



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110831712 A

(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201880043791.2

(22)申请日 2018.06.29

(30)优先权数据

1755990 2017.06.29 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.12.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2018/051617 2018.06.29

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/002797 FR 2019.01.03

(71)申请人 赛峰飞机发动机公司

地址 法国巴黎

(72)发明人 S·A·法加斯 S·特奈

D·科耶兹

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 茅翊恣

(51)Int.Cl.

B22C 9/04(2006.01)

B22D 27/04(2006.01)

B22C 9/12(2006.01)

B22D 21/02(2006.01)

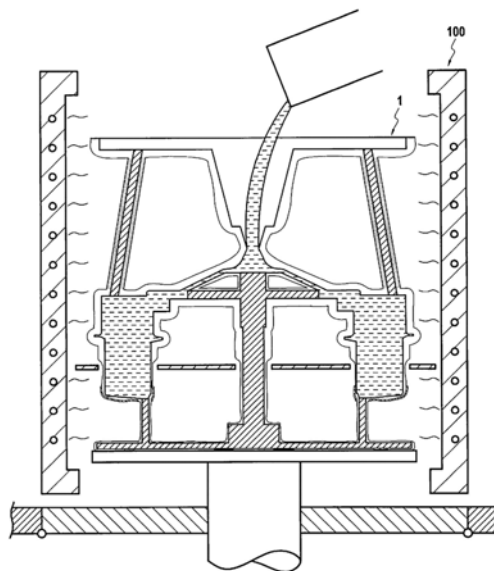
权利要求书1页 说明书5页 附图10页

(54)发明名称

利用热模具浇铸的铸造工艺

(57)摘要

本发明涉及铸造领域,并且特别涉及一种铸造工艺,该铸造工艺包括将模具(1)预热至第一温度,在高于第一温度的第二温度下以液态铸造金属,模具从预热开始一直在第一温度下保持主炉窑(100)中,第一温度和第二温度之间的差异不超过80℃,至少从浇铸开始,模具(1)中金属的冷却和固化保持在小于0.1Pa的压力下,从主炉窑(100)移除模具(1),并且使固化的金属脱模。



1. 一种铸造工艺,包括以下步骤:

将模具 (1) 预热到第一温度;

从预热开始,将金属以液态以高于所述第一温度的第二温度浇铸到以所述第一温度保持的主炉窑 (100) 中的所述模具中,所述第一温度和所述第二温度之间的差异不超过 170°C ;

至少从浇铸开始,在以低于 0.1Pa 的压力保持在所述主炉窑 (100) 中的所述模具 (1) 中冷却和固化所述金属;

从所述主炉窑 (100) 提取所述模具 (1); 以及

使固化的金属脱模。

2. 如权利要求1所述的铸造工艺,其特征在于,所述第一温度与所述第二温度之间的差异不大于 100°C 。

3. 如权利要求2所述的铸造工艺,其特征在于,所述第一温度与所述第二温度之间的差异不大于 80°C 。

4. 如前述权利要求中的任一项所述的铸造工艺,其特征在于,以所述炉窑 (100) 的冷却速率小于或等于 $7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 执行在以低于 0.1Pa 的压力保持在所述主炉窑 (100) 中的所述模具 (1) 中冷却和固化所述金属的步骤。

5. 如权利要求1至4中任一项所述的铸造工艺,其特征在于,预热所述模具 (1) 的步骤至少部分地在不同于所述主炉窑 (100) 的预热炉窑 (X) 中进行。

6. 如前述权利要求中的任一项所述的铸造工艺,其特征在于,所述金属固化成等轴颗粒。

7. 如前述权利要求中的任一项所述的铸造工艺,其特征在于,所述模具 (1) 是围绕模腔 (7) 形成的壳模。

8. 如权利要求7所述的铸造工艺,其特征在于,所述模具 (1) 围绕所述模腔 (7) 的至少第一部分所具有的壁厚 (d_b) 小于所述模具 (1) 围绕所述模腔 (7) 的第二部分的壁厚 (d_a)。

9. 如权利要求8所述的铸造工艺,其特征在于,所述模具 (1) 由多个叠置的层形成,并且所述模具 (1) 的所述第二部分具有比所述模具 (1) 的所述第一部分更多的层数。

10. 如前述权利要求中任一项所述的铸造工艺,其特征在于,所述浇铸步骤具有小于2秒的持续时间。

11. 如前述权利要求中任一项所述的铸造工艺,其特征在于,所述第二温度为至少 1450°C 并且低于 1480°C 。

12. 如前述权利要求中的任一项所述的铸造工艺,其特征在于,所述固化的金属形成至少一个燃气轮机叶片。

利用热模具浇铸的铸造工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及金属浇铸领域。在本文中，“金属”是指纯金属和金属合金。

背景技术

[0002] 已知的铸造工艺包括至少一个将金属以液态浇铸到模具中的步骤，接着在模具中冷却和固化金属，然后将固化的金属从模具移除，尤其是在制造诸如燃气涡轮机叶片的后缘之类的具有特别精细的部分的部件时，可能会发生缺陷。实际上，在浇铸的时候金属与模具之间的温差会导致金属的一部分在模腔最窄的通道中过早冷却和凝固，这可能在模制的零件中导致裂纹、空隙或其它缺陷。

[0003] 为了减少浇铸期间的热冲击，已经提出了在专用炉窑中进行预热模具的第一步骤。但是，使用这种专用的预热炉窑需要从预热炉窑中取出模具并将其运输到浇铸场所。在该提取和运输期间，模具开始冷却，这再次增加了缺陷的可能性。此外，利用热模具进行的这些额外操作使铸造工艺复杂化，并需要额外的时间和空间，同时还增加了车间事故的风险。

发明内容

[0004] 本公开旨在通过提出一种铸造工艺来解决这些缺点，该铸造工艺可以更有效地避免缺陷，同时减少模具移动并简化工艺。

[0005] 在至少一个实施例中，该目的由于以下事实而得以实现：在将模具预热至第一温度之后，从预热开始，在以第一温度保持的主炉窑中的模具中以第二温度以液态进行金属的浇铸，该第二温度高于第一温度并且例如至少等于1250℃，第一温度与第二温度之间的差异不大于170℃并且较佳地不大于100℃，甚至80℃，并且模具中金属的冷却和固化进行，同时至少从浇铸开始将模具在低于0.1Pa的压力下保持主炉窑中，然后从主炉窑提取模具。

[0006] 由于这些规定，减少了浇铸的热冲击并降低了金属的冷却速度，从而限制了由于在模腔最窄的通道中金属过早固化而造成缺陷的风险，同时还限制了模具的移动和工艺操作的数量。

[0007] 为了进一步降低通过该铸造工艺获得的零件中出现缺陷的风险，可以执行在以小于0.1Pa的压力保持主炉窑中的模具中冷却和固化金属的步骤，其中炉窑冷却速率小于或等于7℃/min。这种受控的冷却避免裂纹和其它类似缺陷，特别是由于金属和模具材料的热收缩率不同而引起的裂纹和其它类似缺陷。

