



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112254925 B

(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 202011110533.7

审查员 冯玮

(22) 申请日 2020.10.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112254925 A

(43) 申请公布日 2021.01.22

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 李逸翔 罗凯 汪球

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 焦海峰

(51) Int. Cl.

G01M 10/00 (2006.01)

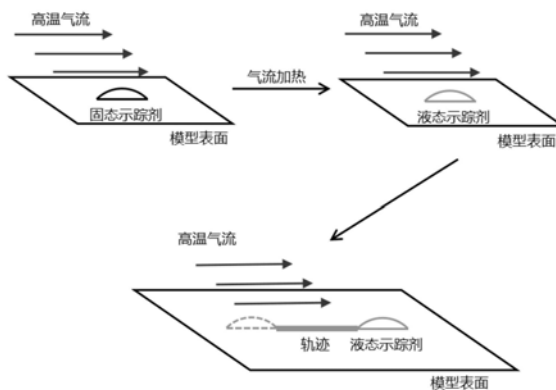
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于熔流示踪的流场显示方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于熔流示踪的流场显示方法,具体包括如下步骤:(1)实验前,制备涂有固态示踪剂的模型;(2)将涂有固态示踪剂的模型置于高温流场中,根据固态示踪剂中示踪物质的物理性质,在流场的温度高于固态示踪剂的熔点时,固态示踪剂在高温气流的作用下熔化,同时由于高温气流的剪切作用,熔融状态下的示踪物质在模型表面形成流谱。固态示踪剂能适应高温流场条件,可以大大扩展流体表面示踪方法应用的温度范围;可以对固态示踪剂进行机械加工;涂有该类固态示踪剂的模型可以放置,且方便保存,为实验提供便利;且固态示踪剂便于储存与运输。



1. 一种基于熔流示踪的流场显示方法,其特征在于,具体包括如下步骤:

(1) 实验前,制备涂有固态示踪剂的模型;

(2) 将涂有固态示踪剂的模型置于高温流场中,根据固态示踪剂中示踪物质的物理性质,在流场的温度高于固态示踪剂的熔点时,固态示踪剂在高温气流的作用下熔化,同时由于高温气流的剪切作用,熔融状态下的示踪物质在模型表面形成流谱;

所述固态示踪剂的外形通过打磨装置加工,打磨装置包括打磨罩、旋转机构、集料仓,打磨罩设置为中空球形壳体,打磨罩的外壁等间距排布设置有镂空孔,打磨罩通过旋转机构和集料仓连接,通过旋转机构控制集料仓沿着打磨罩旋转收集多余的固态示踪剂。

2. 根据权利要求1所述一种基于熔流示踪的流场显示方法,其特征在于,所述步骤(1)中涂有示踪剂的模型的制备方法为:通过对模型表面开槽的方式进行示踪剂的加固。

3. 根据权利要求1所述一种基于熔流示踪的流场显示方法,其特征在于,所述步骤(1)中涂有示踪剂的模型的制备方法为:通过打磨方式对示踪剂的固态形貌进行加工。

4. 根据权利要求1所述一种基于熔流示踪的流场显示方法,其特征在于,所述步骤(1)中涂有示踪剂的模型的制备方法为:固态示踪剂通过加热至熔化转变成液态示踪剂,通过将液态示踪剂涂抹于模型表面冷却形成固态示踪剂。

5. 根据权利要求2-4任意一项所述一种基于熔流示踪的流场显示方法,其特征在于,所述固态示踪剂在模型表面呈向外鼓起的形状。

6. 根据权利要求1所述一种基于熔流示踪的流场显示方法,其特征在于,所述旋转机构包括定位套筒、旋转柱和旋转支架,定位套筒设置在打磨罩顶端,旋转支架的顶端分别和旋转把手、旋转柱连接为一体式结构,旋转柱活动嵌设在定位套筒内,旋转支架的底端和集料仓连接,集料仓和打磨罩外壁呈相切式排布设置弧形刮板。

7. 根据权利要求1所述一种基于熔流示踪的流场显示方法,其特征在于,所述步骤(1)和步骤(2)中采用锡、锌金属的纯净物或混合物作为示踪剂。

## 一种基于熔流示踪的流场显示方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于流体实验技术领域,具体涉及一种基于熔流示踪的流场显示方法。

### 背景技术

[0002] 对于某一流场的研究,人们首要关注的是它的流动速度场。在各类流动实验中,其中一个重点关注内容便是模型表面的流速分布情况。对于显示模型表面流场分布的技术方法,应用比较广泛的是油流示踪法。

