



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117489727 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 02

(21) 申请号 202311617556.0

(22) 申请日 2023.11.30

(71) 申请人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

(72) 发明人 姚曙光 周亿莉 许平 阳程星

(74) 专利代理机构 长沙市融智专利事务所(普通合伙) 43114

专利代理师 颜勇

(51) Int. Cl.

F16D 65/12 (2006.01)

F16D 65/847 (2006.01)

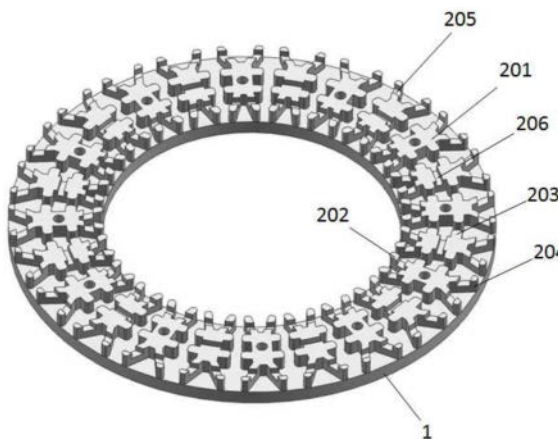
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种并型碳陶轮装制动盘

(57) 摘要

本发明公开了一种并型碳陶轮装制动盘,包括摩擦盘和多个散热筋,各散热筋沿摩擦盘圆周均匀布置,所述散热筋为并型散热筋。所述并型散热筋包括主体部、第一、第二、第三延伸部,所述第一延伸部设在主体部内侧边并由主体部向摩擦盘圆周内侧延伸,所述第二延伸部设在主体部外侧边并由主体部向摩擦盘圆周外侧延伸,所述第三延伸部设在主体部中部侧边并由主体部沿摩擦盘圆周切向延伸。本申请的并型碳陶轮装制动盘,采用的并型散热筋能有效降低极限最高温度,显著降低了结构质量,满足减轻列车簧下质量的轻量化设计理念,有利于提高列车运行平稳性。内部的流体流动曲线更加流畅,传热速率有了极大的提高,同时产品制动时,盘面的温度分布更为均匀。



1. 一种并型碳陶轮装制动盘,包括摩擦盘(1)和多个散热筋,各散热筋沿摩擦盘(1)圆周均匀布置,其特征在于:所述散热筋为并型散热筋(2);

所述并型散热筋(2)包括主体部(201)、第一延伸部(202)、第二延伸部(203)和第三延伸部(204),所述第一延伸部(202)设在主体部(201)内侧边并由主体部(201)向摩擦盘(1)圆周内侧延伸,所述第二延伸部(203)设在主体部(201)外侧边并由主体部(201)向摩擦盘(1)圆周外侧延伸,所述第三延伸部(204)设在主体部(201)中部侧边并由主体部(201)沿摩擦盘(1)圆周切向延伸。

2. 根据权利要求1所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:所述并型散热筋(2)设有两个第一延伸部(202),各第一延伸部(202)均沿远离主体部(201)轴线方向延伸且与摩擦盘(1)圆周径向的夹角为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$;

所述并型散热筋(2)设有两个第三延伸部(204),各第三延伸部(204)均沿远离主体部(201)轴线方向延伸且与摩擦盘(1)圆周径向的夹角为 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。

3. 根据权利要求1所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:所述第一延伸部(202)延伸至摩擦盘(1)的内圆环线上,相邻两个并型散热筋(2)的第一延伸部(202)之间的间距为 $18\text{mm} \sim 20\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:所述第三延伸部(204)延伸至摩擦盘(1)的外圆环线上,相邻两个并型散热筋(2)的第三延伸部(204)之间的间距为 $6\text{mm} \sim 8\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求4所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:所述第一延伸部(202)和第三延伸部(204)均设有沿摩擦盘(1)圆周切向延伸的第一导流槽(205)。

6. 根据权利要求4所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:部分并型散热筋(2)的主体部(201)中设有沿摩擦盘(1)圆周切向延伸的第二导流槽(206),另一部分未开设第二导流槽(206)的散热筋的主体部(201)中设有螺栓孔,两种并型散热筋(2)间隔设置在摩擦盘(1)上。

7. 根据权利要求4所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:所述摩擦盘(1)包括摩擦表层(101)和摩擦中层(102),其中并型散热筋(2)设在摩擦中层(102)。

8. 根据权利要求5所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:所述摩擦表层(101)为陶瓷材料,所述摩擦中层(102)为碳陶复合材料,所述摩擦表层(101)和摩擦中层(102)的厚度比为 $0.15 \sim 0.16$ 。

9. 根据权利要求1所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:

所述并型散热筋(2)的厚度为 $24\text{mm} \sim 25\text{mm}$;

所述摩擦盘(1)的厚度为 $21\text{mm} \sim 23\text{mm}$ 。

10. 根据权利要求1所述的并型碳陶轮装制动盘,其特征在于:所述并型散热筋(2)设有四个第二延伸部(203),沿主体部(201)轴线对称设置各两个第二延伸部(203);

所述并型散热筋(2)采用碳陶复合材料且与摩擦盘(1)一体化成型。

所述第一延伸部(202)、第二延伸部(203)和第三延伸部(204)的末端均设有半径 $5\text{mm} \sim 7\text{mm}$ 倒圆角。

一种并型碳陶轮装制动盘

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆制动盘技术领域,具体涉及一种并型碳陶轮装制动盘。

背景技术

[0002] 高速、轻量化是世界高速列车的发展趋势,空气制动技术是保障列车安全可靠的最后一道防线,而复杂的工作环境和巨大的制动功率对制动盘构型和制动材料提出了更高的要求。