[0008] 为了限制主炉窑被模具占用的时间并因此提高生产率，模具预热的步骤可以至少部分地在不同于主炉窑的预热炉窑中进行。

[0009] 具体地，金属可以固化成等轴颗粒。该工艺因此不限于利用引导的晶体生长的铸造，而是适用于传统的多晶等轴金属合金，其以固态形式形成多个颗粒，这些颗粒基本上尺寸相同，通常为1mm的数量级，但或多或少地随机取向。

[0010] 模具具体地可以是例如通过所谓的失蜡或失模工艺在模腔周围形成的壳模。在这种情况下,为了甚至更有效地避免由该工艺导致的零件中的缺陷的形成,模具围绕模腔的至少第一部分所具有的壁厚可以小于模具围绕模腔的第二部分的壁厚。具体地,当模具由多个叠置的层形成时,如通过将模型浸入砂浆浴(bain de barbotine)中若干次而形成的壳模那样,模具的第二部分可具有比模具的第一部分更多的层数。通过这样调节模具的壁厚,特别是根据在相同位置处的腔体的厚度,可以避免金属和模具材料热收缩率的不同致使在冷却和凝固期间在金属上产生过大的机械应力,该应力可能导致裂缝和其它类似缺陷。模具、尤其是围绕模腔中金属的最易损坏的部分的壁厚的局部减小,降低了模具在冷却期间在这些位置处可以传递到下层金属的应力。

[0011] 为了避免金属在铸造期间过早固化,其持续时间可以小于2秒,或者甚至1秒或更少。

[0012] 该铸造工艺可以具体地用于与固化的金属一起形成具有特别精细的零件的部件,诸如例如至少一个燃气轮机叶片之类。

附图说明

[0013] 通过阅读借助非限制示例示出的对实施例的以下详细描述,将更清楚地理解本发明及其优点。该描述涉及附图,附图中:

[0014] -图1示出了根据本发明的第一实施例的在铸造工艺的第一步骤中创建的一组蜡模型;

[0015] -图2A和图2B示出了该工艺的两个后续步骤,其中,将该成组件(grappe)完全浸入砂浆浴中,然后喷洒以形成壳模层;

[0016] -图3A和3B示出了该工艺的两个后续步骤,其中将该成组件部分地浸入砂浆浴中,然后喷洒以形成壳模的附加层;

[0017] -图4示出了烧制壳模的下一步骤;

[0018] -图5A示出了烧制后的壳模;

[0019] -图5B示出了在添加隔热罩之后的图5A中的壳模;

[0020] -图6A、6B和6C示出了在同一主炉窑中进行的壳模预热、浇铸和受控冷却的连续步骤;

[0021] -图7示出了最后的脱模步骤;

[0022] -图8示出了根据替代实施例的预热步骤,其中,首先在预热炉窑中对模具进行预热,然后将模具引入与预热炉窑不同的主炉窑中,在该主炉窑中执行浇铸和受控冷却步骤。

具体实施方式

[0023] 根据本发明的第一实施例的铸造工艺中的第一步骤是创建非永久性成组件21,该非永久性成组件21包括通过由托盘19支承的轴23连接的多个模型22,如图1所示。轴23用于在模具1中形成中空容积的部分由诸如蜡或造型树脂之类的低熔融温度的材料形成,而轴23形成加强件的其它部分可以由耐火材料制成(图1中用阴影线表示)。将在模具中形成模具型腔的模型22也由具有低熔融温度的材料形成。当将生产大量部件时,能够通过将蜡或造型树脂注入永久性模具中来生产这些元件。在所示的用于制造燃气轮机叶片的实施例

中,模型22代表叶片头部面向下方的这种叶片。

[0024] 为了由该非永久性成组件21制造模具,更具体制造壳模,将成组件21浸入砂浆中,然后用耐火砂、即耐火材料的颗粒喷洒。用于砂浆和耐火砂的材料以及耐火砂的颗粒尺寸可以是例如在法国专利申请公开FR 2 870 147 A1和FR 2 870 148 A1中公开的那些。例如,砂浆可以包含陶瓷材料的颗粒,特别是粉状物形式的颗粒,具有矿物胶体粘合剂和根据砂浆期望的流变性的可能的添加剂,而耐火砂也可以是陶瓷。可以考虑用于砂浆和/或耐火砂的陶瓷材料包括氧化铝、莫来石和锆石。矿物胶体粘合剂可以例如是诸如胶体二氧化硅之类的水基矿物胶体溶液。掺和剂可以包括润湿剂、流化剂和/或纹理化剂。这些浸入和喷洒的步骤可以重复若干次,可能用不同的砂浆和砂子重复,直到在成组件21周围形成浸有期望厚度的砂浆的砂壳。

[0025] 在根据该第一实施例的工艺中,目的是生产一种模具,其中,至少模具的第一部分在模腔周围所具有的壁厚小于模具的第二部分在同一模腔周围所具有的壁厚。更具体地,在该第一实施例中,如图所示,目的是在叶片头部处获得比在叶片脚部处更薄的壁。为了获得厚度上的这种差异,在初始浸入之后,如图2A所示,其中成组件21完全浸入在砂浆B中,如图2A所示,然后如图2B所示用砂子喷洒,如图3A所示,进行部分浸入,其中将成组件22倒转浸入,仅浸入到半个叶片高度,然后如3B所示进行喷洒。因此,如此形成的壳体的上部将包括比其下部更多的层数。替代地,然而,也能够从部分浸入开始,而以完全浸入结束:只有层的顺序会改变,但壁厚的分布将保持相同。也能够两个以上不同的水平上浸入。

[0026] 然后可以将涂覆有该壳的成组件21例如在高压釜中加热到160至180℃之间的温度和1MPa的压力,以从壳体内部熔化和移除成组件21的低熔融温度材料。接下来,在较高温度的烧制步骤中,例如在900至1200℃之间,砂浆凝固以固结耐火砂,从而形成模具1的耐火壁,如图4所示。

[0027] 也在图5A中示出的如此形成的模具1是壳模,具有朝向主轴线X在浇铸杯5和盘形的基座6之间延伸的中心轴4。模具1还包括多个模腔7,这些模腔7围绕中心轴4成组布置。每个模腔7通过馈送通道8连接到浇铸杯5,在浇铸期间,通过该馈送通道8引入熔融金属。模具1的基座6为托盘的形式。另外,倾斜柱形式的加强件20将每个模腔7的顶部连接到浇铸杯5的顶部,并且其它垂直柱形式的加强件30将每个模腔7的底部连接到基座6。由于模具1的上部1a相对于其下部1b具有更多层数的烧制的砂浆和耐火砂,因此模具1的上部围绕每个模腔7的壁的厚度 d_a 比模具1的下部1b围绕同一模腔7的厚度 d_b 大。因此,该厚度 d_a 可以是例如在2.5至9mm之间,而厚度 d_b 可以是例如在1.5至6mm之间。