[0003] 传统油流示踪法操作:实验前,用细管或者鸭嘴笔将油流示踪剂按一定间隔均匀地滴在模型表面。油滴滴在表面上时稍微鼓起,实验过程中,模型表面附近的气流剪切力作用于油滴,使之变形,并沿表面气流的方向流动,从而在壁面上留下流动的痕迹,形成表面油流图像。

[0004] 然而对于许多流体实验,具有高温气流的实验条件往往更接近于真实状况。对于高温流场这一类实验条件,人们通常可采用PIV示踪法、光学法等手段进行流动速度场的显示。对于PIV方法,首先其测量系统价格比较昂贵,其次对模型表面速度场测量实际上是3维流场测量,实验准备工作比较复杂、难度大;然而光学方法只能对流场空间中的点进行观测而并非是模型表面的点;对于使用液态示踪剂的油流法而言,由于液态示踪剂的沸点较低,高温流体会使示踪剂出现沸腾的情况,这样,油流示踪法便会失效,不再适用于高温流场模型表面的流场显示。因此,如何研发一种新型的熔流示踪法,大大扩展该类方法使用的温度范围,具有重要的现实意义。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的鲜有类似的示踪方法,具有类似功能的较为流行的PIV方法可以用来测量速度场,但是PIV方法,尤其是三维PIV法,存在实验难度大、复杂度高,且仪器成本高昂的技术问题,本发明的目的在于提供一种基于熔流示踪的流场显示方法,大大扩展该类方法使用的温度范围,同时在常温下,熔流法的示踪剂是固态,方便机械加工、存放以及运输。

[0006] 本发明采取的技术方案为:

[0007] 一种基于熔流示踪的流场显示方法,具体包括如下步骤:

[0008] (1) 实验前,制备涂有固态示踪剂的模型;

[0009] (2) 将涂有固态示踪剂的模型置于高温流场中,根据固态示踪剂中示踪物质的物理性质,在流场的温度高于固态示踪剂的熔点时,固态示踪剂在高温气流的作用下熔化,同时由于高温气流的剪切作用,熔融状态下的示踪物质在模型表面形成流谱。

[0010] 进一步的,所述步骤(1)中涂有示踪剂的模型的制备方法为:通过对模型表面开槽的方式进行示踪剂的加固。

[0011] 进一步的,所述步骤(1)中涂有示踪剂的模型的制备方法为:通过打磨方式对示踪剂的固态形貌进行加工,即对涂抹完毕的模型表面的固态示踪剂进行打磨修。

[0012] 进一步的,所述步骤(1)中涂有示踪剂的模型的制备方法为:固态示踪剂通过加热至熔化转变成液态示踪剂,通过将液态示踪剂涂抹于模型表面冷却形成固态示踪剂。

[0013] 更进一步的,所述固态示踪剂在模型表面呈向外鼓起的形状。

[0014] 进一步的,所述固态示踪剂的外形通过打磨装置加工,打磨装置包括打磨罩、旋转机构、集料仓,打磨罩设置为中空球形壳体,打磨罩的外壁等间距排布设置有镂空孔,打磨罩通过旋转机构和集料仓连接,通过旋转机构控制集料仓沿着打磨罩旋转收集多余的固态示踪剂。

[0015] 更进一步的,所述旋转机构包括定位套筒、旋转柱和旋转支架,定位套筒设置在打磨罩顶端,旋转支架设置为倒“L”形结构,旋转支架的顶端分别和旋转把手、旋转柱连接为一体式结构,旋转柱活动嵌设在定位套筒内,旋转支架的底端和集料仓连接,集料仓和打磨罩外壁呈相切式排布设置弧形刮板。

[0016] 进一步的,所述步骤(1)和步骤(2)中采用锡、锌金属的纯净物或混合物作为示踪剂。

[0017] 进一步的,固态示踪剂材料的选取,可以参考焊接材料的相关参数。由于焊接所采用的材料熔点较低,所以与本发明中使用的示踪剂特性较为符合,具有一定的参考价值。对于低熔点(如200℃左右)的示踪剂材料,可采用诸如锡及其合金等作为固态示踪剂材料,这是因为锡的相关材料在低温焊接中应用很广泛,而且性质较为稳定、质地柔软,有利于实验操作。

[0018] 进一步的,固态示踪剂材料的选取,尽量避免示踪剂与流场中的流体产生反应;流场持续的时间过短会导致固态示踪剂熔化量较少,影响示踪效果;示踪剂的熔沸点要与流场温度匹配,以避免不熔或者沸腾的现象出现。

[0019] 本发明的有益效果为:

[0020] 金属及其合金的沸点普遍较高,在选取示踪剂合适熔点的情况下,可以避免由于高温造成的蒸发失效问题,进而适应高温流场条件,可以大大扩展流体表面示踪方法应用的温度范围;

[0021] 可以对固态示踪剂进行机械加工,例如对模型表面已经涂抹好的固态示踪剂进行打磨等方式的加工,以得到实验者需要的形状;

[0022] 涂有固态示踪剂的模型可以放置,对于日常的刮蹭,相较于液态示踪剂有一定的耐受性,方便实验者保存,为实验提供便利;

[0023] 相较于液态示踪剂,由于固态示踪剂处于固相状态,常温条件下不易变形,使得这一类固态示踪剂便于储存与运输。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明中固态示踪剂前处理的示意图。

[0025] 图2为本发明中熔流示踪法原理示意图。

[0026] 图3为本发明中熔流示踪法的模型表面开槽的示意图。

[0027] 图4为本发明中涂抹固态示踪剂后的模型示意图。

[0028] 图5为本发明中打磨装置的结构示意图。

[0029] 其中,1、镂空孔;2、打磨罩;3、定位套筒;4、旋转柱;5、旋转把手;6、旋转支架;7、刮

板;8、集料仓。

### 具体实施方式

[0030] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0031] 实施例1

[0032] 采用锡金属和锌金属的混合物作为示踪剂,固体示踪材料可以Sn-9Zn为示例,其熔点在200℃左右。

[0033] 如图1和图2所示,一种基于熔流示踪的流场显示方法,具体包括如下步骤:

[0034] (1) 实验前,制备涂有固态示踪剂的模型;

[0035] 涂有示踪剂的模型的制备方法为:固态示踪剂通过加热至熔化转变成液态示踪剂,通过将液态示踪剂涂抹于模型表面冷却形成固态示踪剂,所述固态示踪剂在模型表面呈向外鼓起的形状;

[0036] (2) 将涂有固态示踪剂的模型置于高温流场中,根据固态示踪剂中示踪物质的物理性质,在流场的温度高于固态示踪剂的熔点时,固态示踪剂在高温气流的作用下熔化,同时由于高温气流的剪切作用,熔融状态下的示踪物质在模型表面形成流谱。

[0037] 上述的示踪剂也可以替换为锡金属纯净物或锌金属纯净物。

[0038] 实施例2

[0039] 采用锡金属和锌金属的混合物作为示踪剂,固体示踪材料可以Sn-9Zn为示例,其熔点在200℃左右。

[0040] 如图1和图2所示,一种基于熔流示踪的流场显示方法,具体包括如下步骤:

[0041] (1) 实验前,制备涂有固态示踪剂的模型;

[0042] 涂有示踪剂的模型的制备方法为:通过对模型表面开设有圆形凹槽(如图3所示);

[0043] 如图4所示,对模型表面加工圆形凹槽,并熔覆固态示踪剂,固态示踪剂相对于模型表面呈略微鼓起形状;具体步骤如下:

[0044] 固态示踪剂通过加热至熔化转变成液态示踪剂,通过将液态示踪剂涂抹于模型表面的圆形凹槽中,冷却形成固态示踪剂,所述固态示踪剂在模型表面呈相互连贯的流体线形形状;

[0045] (2) 将涂有固态示踪剂的模型置于高温流场中,根据固态示踪剂中示踪物质的物理性质,在流场的温度高于固态示踪剂的熔点时,固态示踪剂在高温气流的作用下熔化,同时由于高温气流的剪切作用,熔融状态下的示踪物质在模型表面形成流谱。

[0046] 上述的示踪剂也可以替换为锡金属纯净物或锌金属纯净物。

[0047] 上述实施例1-实施例2中的技术的基本原理是:在模型表面涂抹固态示踪剂,根据固态示踪剂中示踪物质的物理性质,在高温流场的温度高于示踪物质的熔点时,示踪物质开始由于高温气流的作用下熔化,同时在气流的剪切作用下,流体位置和形状发生改变,从而形成可以反映流动情况的表面特征流谱。而且可以显示整个表面的流动图像,通过其在模型表面的流动图像来分析与评估流体速度场、动量交换率等,对复杂流动现象的观察具有重要的作用。

[0048] 实施例3

[0049] 在实施例1和实施例2的基础上,不同于实施例1和实施例3,由于在模型表面涂抹

固态示踪剂,如果不加以打磨控制,容易导致固态示踪剂形状不规则,且固态示踪剂的量无法控制,在气流的剪切作用下,流体位置和形状发生改变的基准性不稳定,从而影响反映流动情况的表面特征流谱。针对该技术问题,本发明研发了一种打磨装置。