[0003] 时速400km高速列车纯空气制动时制动盘承受的制动能量密度大于 $450\text{J}/\text{mm}^2$,制动盘表面瞬间温度高达 1000°C ,巨大的制动热负荷使制动盘产生很大的温度梯度,并由此产生热应力。如图12所示,不均匀温度差和热应力的循环作用导致制动盘产生细微的裂纹,反复制动过程中裂纹不断扩展,制动盘会产生疲劳断裂。现有的制动盘结构如图13所示的为圆柱形和直肋型结构。为了防止由热裂纹引起疲劳断裂,制动盘体必须具有好的抗热裂性、耐磨性、导热性和摩擦制动性能。现有的轮装制动盘仍需在结构上进一步优化,以便具备更佳的散热性能和温度分布梯度。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种并型碳陶轮装制动盘,以实现高效的通风散热效果和均匀的温度分布梯度。

[0005] 本发明通过以下技术手段解决上述问题:

[0006] 一种并型碳陶轮装制动盘,包括摩擦盘和多个散热筋,各散热筋沿摩擦盘圆周均匀布置,所述散热筋为并型散热筋。

[0007] 制动盘制动过程产生的热量主要通过热传导和热对流耗散,因而散热筋的设计需要同时兼顾热传导和热对流的效果。在现有技术中,散热筋通常为圆柱型和直肋型结构。而在本发明中,开创性地设计了并型结构的散热筋,能有效降低制动盘的极限最高温度,在同样散热效果的情况下显著降低了结构质量。

[0008] 并型结构是通过拓扑优化实现传热材料设计得到的微结构构型,以实现结构较好的热传导性能,热量由高温传向低温时存在热传递势容耗散,并型结构设计是以整体热量传递势容最小为优化目标设计的。制动过程中的热量来源于摩擦表面,摩擦层将表面温度向厚度方向的低温部分传递,进而传递到并型散热筋结构上,并型散热筋材料向四周延伸的结构设计形成了高导热通道,相比通过空气来交换热量,固体材料保证了高效的热传导,且并型形状有足够的对流换热面积,能将传递到结构表面的热量通过周围空气的对流作用充分耗散,高效的热传导和热对流共同作用实现制动盘的快速降温,保证了制动盘的温度均匀性。进一步,所述并型散热筋包括主体部、第一延伸部、第二延伸部和第三延伸部,所述第一延伸部设在主体部内侧边并由主体部向摩擦盘圆周内侧延伸,所述第二延伸部设在主体部外侧边并由主体部向摩擦盘圆周外侧延伸,所述第三延伸部设在主体部中部侧边并由主体部沿摩擦盘圆周切向延伸。本发明通过在主体部上设置多个方向的延伸部,能够

充分引导气体的流动,流动曲线更加对齐进气入口,并使得空气质量流量增加,传热速率有了极大的提高。

[0009] 进一步,所述并型散热筋设有两个第一延伸部,各第一延伸部均沿远离主体部轴线方向延伸且与摩擦盘圆周径向的夹角为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$,优选为 20° 。

[0010] 进一步,所述并型散热筋设有两个第三延伸部,各第三延伸部均沿远离主体部轴线方向延伸且与摩擦盘圆周径向的夹角为 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$,优选为 30° 。

[0011] 进一步,所述第一延伸部延伸至摩擦盘的内圆环线上,相邻两个并型散热筋的第一延伸部之间的间距为 $18\text{mm} \sim 20\text{mm}$,优选为 19mm 。

[0012] 进一步,所述第三延伸部延伸至摩擦盘的外圆环线上,相邻两个并型散热筋的第三延伸部之间的间距为 $6\text{mm} \sim 8\text{mm}$,优选为 7mm 。

[0013] 进一步,所述第一延伸部和第三延伸部均设有沿摩擦盘圆周切向延伸的第一导流槽。

[0014] 进一步,部分并型散热筋的主体部中设有沿摩擦盘圆周切向延伸的第二导流槽,另一部分未开设第二导流槽的散热筋的主体部中设有螺栓孔,两种并型散热筋间隔设置在摩擦盘上。

[0015] 进一步,所述摩擦盘包括摩擦表层和摩擦中层,其中并型散热筋设在摩擦中层。

[0016] 进一步,所述摩擦表层为陶瓷材料,所述摩擦中层为碳陶复合材料,所述摩擦表层和摩擦中层的厚度比为 $0.15 \sim 0.16$ 。

[0017] 进一步,所述并型散热筋的厚度为 $24\text{mm} \sim 25\text{mm}$,优选为 24.5mm 。

[0018] 进一步,所述摩擦盘的厚度为 $21\text{mm} \sim 23\text{mm}$,优选为 22mm 。

[0019] 进一步,所述并型散热筋设有四个第二延伸部,沿主体部轴线对称设置各两个第二延伸部。

[0020] 进一步,所述并型散热筋采用碳陶复合材料且与摩擦盘一体化成型。

[0021] 进一步,所述第一延伸部、第二延伸部和第三延伸部的末端均设有半径 $5\text{mm} \sim 7\text{mm}$ 倒圆角,优选为 6mm 倒圆角。

[0022] 本发明的有益效果:

[0023] 一、本发明的并型碳陶轮装制动盘,采用的并型散热筋结构使材料在摩擦盘上形成了发散树枝形状,从而能有效降低制动盘的极限最高温度,在同等散热效果的情况下显著降低了结构重量,满足减轻列车簧下质量的轻量化设计理念,有利于提高列车运行平稳性。

[0024] 二、采用延伸部和导流槽的结构形式,兼顾了制动盘转动和列车向前运行的空气流动。导流槽使制动盘内部的流体流动曲线更加流畅,延伸部的角度设置使空气流动曲线更加对齐进气入口,并使得空气质量流量增加,传热速率有了极大的提高,同时也为实现产品制动时,盘面的温度分布更为均匀提供了必要条件。

