

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 18 日 (18.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/119652 A1

(51) 国际专利分类号:

B29C 70/34 (2006.01) *B29C 35/02* (2006.01)
B29C 70/54 (2006.01) *B29C 35/08* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/124106

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 9 日 (09.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

201811512612.3	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN
201811513768.3	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN
201811513767.9	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN
201811513754.1	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN
201811512585.X	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN
201811512575.6	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN
201811512587.9	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN
201811513753.7	2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)	CN

(71) 申请人: 中南大学 (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。

(72) 发明人: 湛利华 (ZHAN, Lihua); 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。关成龙 (GUAN, Chenglong); 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。戴光明 (DAI, Guangming); 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。肖瑜 (XIAO, Yu); 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。杨晓波 (YANG, Xiaobo); 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。吴欣桐 (WU, Xintong); 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。赵国庆 (ZHAO, Guoqing); 中国湖南省长沙市麓山南路 932 号湛利华, Hunan 410083 (CN)。

(54) Title: COMPOSITE-MATERIAL FORMING AND MANUFACTURING APPARATUS BASED ON MICROWAVE CHAMBER

(54) 发明名称: 一种基于微波腔的复合材料成形制造装置

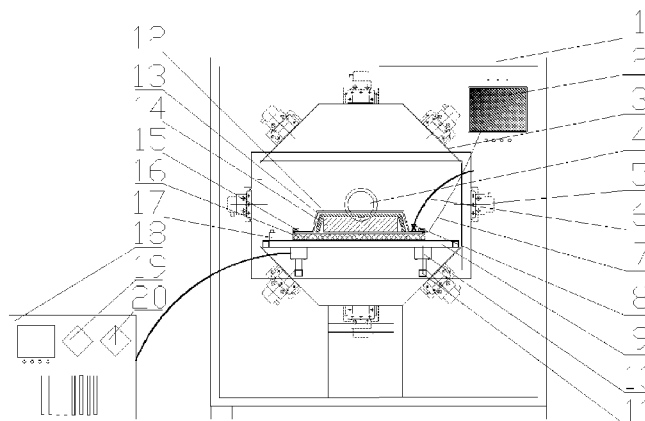


图 1

(57) Abstract: Provided is a composite-material forming and manufacturing apparatus based on a microwave chamber, said apparatus comprising a microwave heating chamber (3), a microwave generator (5), a vibrating air hammer (10), a material holding plate (9), and a vacuum component; said microwave generator (5) sends microwaves into the microwave heating chamber (3) so as to be used for heating the composite material, said material holding plate (9) is arranged inside the microwave heating chamber (3), and the material holding plate (9) is used for directly or indirectly placing the a composite-material part to be processed (14); the vibrating air hammer (10) is a vibrating air hammer capable of providing, to the material holding plate (9) and the composite material, vibration of a vibration frequency of less than 5000 Hz and vibration of a vertical vibration acceleration of more than 2 g. The apparatus enables composite material prepreg to be cured under atmospheric pressure/low pressure to obtain a part having excellent performance.

彭益丰(PENG, Yifeng); 中国湖南省长沙市麓山南路932号湛利华, Hunan 410083 (CN)。

(74) 代理人: 长沙欧诺专利代理事务所(普通合伙)(OPROMI INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国湖南省长沙市望城区月亮岛街道金星北路万泰大厦第一栋6层603号欧颖, Hunan 410219 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于微波腔的复合材料成形制造装置, 所述装置包括微波加热腔(3)、微波发生器(5)、振动气锤(10)、物料托板(9)和抽真空部件; 所述微波发生器(5)向微波加热腔(3)内发送微波用于为所述复合材料供热, 所述物料托板(9)设置在微波加热腔(3)内, 物料托板(9)上用于直接或间接放置复合材料待处理制件(14); 所述振动气锤(10)为能向所述物料托板(9)和复合材料提供5000Hz以下振动频率的振动以及能提供2g以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤。所述装置可以使得复合材料预浸料在大气压/低压条件下固化得到性能优良的制件。

一种基于微波腔的复合材料成形制造装置

技术领域

本发明属于复合材料固化成型领域，具体涉及一种含正多边形截面的棱柱形微波腔的复合材料固化装置。

背景技术

热压罐工艺是目前用于固化成型航空航天用高性能树脂基复合材料的最常用工艺，利用热压罐内部的高温压缩气体产生压力对复合材料预浸料进行加热、加压以完成固化成型。由于航空航天用的先进树脂基碳纤维增强复合材料在固化时一般都需要较高的温度和固化压力来减少固化过程中材料内部产生的缺陷，以保证固化后复合材料制件的质量，因此，热压罐固化成型工艺可以很好的满足此类高性能复合材料制件的成型需要。

热压罐系统通常由罐体系统、加压系统、加热系统、冷却系统、真空系统、控制系统等构成。罐体系统分为内筒和外筒，加热、冷却系统位于内外筒之间，在最高使用温度下罐外表温度不得大于 60℃，升温速率通常为 1-5℃/min 可调，冷却系统采用循环水冷却，降温速率通常为 0.5-5℃/min 可调；热压罐内压力通常可达 1.5-2.5MPa，并设置有安全防爆装置；真空系统使制品与模具之间形成一定的真空度，以便罐内压力作用到制品上；控制系统配备有温度、压力、真空度的指示和记录仪表。