[0028] 此外,如图5B所示,可以将例如垂直于主轴线X的石墨的至少一个隔热罩40以及局部位于模具1的优先区域的耐火绝热体50添加到该模具。

[0029] 在该第一实施例中,在该模具1中以液态浇铸金属之前,执行预热该模具1的步骤,如图6A所示。在该步骤中,在将模具1引入到位于真空室101中的主炉窑100中之后,在该真空室101中将压力 p_v 保持等于或低于例如0.1Pa,在该主炉窑100中,将模具1加热,其达到第一温度 T_1 。然后,在不从主炉窑100移除模具1的情况下,将主炉窑100保持在第一温度 T_1 和压力 p_v 下,将金属以液态注入模具1中,如图6B所示,以填充模具1的中空容积,并具体地填充其模腔7。将金属以高于第一温度 T_1 的第二温度 T_2 注入到模具中。然而,第二温度 T_2 与第一温度 T_1 之间的温差 ΔT 受到限制,例如不超过170℃,甚至不超过100℃,或者甚至不超过80

℃。因此,如果金属例如是勒内77 (René77) 型的等轴镍基合金,固相线在约1240℃处且液相线在约1340℃处,则第二温度 T_2 例如可以是1450℃,并且第一温度 T_1 则可以是1350℃,且差 ΔT 不大于170℃。这避免了对注入到模具1中的熔融金属的过度热冲击,降低了金属在模具1的最窄通道中过早和不及时固化的风险,这可能在这样生产的部件中导致局部堵塞和缺陷。液态金属的浇铸快速进行并因此在时间 t_v 内完成,该时间 t_v 可以例如约为2秒,甚至是仅一秒。

[0030] 在下一步骤中,如图6C所示,在模具1中的金属的冷却和固化的第一步骤期间,模具1仍保持在主炉窑100中,在该主窑炉中,保持压力 p_v ,而炉窑的冷却速率 dT/dt 受到控制并限制在例如最大约7℃/min。接近真空的压力 p_v 在主炉窑100内部占优势,使得有可能限制或甚至消除模具1的任何对流冷却,从而在该阶段期间模具1的冷却基本上是辐射性的,并且因此更易于调节主炉窑100内部。此外,隔热罩40允许主炉窑100的内部分成两个热独立区域,以确保模具1和其中的金属更均匀地冷却。冷却速率的上限还限制了由于模具1和冷却的金属之间的热收缩差异而施加在金属上的力。即,在模腔7周围,模具1的下部1b的壁厚 d_b 小于模具1的上部1a的壁厚 d_a 还使得能够限制在模腔7的最窄部分中的金属上的力,其为对应于叶片头部的那些,尤其是在后缘附近。模具1在这些位置处的较窄壁而不是金属将在应力下屈服。因此,可能在模具1中而不是金属中形成裂纹。

[0031] 在该第一实施例中,由于勒内77合金是等轴多晶合金,因此,金属在固化时会形成多个颗粒,颗粒尺寸基本相同,通常为1mm的量级,但或多或少随机取向。

[0032] 在金属已经在模具1中固化之后,当模具1已经充分冷却到例如800℃到900℃的第三温度 T_3 时,可以在提取步骤中将其从主炉窑100和真空室101移除,并且然后,在将其放置在由耐火织物包围的绝热罩下之后,继续在正常的环境压力和温度下自然冷却,直到如图7所示的壳体剥离的步骤,在该步骤中,破坏模具以便移除固化的金属,该固化的金属包括如此形成的燃气轮机叶片200,然后可以在其上进行随后的切割和精加工步骤。

[0033] 由于在该铸造工艺中减小了金属上的热应力,因此能够生产诸如旋转或引导燃气轮机叶片之类的特别精细的部件。因此,在下表中,基于相同材料将常规铸造工艺可以实现的叶片尺寸与通过该第一实施例的工艺实现的叶片尺寸进行了比较:

[0034]	尺寸	利用预热至 T_1 并冷却至 p_v 的工艺	比较性示例
	从叶片脚部至叶片头部的高度	160 - 190mm	160mm
	翼弦长度	25 - 40mm	25 - 30mm
	距后缘 1mm 处的厚度	0.25 - 0.45mm	0.5 - 0.6mm
	最大叶片轮廓厚度	1 - 2mm	1.8 - 3mm

[0035] 尽管在上述第一实施例中,预热模具1的步骤完全在主炉窑100中进行,但是也能

够在不同的预热炉窑中部分地或全部地进行该预热,然后将该模具引入主炉窑100中,以减少模具将占据主炉窑的时间,并从而提高生产率。

[0036] 因此,如图8所示,在根据第二实施例的铸造工艺中,模具1可以与图5的模具等同并且通过类似于图1-4的那些步骤产生,可以将该模具1引入到预热炉窑200中,该预热炉窑200可以在真空室101外部在正常大气压下,以初始地预热至低于或等于第一温度 T_1 的预热温度 T_0 ,然后转移到主炉窑100,在主炉窑那里,将其进一步加热以达到第一温度 T_1 和/或将模具1保持在第一温度 T_1 下,直到金属浇铸步骤为止,这也类似于第一实施例的金属浇铸步骤,并且后续步骤也类似于第一实施例的后续步骤。

[0037] 尽管已经参考特定示例性实施例描述了本发明,但是显而易见的是,在不脱离权利要求所限定的本发明的总体范围的情况下,可以进行不同修改和改变。因此,说明书和附图应该被认为是说明性的而不是限制性的。