[0025] 三、通过设置第二延伸部可以对相邻并型散热筋之间的空气进行扰动,使局部热交换得到加强,达到提高换热效果的作用。第二延伸部还能增加支撑层散热筋板的密度,提高制动盘的热容量,且不增加支撑层进出口的泵风功耗。

[0026] 四、将摩擦盘分为摩擦表层和摩擦中层,摩擦表层采用陶瓷材料,具有耐高温、耐磨损和抗氧化能力的特性,而摩擦中层采用碳陶复合材料,具有比热容大、抗热冲击和轻质

耐高温的特性,形成的摩擦盘结构综合了碳纤维复合材料和陶瓷材料的优点。

附图说明

- [0027] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步描述。
- [0028] 图1为本发明优选实施例的第一视角结构示意图；
- [0029] 图2为本发明优选实施例的第二视角结构示意图；
- [0030] 图3为并型散热筋的放大图(未示出导流槽)；
- [0031] 图4为并型散热筋的导流槽示意图；
- [0032] 图5为第一延伸部和第三延伸部角度示意图(未示出导流槽)；
- [0033] 图6为第一延伸部和第三延伸部角度变化对温度变化的影响曲线图；
- [0034] 图7为并型散热筋区域的细节图；
- [0035] 图8为优选实施例的俯视图；
- [0036] 图9为紧急制动制动盘最高平均温度对比图；
- [0037] 图10为本发明与现有技术的温度均匀性对比图；
- [0038] 图11为本发明与现有技术的制动盘内部空气流动示意图；
图12为现有的制动盘产生热裂纹示意图；
图13为现有的制动盘的圆柱形和直肋型结构示意图。
- [0039] 附图标记:1、摩擦盘;101、摩擦表层;102、摩擦中层;2、并型散热筋;201、主体部;202、第一延伸部;203、第二延伸部;204、第三延伸部;205、第一导流槽;206、第二导流槽。

具体实施方式

[0040] 下面通过附图和实施例对本发明进一步详细说明。通过这些说明,本发明的特点和优点将变得更为清楚明确。显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0041] 术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0042] 如图1-8所示,本发明实施公开了一种并型碳陶轮装制动盘,包括摩擦盘1和多个散热筋,各散热筋沿摩擦盘1圆周均匀布置,所述散热筋为并型散热筋2。所述并型散热筋2包括主体部201、第一延伸部202、第二延伸部203和第三延伸部204,所述第一延伸部202设在主体部201内侧边并由主体部201向摩擦盘1圆周内侧延伸,所述第二延伸部203设在主体部201外侧边并由主体部201向摩擦盘1圆周外侧延伸,所述第三延伸部204设在主体部201中部侧边并由主体部201沿摩擦盘1圆周切向延伸。

[0043] 更加具体的,参考图1、图5和图6,并型散热筋2设有两个第一延伸部202,各第一延伸部202均沿远离主体部201轴线方向延伸且与摩擦盘1圆周径向的夹角为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。考虑到盘体温度分布均匀性及对散热筋内部的流体扰动,本实施例中选择上述夹角为 20° 。要说明的是,主体部201轴线方向指的是以与摩擦盘1的径向方向相同,且将主体部201对称分的中轴线。

[0044] 并型散热筋2设有两个第三延伸部204,各第三延伸部204均沿远离主体部201轴线方向延伸且与摩擦盘1圆周径向的夹角为 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。如图6所示,第三延伸部204角度变化对温度影响较大,经过试验测定该角度为 30° 时最高平均温度最低,因此本实施例中选择上述夹角为 30° ,使空气对散热筋冲击增强,从而强化局部换热,提高冷却性能提高。

[0045] 在本实施例中,并型散热筋2设有四个第二延伸部203,沿主体部201轴线对称设置各两个第二延伸部203。第二延伸部203可以对散热筋内部的空气进行扰动,使局部热交换得到加强,达到提高换热效果的作用,这种周向分布的第二延伸部203结构还能增加支撑层散热筋板的密度,提高制动盘的热容量。且不增加支撑层进出口的泵风功耗。

[0046] 参考图1和图7,第一延伸部202延伸至摩擦盘1的内圆环线上,相邻两个并型散热筋2的第一延伸部202之间的间距为18mm~20mm,在本实施例中选择为19mm。第三延伸部204延伸至摩擦盘1的外圆环线上,相邻两个并型散热筋2的第三延伸部204之间的间距为6mm~8mm,在本实施例中选择为7mm。

[0047] 参考图1和图7,第一延伸部202和第三延伸部204均设有沿摩擦盘1圆周切向延伸的第一导流槽205。部分并型散热筋2的主体部201中设有沿摩擦盘1圆周切向延伸的第二导流槽206,另一部分未开设第二导流槽206的散热筋的主体部201中设有螺栓孔,两种并型散热筋2间隔设置在摩擦盘1上。通过导流槽使散热筋内部的气体流动曲线更加流畅,提高传热速率。螺栓孔是用于将制动盘与外部设备固定连接。仅在未开设第二导流槽206的部位开设有螺栓孔,以保证螺栓孔的深度。同时开设螺栓孔与未开设螺栓孔的散热筋间隔均匀布置,使后续螺栓连接更加稳固。

[0048] 参考图2,摩擦盘1包括摩擦表层101和摩擦中层102,其中并型散热筋2设在摩擦中层102。摩擦表层101结构设计为耐高温、耐磨损、抗氧化能力的涂层材料,例如陶瓷材料,可结合表面改性技术在摩擦中层102结构表面上进行陶瓷材料激光熔覆实现。摩擦中层102结构采用比热容大,抗热冲击、轻质耐高温的碳陶复合材料,碳陶复合材料的密度为 $2300\text{kg}/\text{m}^3$,且具有导热各向异性,相比铸钢等金属材料,质量大大降低,但热容量也相应地减小,碳纤维增韧陶瓷材料综合了碳纤维复合材料和陶瓷材料的优点,具有耐高温、抗氧化和耐磨损等优点。

