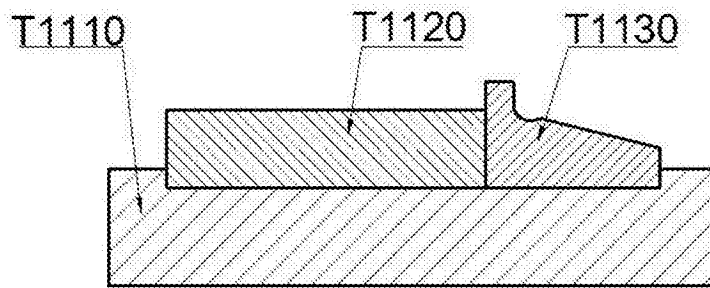


图14

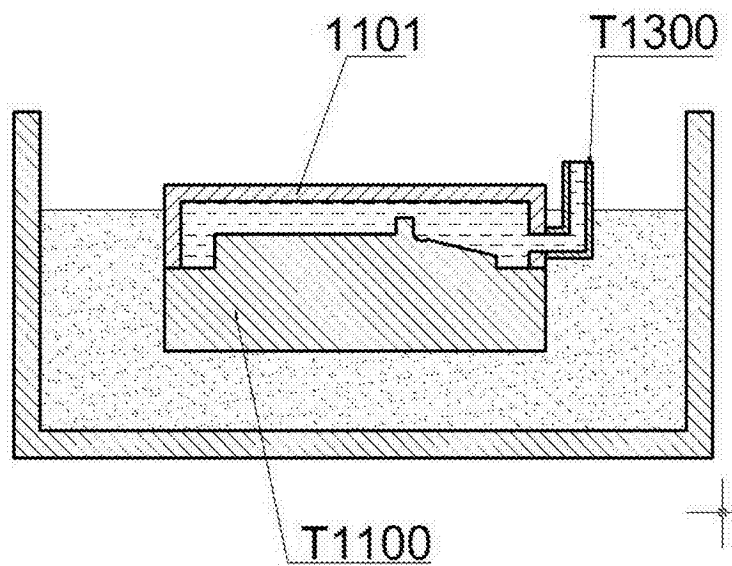


图15