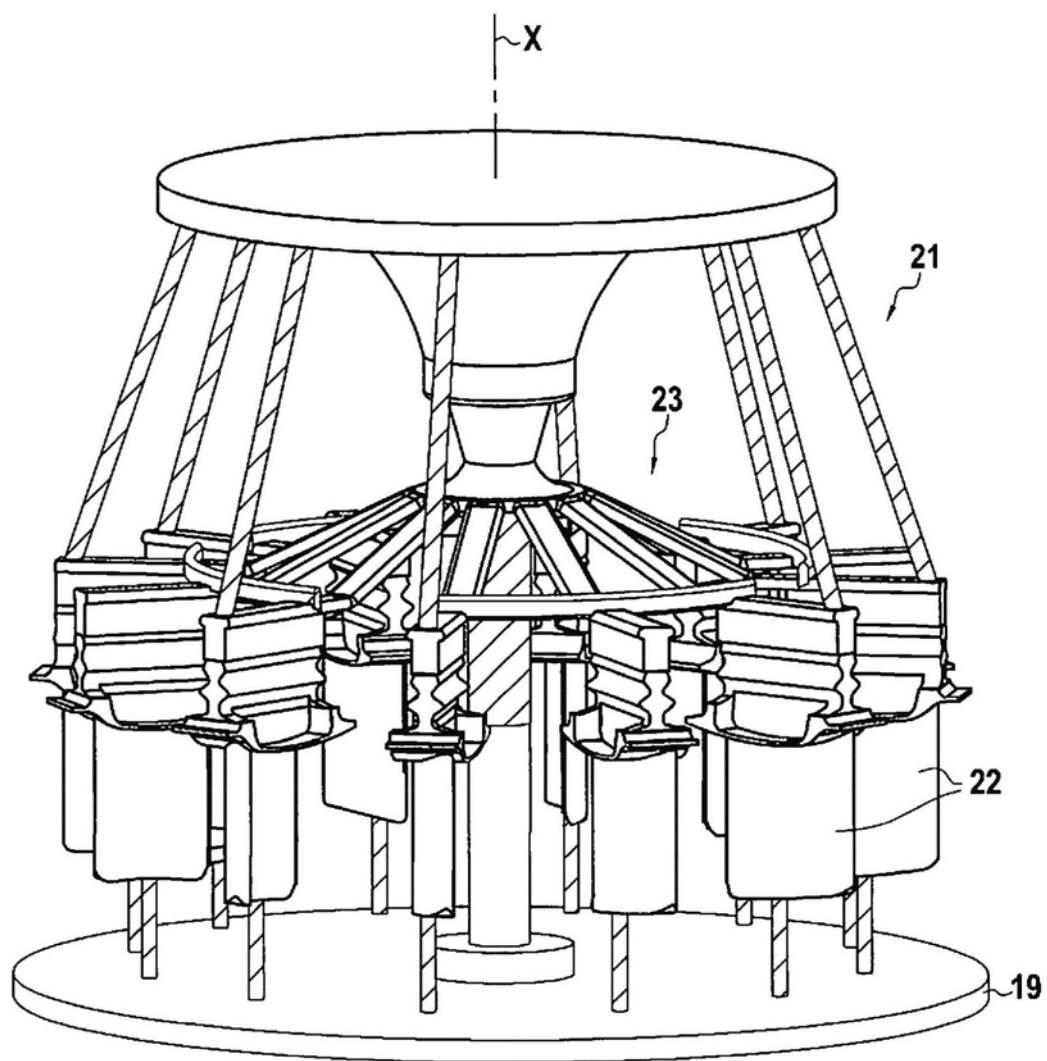


图1

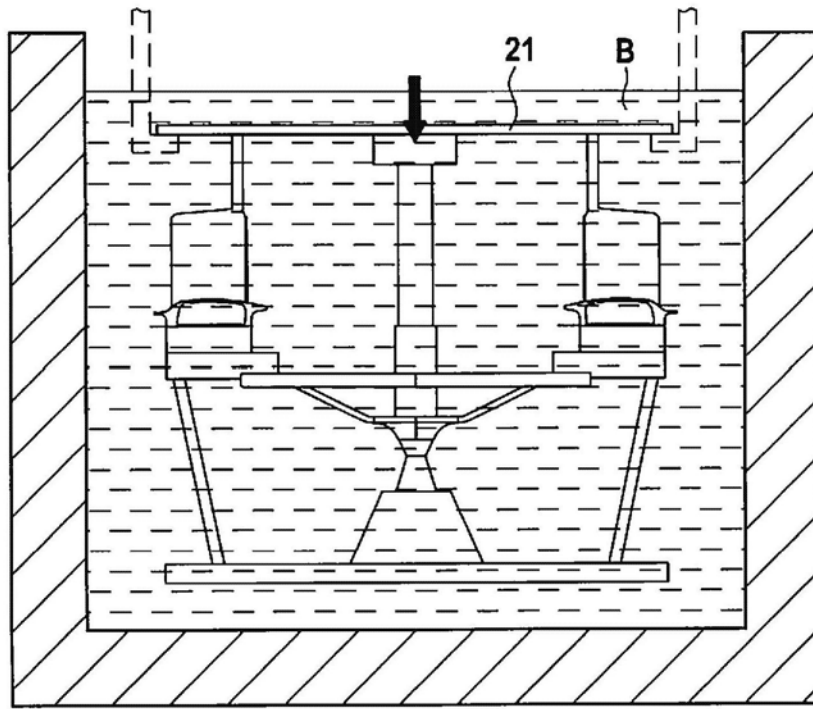


图2A

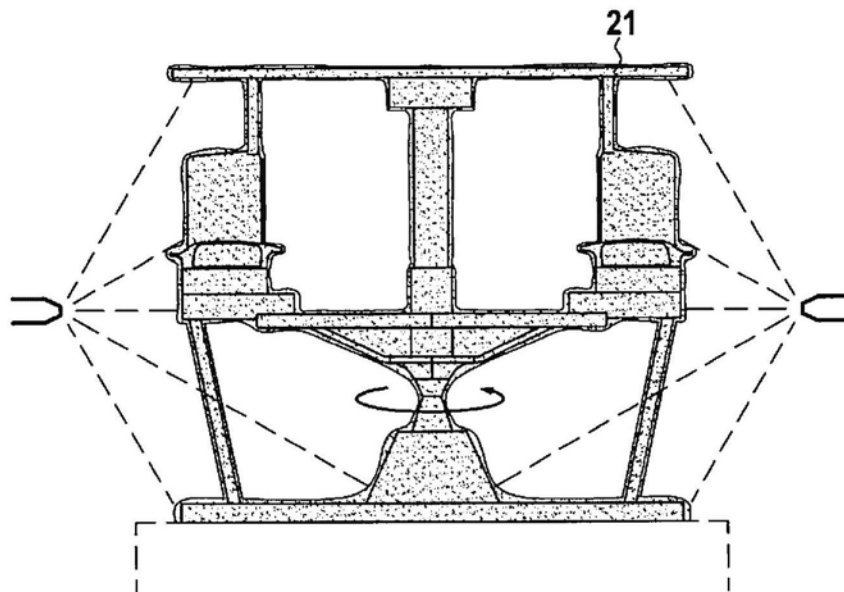