[0049] 摩擦盘的厚度直接影响制动过程中温度场的分布,由于紧急制动时间相对较短,列车的动能将在短时间内转换为制动产生的热量,并集中在制动盘与闸片的接触面。如果制动盘摩擦环的厚度不足,热容量较小,将会导致制动盘温度的快速上升,使制动盘处于强度、硬度较低的高温状态,降低制动盘的可靠性。但由于制动的热量在摩擦面集中输入,热量在材料中的传导需要一定的过程,无限制的增加制动盘摩擦环厚度不但不会起到持续降低制动温度的作用,反而使材料成本与列车簧下重量增加,不利于经济性与列车运行的稳定性,无限制的增加制动盘摩擦环厚度也不利于制动盘对流散热。因此,使并型散热筋的厚度为24mm~25mm,摩擦盘的厚度为21mm~23mm。在本实施例中,优选并型散热筋的厚度为24.5mm,摩擦盘的厚度为22mm。通过调整摩擦表层和摩擦中层的厚度比,一方面能降低极限温度,防止制动盘因盘面温度过高发生翘曲,另一方面也能增加保证盘体有足够的强度。本发明中摩擦表层和摩擦中层的厚度比为0.15~0.16。其中基于表面改性技术及制动磨损需求,设计摩擦表层厚度为3mm,摩擦中层厚度为19mm。

[0050] 在本实施例中,并型散热筋2采用碳陶复合材料且与摩擦盘1一体化成型,这是考

考虑到碳陶复合材料成型工艺,以防止较小尺寸的散热筋发生脱落现象。

[0051] 参考图7,第一延伸部202、第二延伸部203和第三延伸部204的末端均设有半径5mm~7mm倒圆角,本实施例中优选为6mm倒圆角。

[0052] 如图9和下列表1所示,为本实施例的并型碳陶轮装制动盘和350km/h铸钢制动盘在紧急制动下最高平均温度对比,从图中可以看出,无论是制动盘静止在空气中的散热效果还是转动时的通风特性,并型轮装制动盘相比350km/h铸钢制动盘都具有明显优势,静止时并型轮装制动盘相比铸钢制动盘最高温度低11.80℃,转动时并型轮装制动盘相比铸钢制动盘最高温度低32.26℃。可以看出,本发明的并型碳陶轮装制动盘具备更好的散热效果。

[0053]	构型	350km/h静止	350km/h转动	并型静止	并型转动
	最高温度/℃	785.31	820.12	773.51	787.86

[0054] 表1

[0055] 如图10所示,图10(a)是本发明的并型制动盘,图10(b)是现有技术中的350km/h制动盘。可以看出,制动盘高温区域集中在盘体表面,并型结构和350km/h的制动盘温度分布比较可得,并型制动盘的表面温度分布均匀,高温区域在盘体边缘,分布范围较小,最高平均温度为785℃,350km/h制动盘盘面温度分布具有较大梯度,盘体的中间和外边缘都有高温区域,而中间温度较低,温度梯度大。

[0056] 如图11所示,图11(a)是本发明的并型制动盘,图11(b)是现有技术中的350km/h制动盘。可以看出,相较于350km/h的制动盘,并型制动盘散热筋结构周围空气形成涡流,在散热筋延伸部设计处的空气流速较大,通过空气带走的热量相对较多,350km/h制动盘的在迎风侧的流速较大,但散热筋中部和背风侧流速较低。可见并型散热筋制动盘在长时间制动时较于350km/h制动盘在均匀散热方面有更大优势。

[0057] 上述本发明所公开的任一技术方案除另有声明外,如果其公开了数值范围,那么公开的数值范围均为优选的数值范围,任何本领域的技术人员应该理解:优选的数值范围仅仅是诸多可实施的数值中技术效果比较明显或具有代表性的数值。由于数值较多,无法穷举,所以本发明才公开部分数值以举例说明本发明的技术方案,并且,上述列举的数值不应构成对本发明创造保护范围的限制。

[0058] 另外,上述本发明公开的任一技术方案中所应用的用于表示位置关系或形状的术语除另有声明外其含义包括与其近似、类似或接近的状态或形状。本发明提供的任一部件既可以是由多个单独的组成部分组装而成,也可以为一体成形工艺制造出来的单独部件。