[0050] 如图5所示,固态示踪剂的外形通过打磨装置加工,打磨装置包括打磨罩2、旋转机构、集料仓8,打磨罩2设置为中空球形壳体,其内壁设置为磨砂壁面,打磨罩2的外壁等间距排布设置有镂空孔1,打磨罩2通过旋转机构和集料仓8连接,通过旋转机构控制集料仓8沿着打磨罩2旋转收集多余的固态示踪剂。

[0051] 所述旋转机构包括定位套筒3、旋转柱4和旋转支架6,定位套筒3设置在打磨罩2顶端,定位套筒3起到限位作用,旋转支架6起到驱动作用,旋转支架6设置为倒“L”形结构,旋转支架6的顶端分别和旋转把手5、旋转柱4连接为一体式结构,旋转柱4活动嵌设在定位套筒3内,旋转支架6的底端和集料仓8连接,集料仓8和打磨罩2外壁呈相切式排布设置弧形刮板7。

[0052] 具体运行过程为:

[0053] 固态示踪剂通过加热至熔化转变成液态示踪剂,通过将液态示踪剂涂抹于模型表面冷却形成固态示踪剂,将内壁为磨砂壁面且为中空球形壳体的打磨罩2扣合在固态示踪剂的外侧,手动操控旋转把手5,沿着顺时针旋转,控制旋转支架6带动集料仓8沿着打磨罩2的外壁旋转,容量大于打磨罩2的部分沿着镂空孔1挤压至打磨罩2外部,且通过弧形刮板7在旋转过程中收集至集料仓8内。

[0054] 上述结构设计新颖,打磨均匀一致性好,且操控方便快捷,有利于控制固态示踪剂相对于模型表面呈略微鼓起形状,形状一致性,保证了示踪物质在高温气流的作用下熔化,同时在气流的剪切作用下,流体位置和形状发生改变,从而形成可以反映流动情况的表面特征流谱。

[0055] 以上所述并非是对本发明的限制,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明实质范围的前提下,还可以做出若干变化、改型、添加或替换,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。