图2B

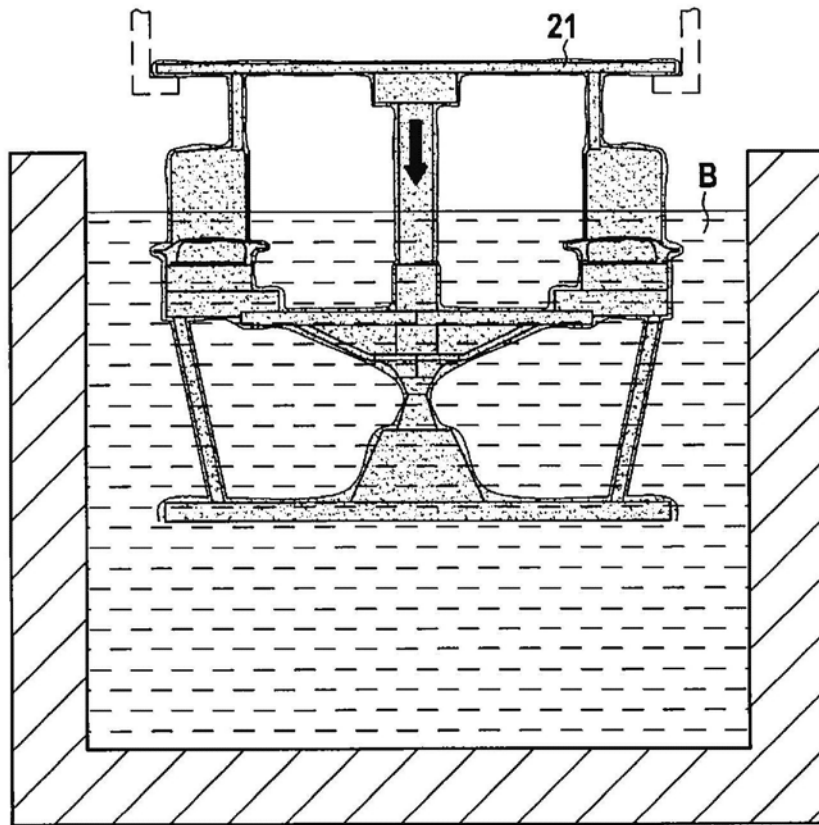


图3A

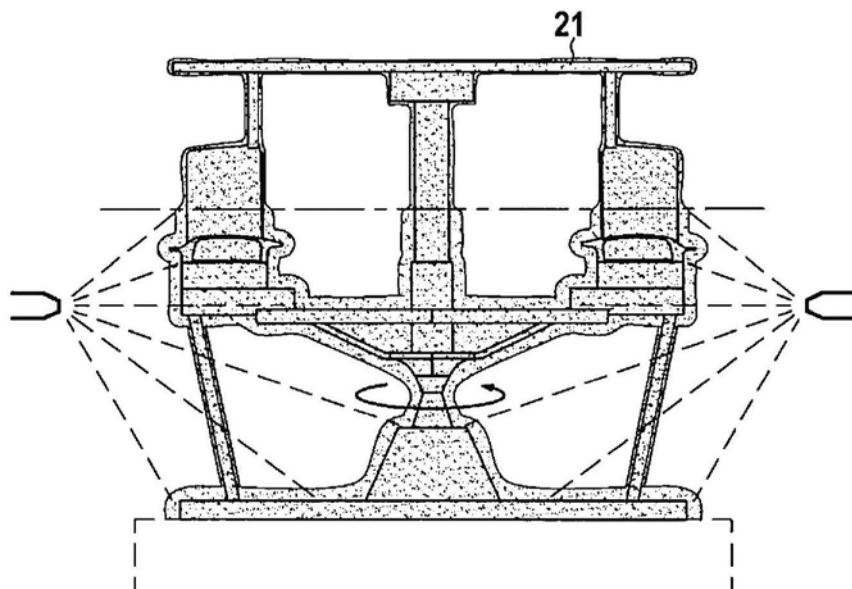


图3B