[0059] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

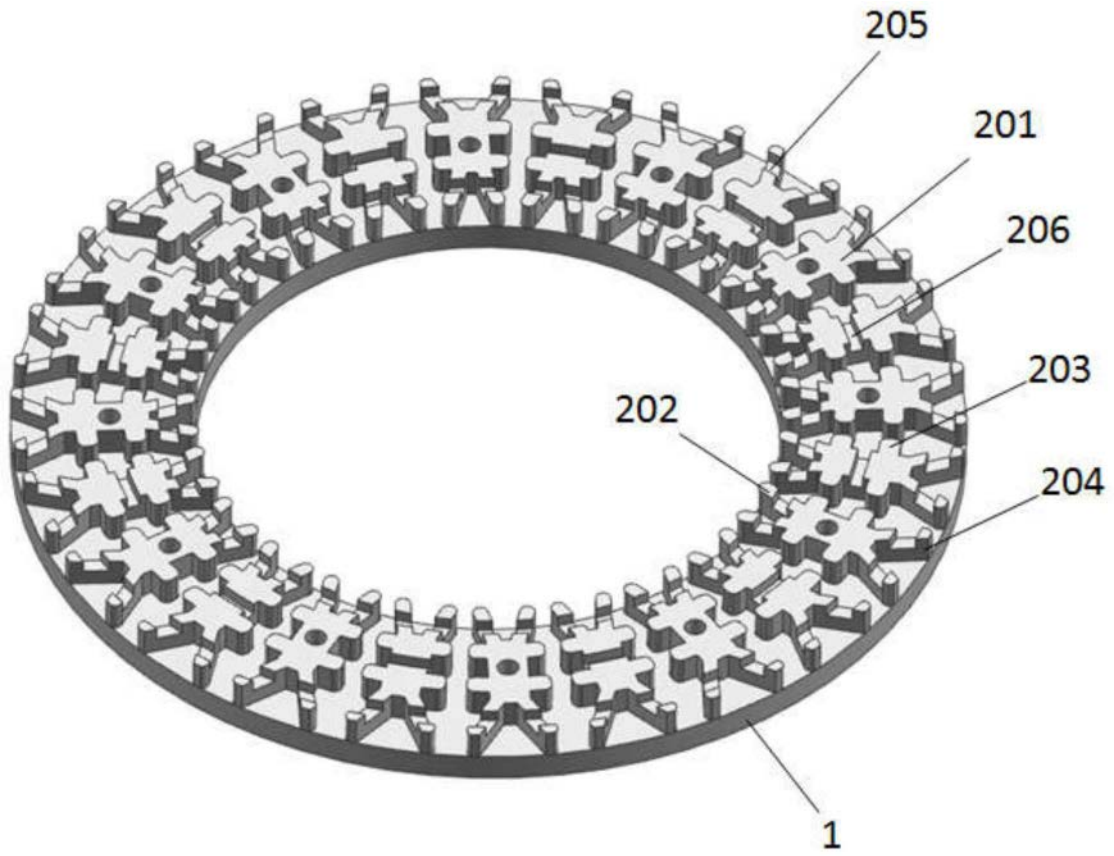


图1

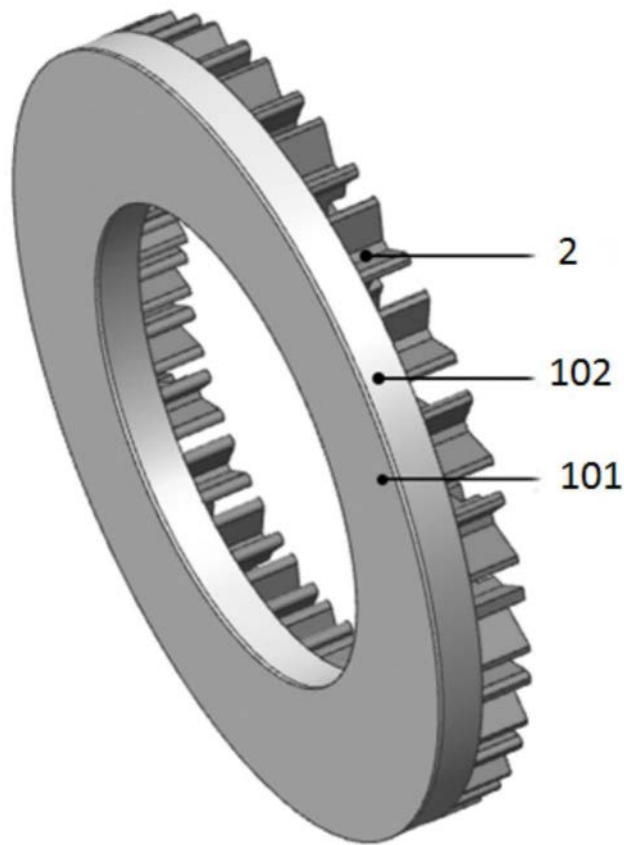


图2