图1

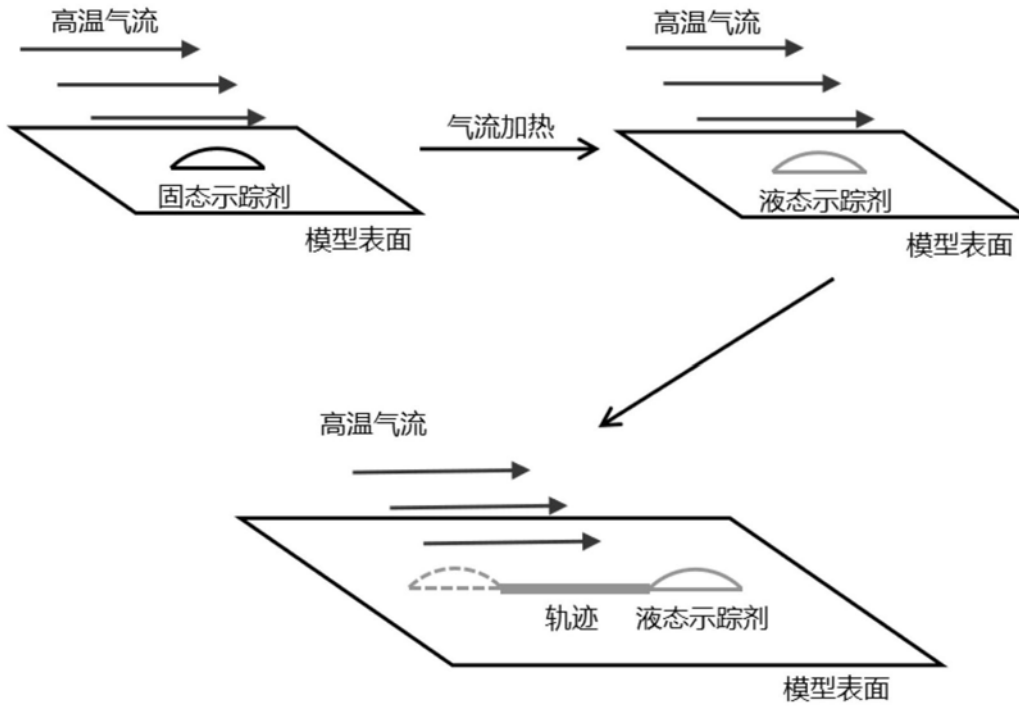


图2

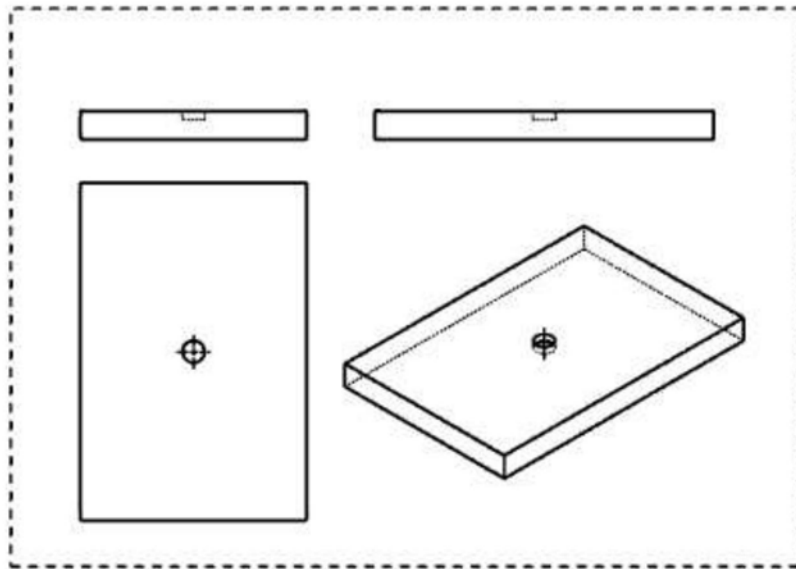


图3

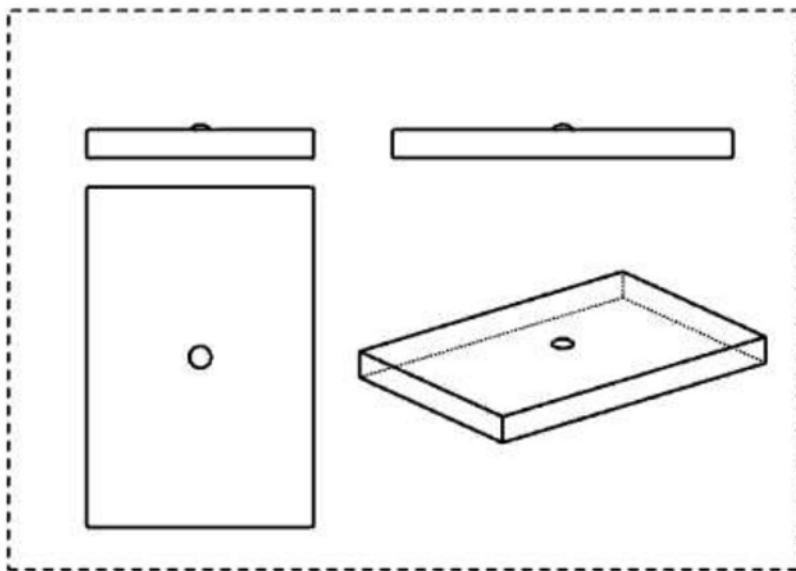


图4



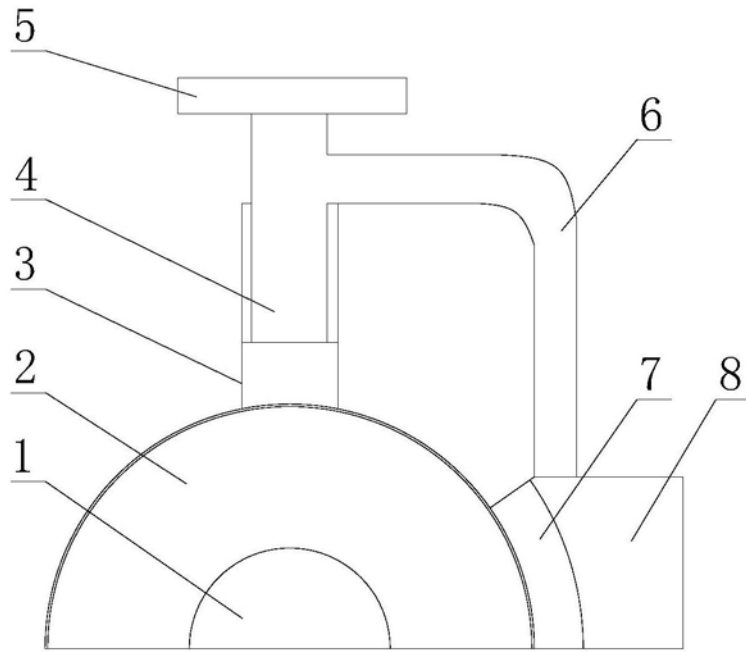


图5