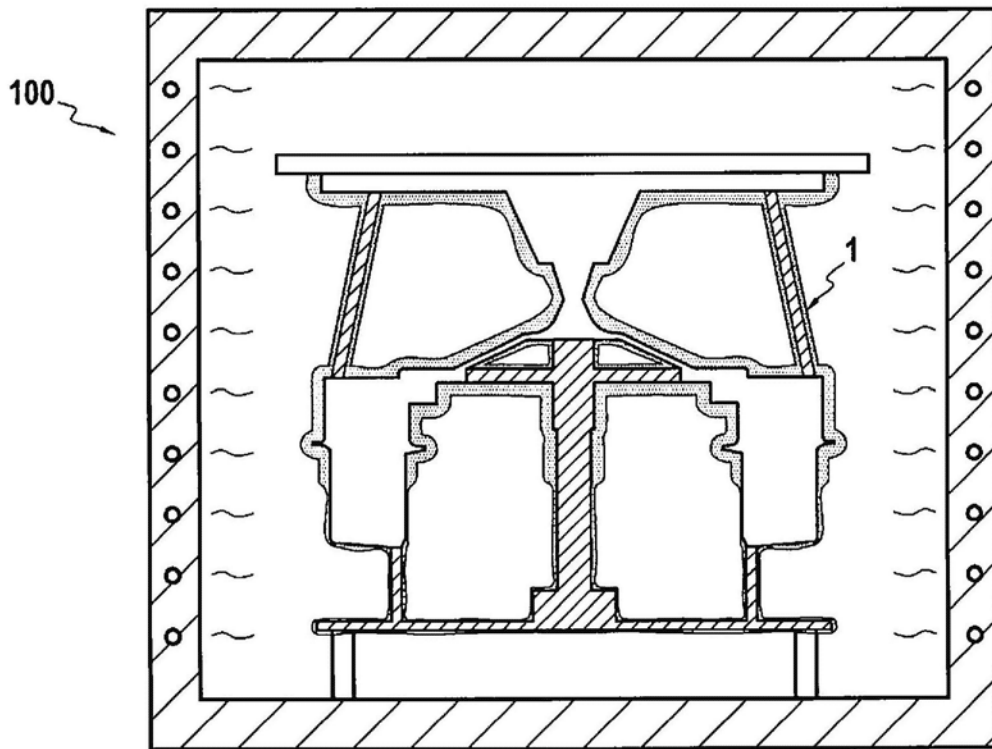


图4

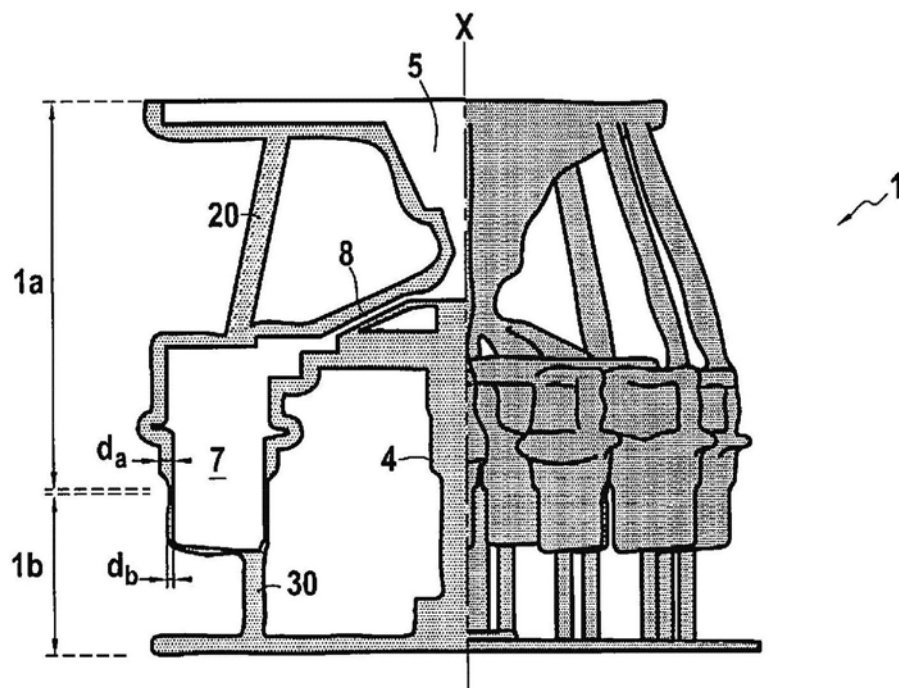


图5A

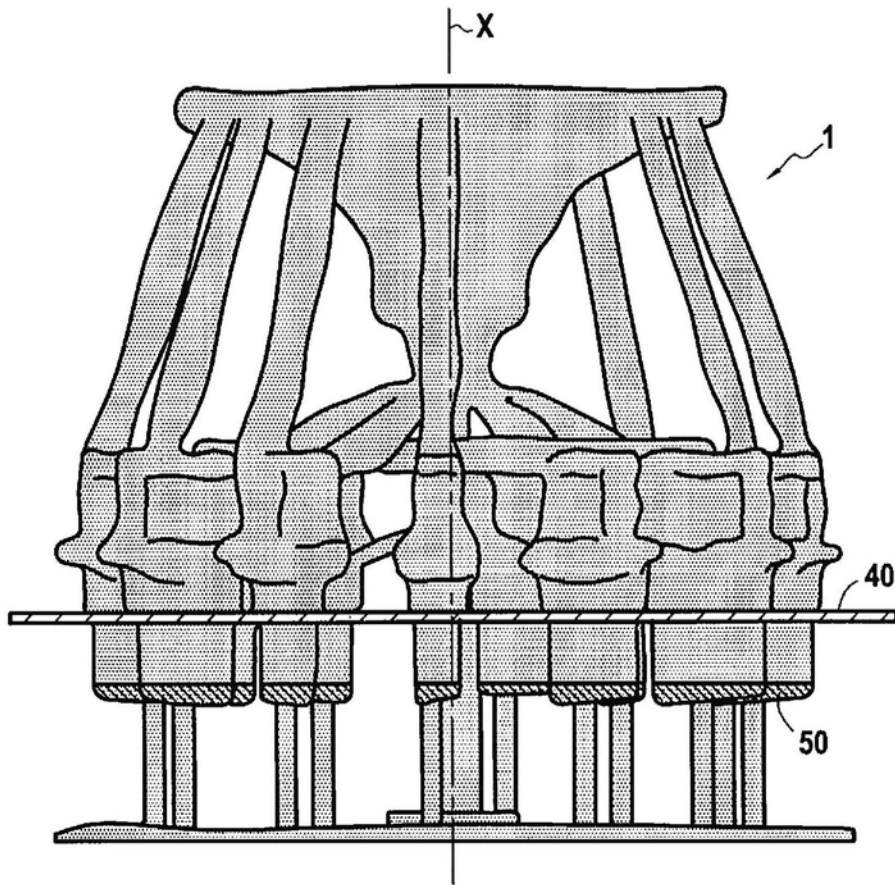