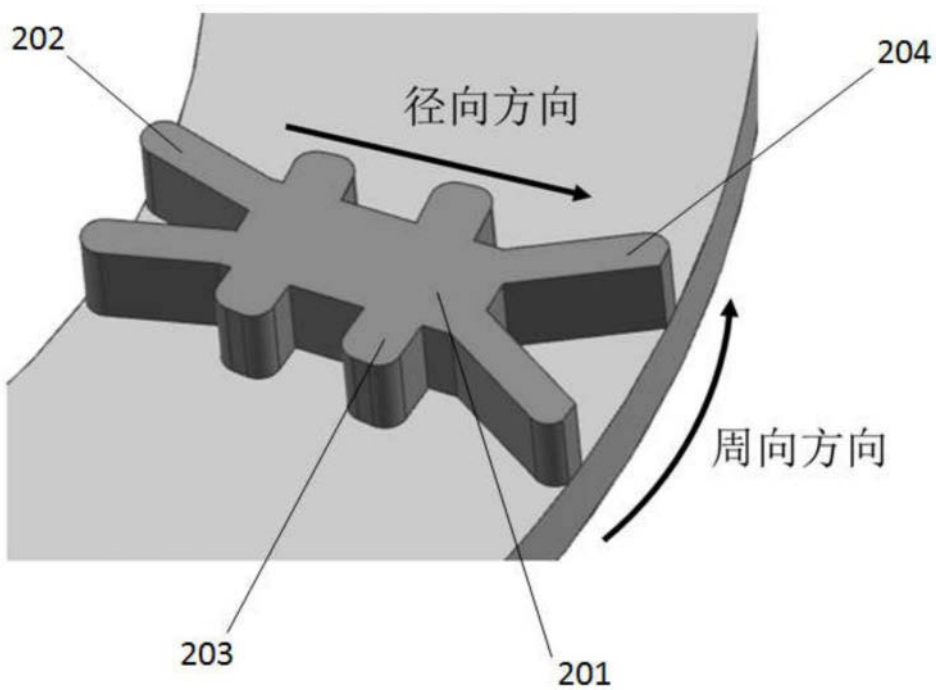


图3

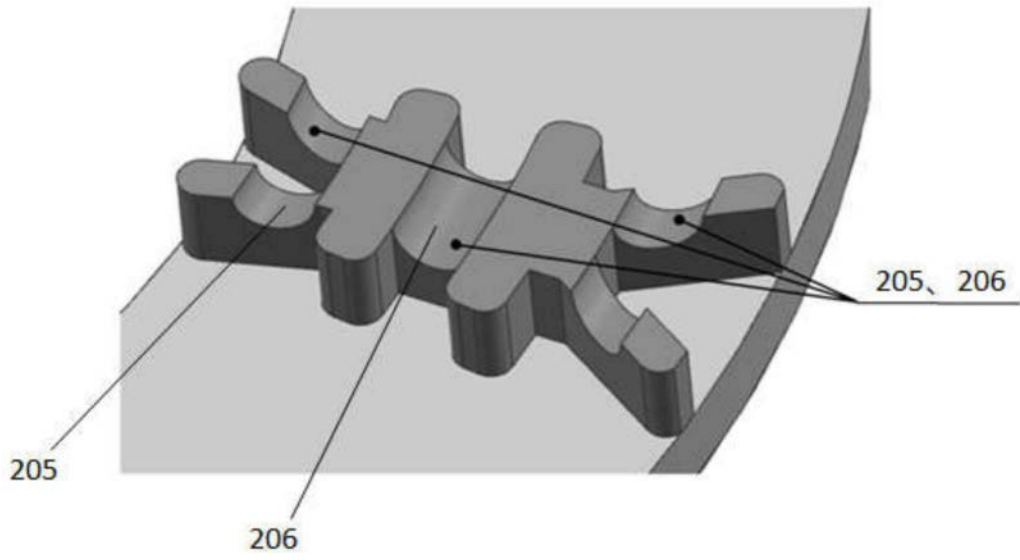


图4

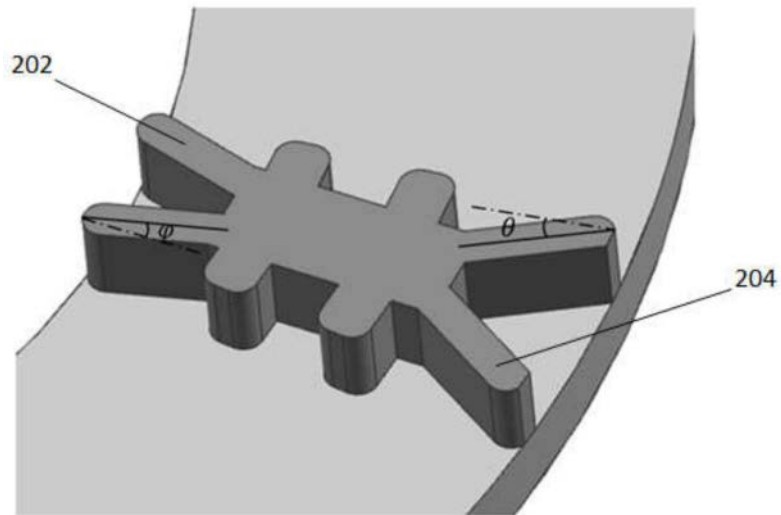


图5

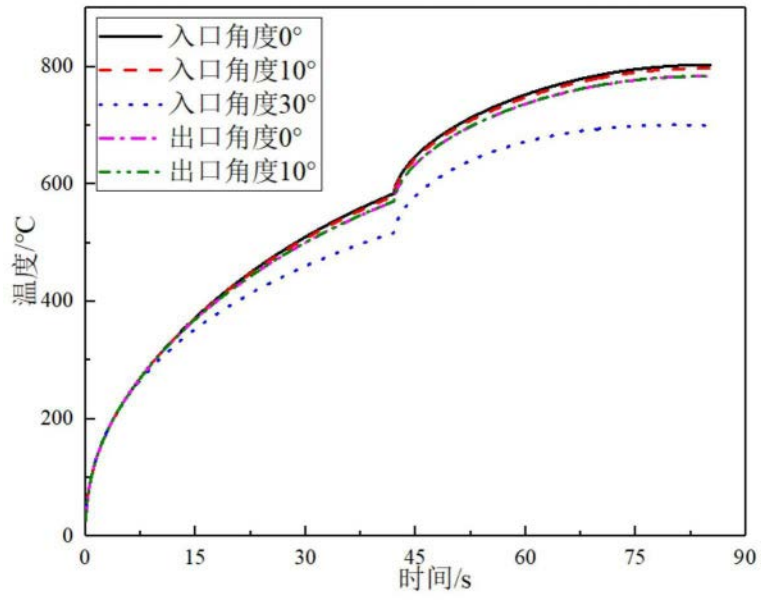


图6

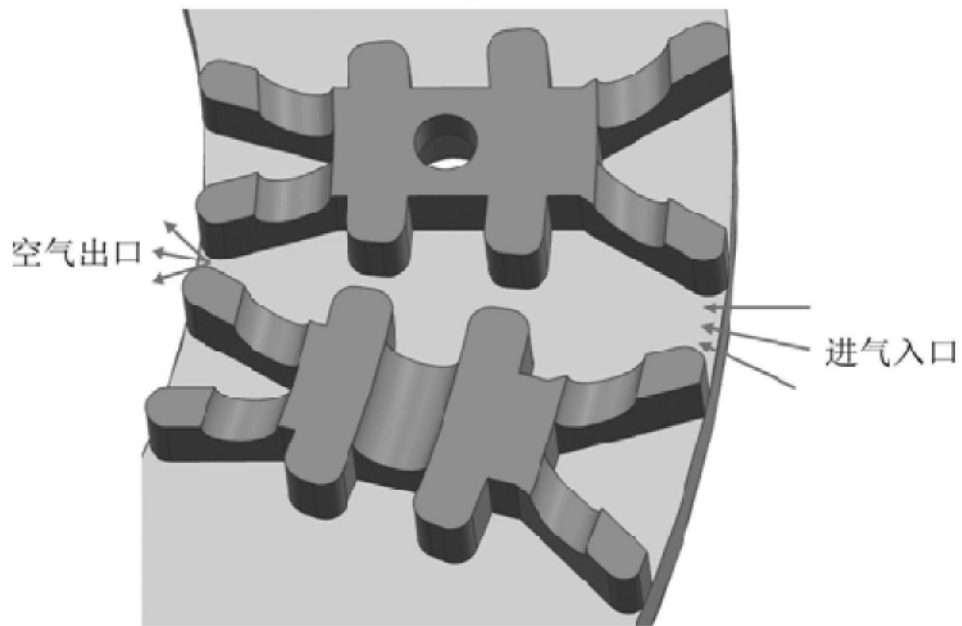


图7

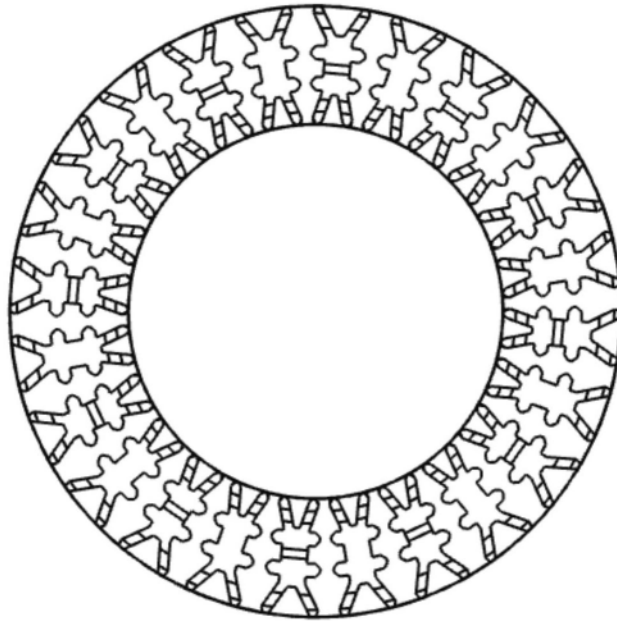


图8

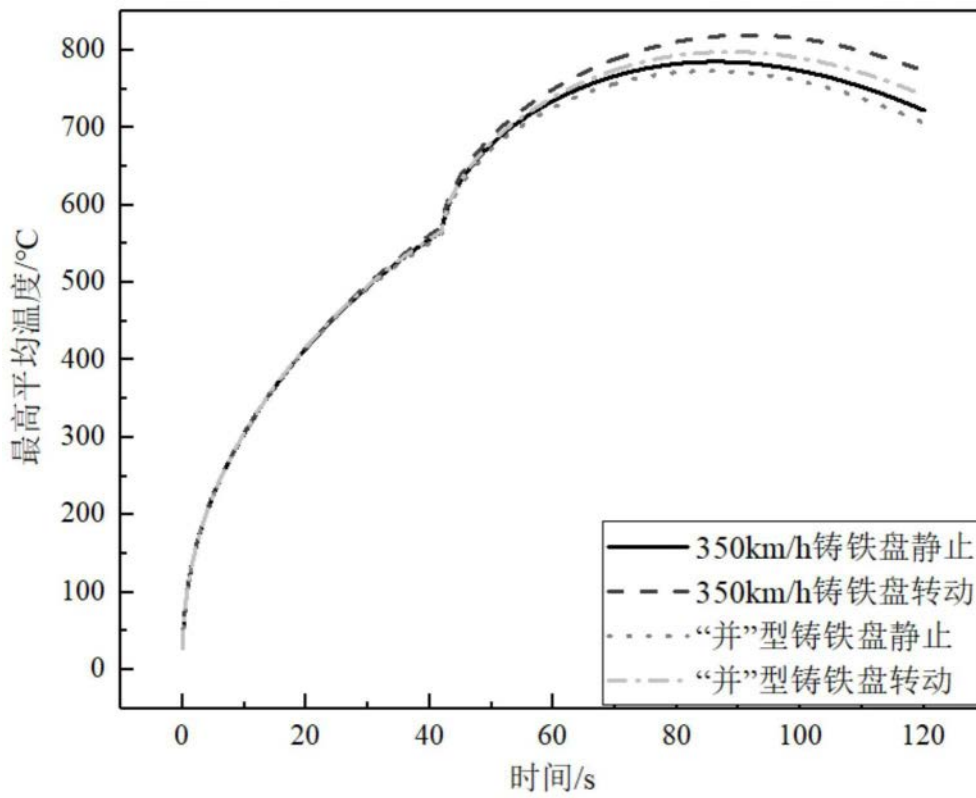


图9