图5B

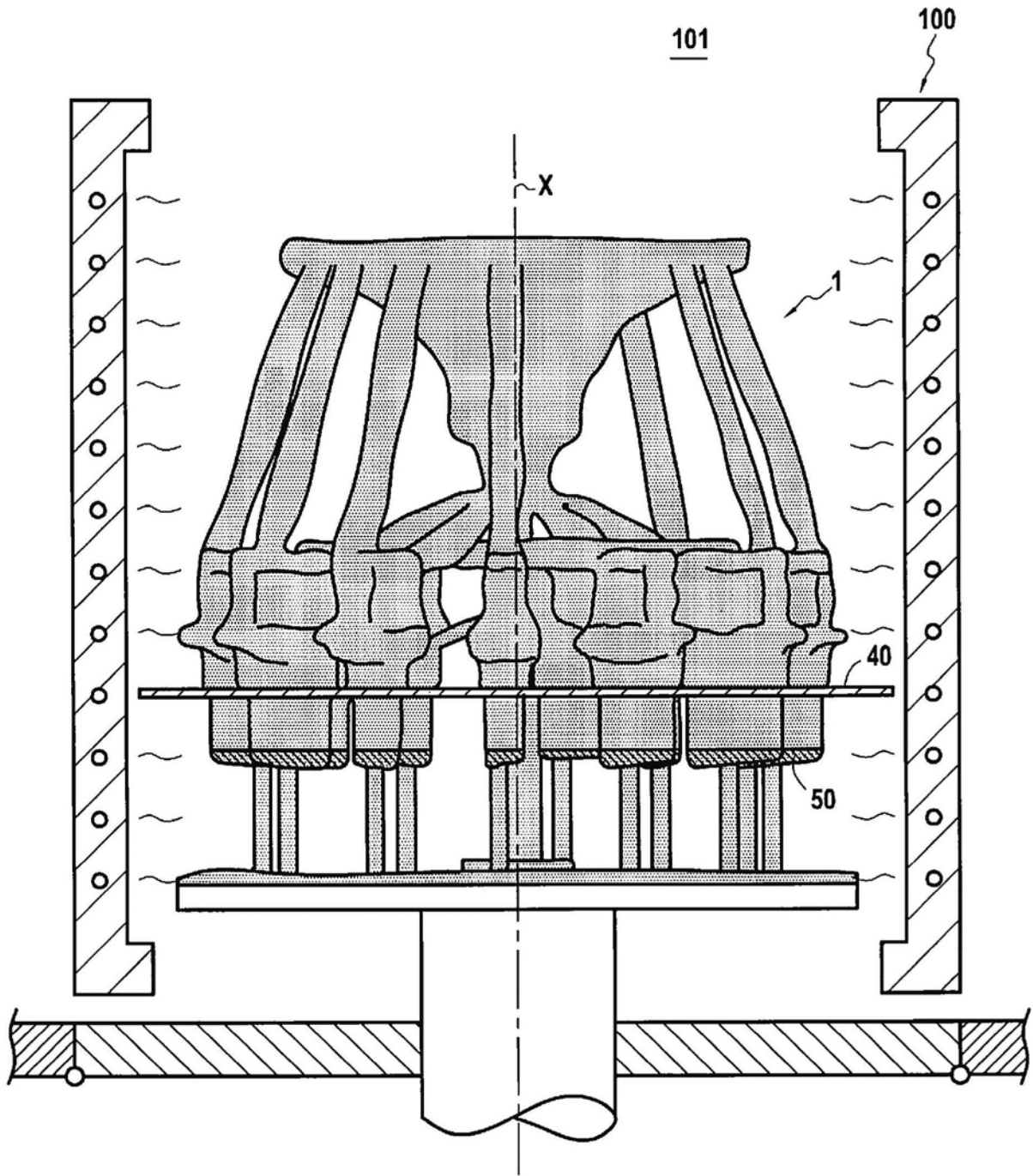


图6A

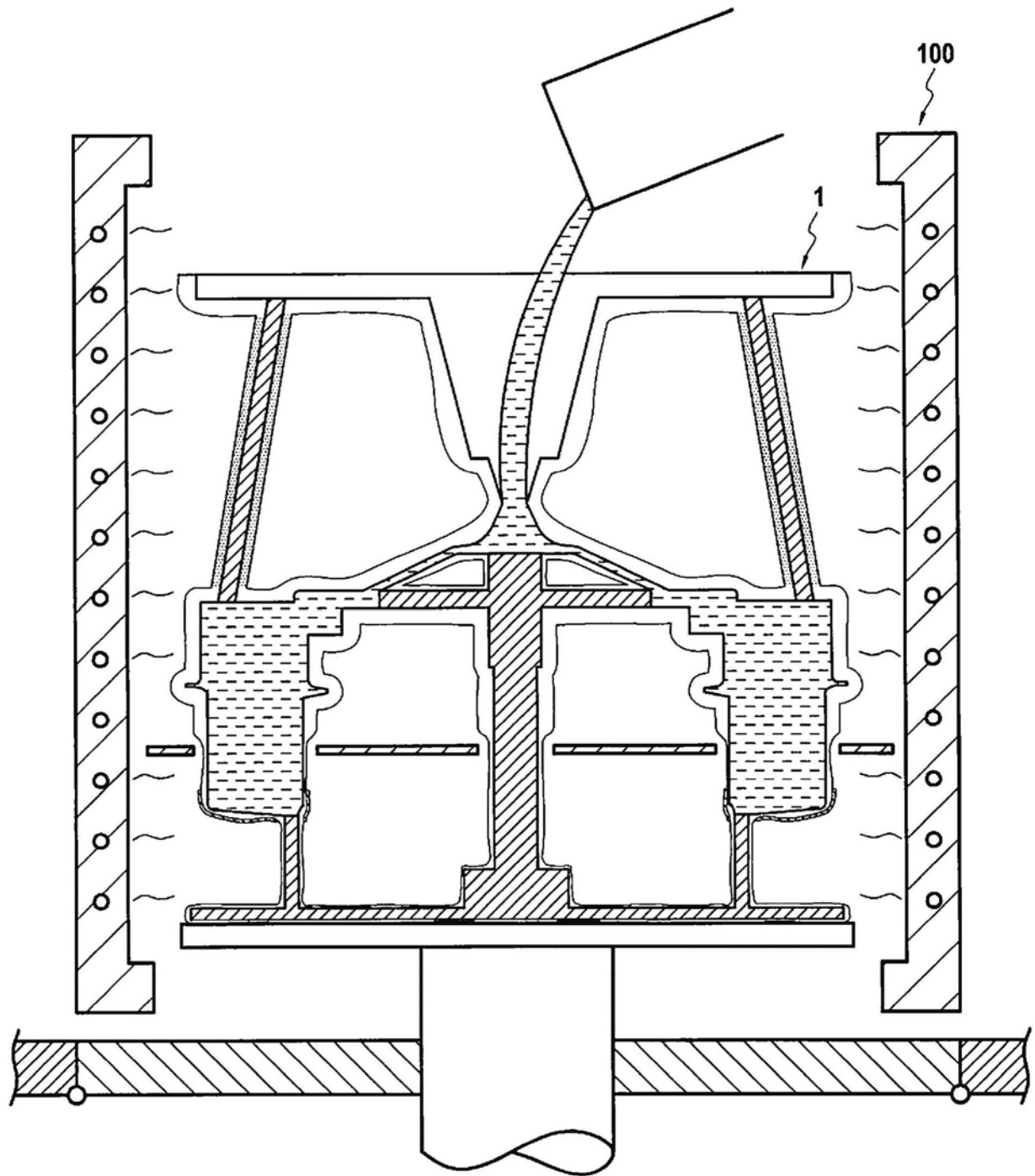


图6B