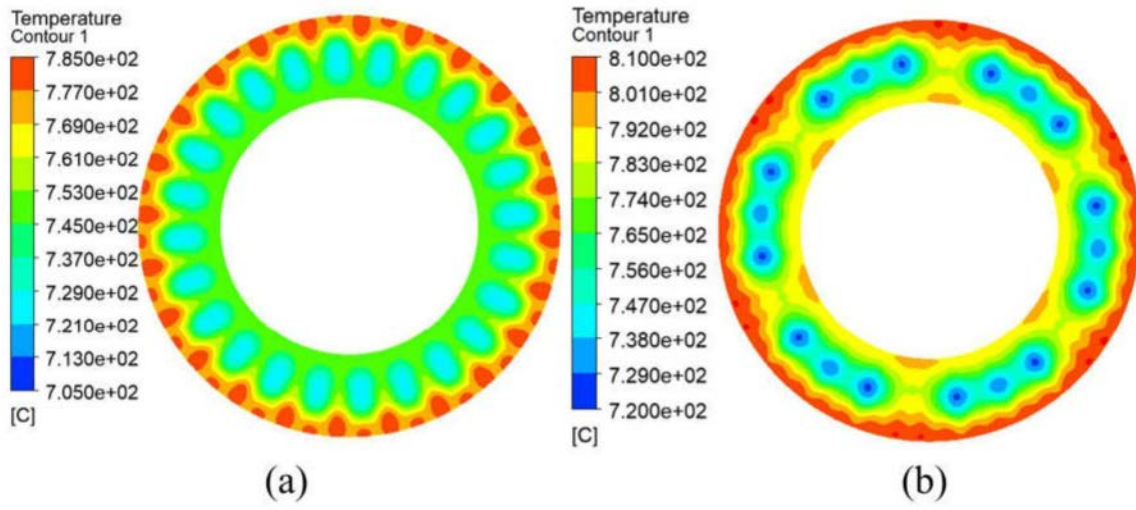


图10

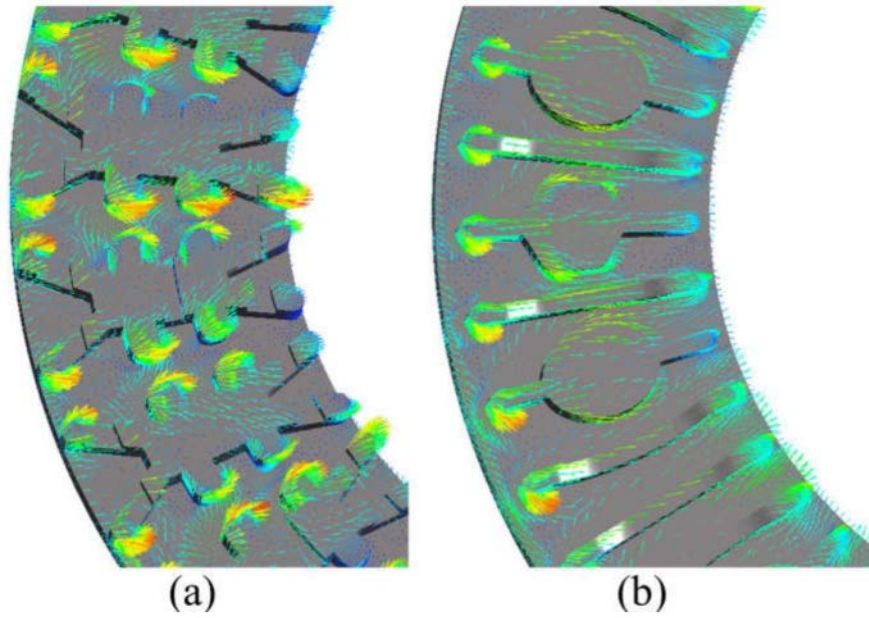


图11

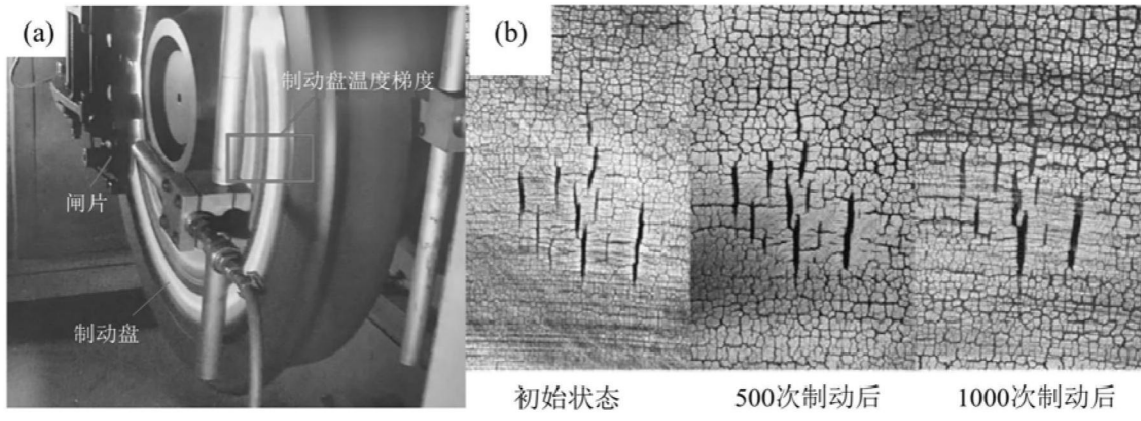


图12

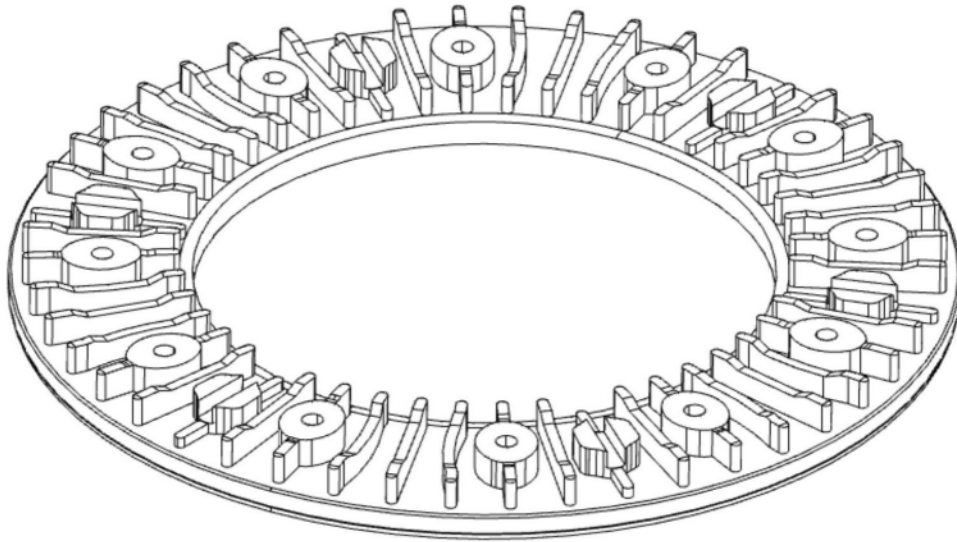


图13