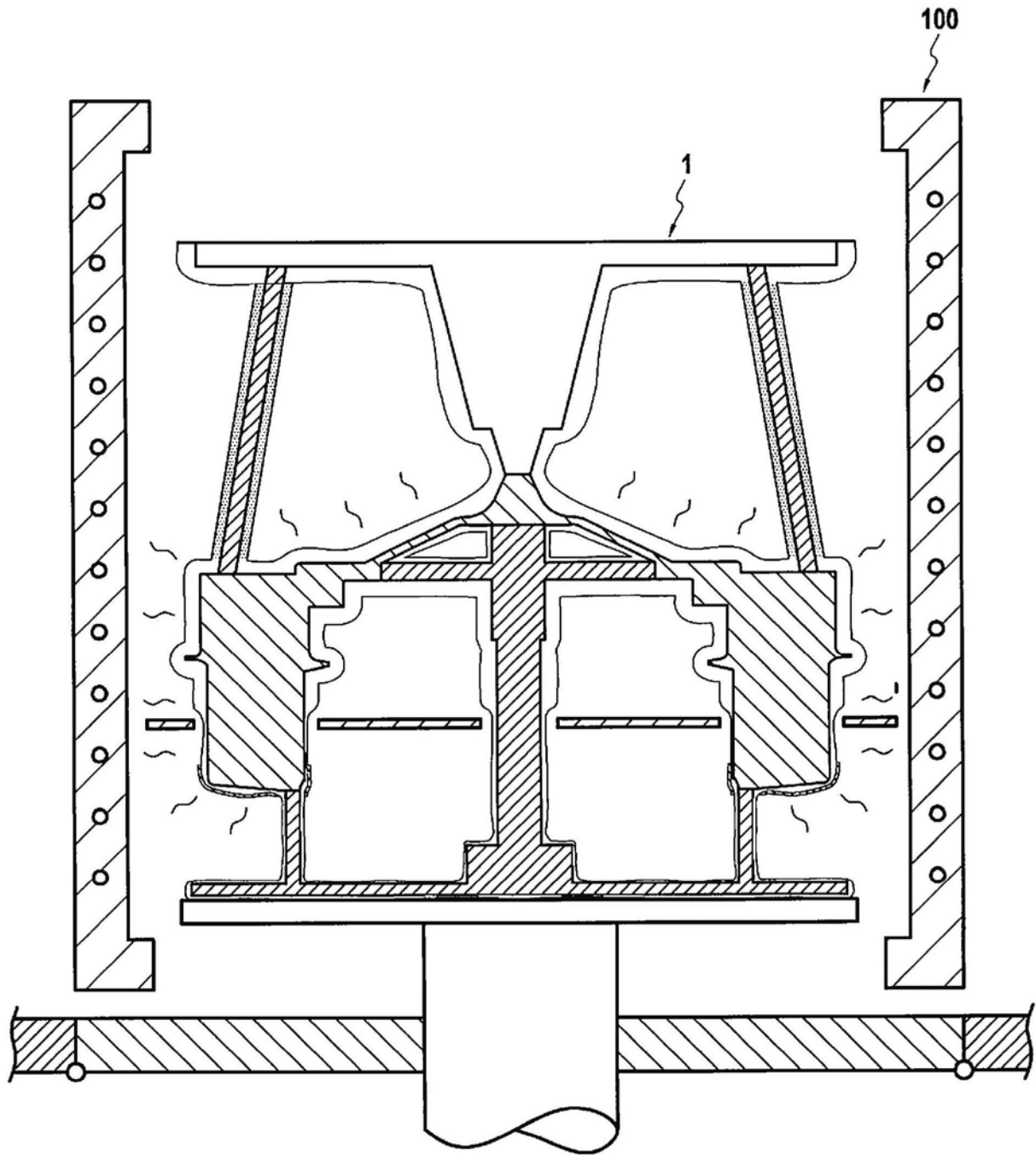


图6C

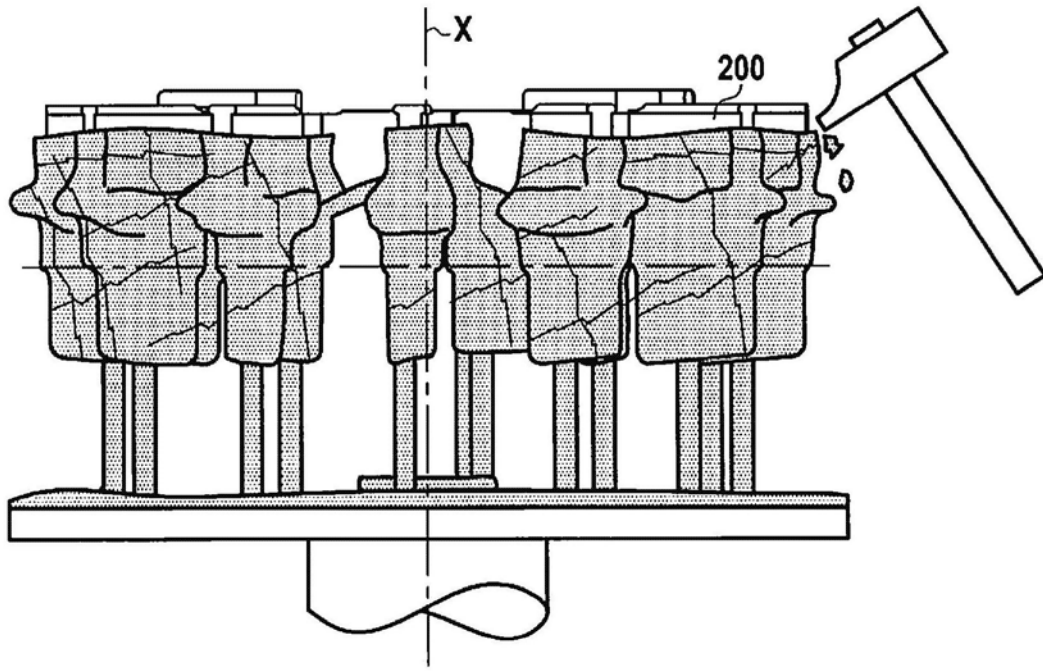


图7

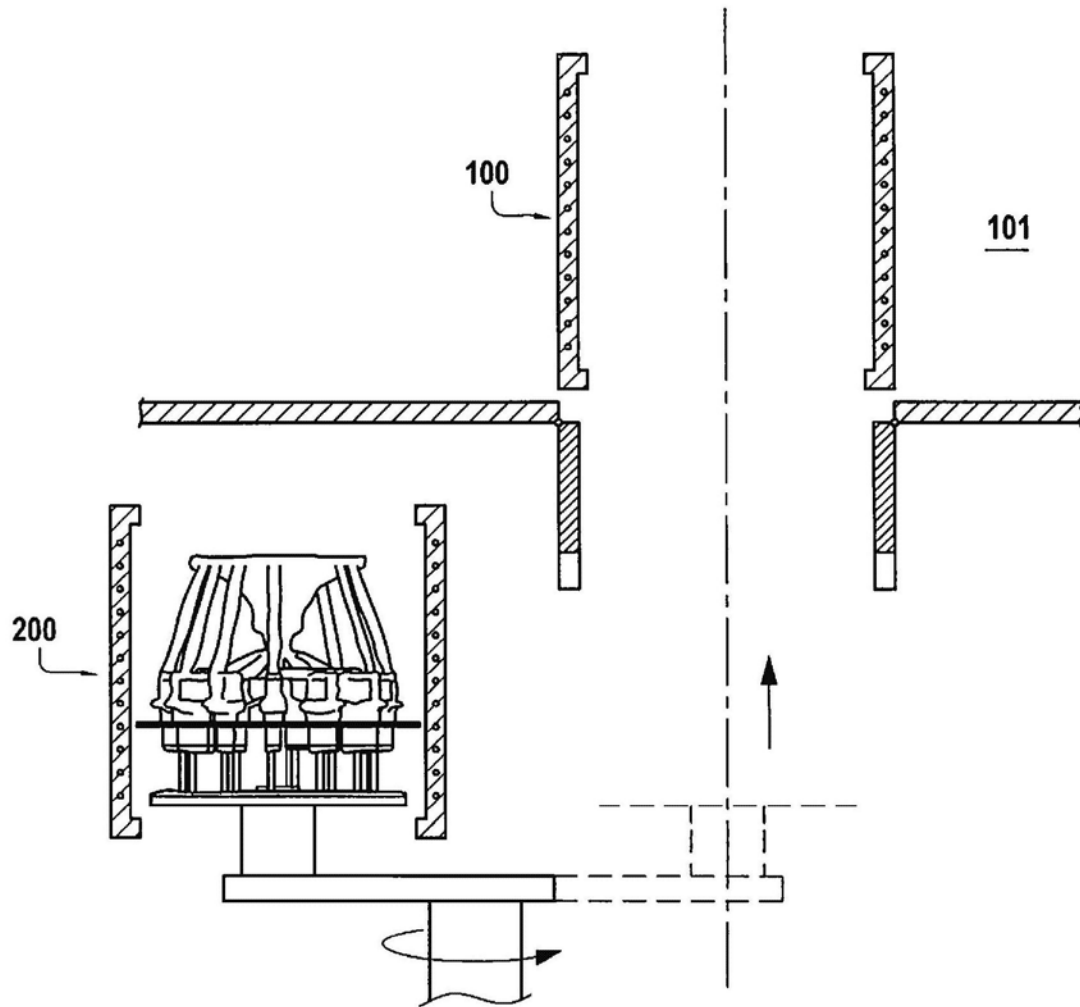


图8