热压罐工艺是通过加热罐内空气进而对制件进行由外而内的加热，虽然通过加热系统、加压系统以及鼓风系统的配合作用使得罐内的空气和压力相对均匀，但是在加热固化时，热量由材料外部向内部传递过程中，会在材料内部产生温度分布不均现象，进而使得固化程度不均匀，在材料内部产生较大的内应力，影响制件的成形质量。

同时，由于热压罐结构复杂、系统庞大，属于高压压力容器，因此投资建造所需要的费用较高；不仅如此，生产效率低且能耗巨大，设备制造和运行成本高昂等缺点的存在，限制了热压罐成型工艺的发展甚至成为制约复合材料广泛应用的瓶颈，因此，亟需发展一种低成本的复合材料固化技术及相应的设备。

微波具有选择性加热、加热速度快、加热均匀、穿透性强、热惯性小、节能环保等优点。作为一种新型的复合材料固化工艺，微波固化工艺的升温速率得到了很大程度的提高，通常可在 5℃/min 以上，因此能显著减少固化时间，降低生产成本，具有巨大的发展潜力。

由于微波固化工艺采用的高升温速率明显减少了复合材料制件的成型时间，在限制材料内部夹杂的空气排出的同时也造成了树脂与纤维之间的浸渍不完全，使得成型后的复合材料内部存在大量的孔隙，削弱了树脂与纤维之间的界面结合性能；同时，由于复合材料本身属于热的不良导体，采用微波加热复合材料极有可能由于微波场的分布不均匀造成待成型的制件局部温度过高进而产生“热点”，局部温度过低导致复合材料固化不完全，使得采用此工艺固化成型得到的复合材料制件的性能和质量远逊于采用热压罐工艺所得的制件，限制了该工艺在工程上的广泛应用。

国内外针对复合材料微波固化的设备研发方面开展了大量研究，并取得了一定的成果。CN201410295387 提出了一种微波-压力固化复合材料的温度均匀分布方法，将复合材料置于多边形腔体中，通过微波在腔体内发生多次反射后入射至材料表面和内部，同时使气体压力通过压力容器提供后作用到材料表面；CN201610030557 提出了一种微波加热装置及方法，在微波腔内放置吸波材料，由屏蔽微波区和透过微波区组成的微波局部屏蔽件覆盖在吸波材料外表面，进而针对复合材料制件的局部进行优先加热和固化；CN201410780220 设计了一种成型装置，在微波加热复合材料过程中对复合材料制件的上下表面施加均衡的液体压力，有效压实复合材料制件；CN201610025303 提出了一种复合能场加热装置，包括微波加热装置和热压罐，通过微波加热装置向微波腔内发送微波，通过热压罐提供的高压压实复合材料制件；专利申请 CN201410471231、CN201410471234、CN201510109343 等文件中也公开了使用热压罐与微波结合用于加热固化复合材料的技术。

但是用上述技术及装置对复合材料进行加热固化时，并没有降低固化压力对复合材料的影响，甚至还引入了高压场，不仅没有发挥出微波固化工艺节能环保的优势，同时还因为微波-高压场的同时存在增加了工艺的安全隐患；此外，针对微波固化均匀性的改进措施大多是采用额外的吸波或屏蔽材料达到温度分布均匀的效果，并没有从原理上解决微波场分布不均匀的问题。

因此，为了节约成本和提高安全系数，在不使用热压罐对复合材料进行高压固化时，如果能使得航空航天用的高性能复合材料的孔隙率也能实现类似在热压罐中热压固化的效果，这是本领域技术人员需要解决的问题。因此，本领域技术人员需要开发相应的用于高性能碳纤维增强树脂基复合材料制件固化的装置和方法。

发明内容

因此本发明提供一种含正多边形截面的棱柱形微波腔的复合材料固化装置，所述装置包括截面呈正多边形的棱柱形微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板和抽真空部件；所述正多边形为五边至十二边之间，且棱柱体的五至十二个侧面上各设置有一根长度方向沿微波加热腔的轴向布置且用于向微波加热腔中馈送微波的裂缝天线，所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤。

在一种具体的实施方式中，所述装置还包括用于支撑微波加热腔卧式放置的机架（1）、用于控制微波发生器和振动气锤的操作控制系统（2）、设置在微波加热腔轴向一端且呈矩形的炉门（30）、设置在炉门上用于观察微波加热腔内情况的视镜（4）、用于一端设置在复合材料内部以实时检测复合材料内部温度的测温光纤（7）、用于连接所述真空管和真空袋的真空接头（8）、设置在微波加热腔内部用于支撑振动气锤的支撑板（11）、设置在复合材料外且在真空袋内的透气毡（13）、设置在物料托板上用于支撑复合材料待处理制件的透波模具板（16）、用于实时检测振动气锤提供的振动加速度的加速度传感器（17）。

在一种具体的实施方式中，所述装置还包括也用于为所述复合材料供热的电热件，优选所述装置还包括磁控管（24）、激励腔（25）、微波馈入法兰（26）、高压开关电源（28）和高压开关电源箱（29）。

在一种具体的实施方式中，所述振动气锤为复合材料提供加速度竖直方向的随机不间断的振动，优选所述振动气锤均匀分布在物料托板下方。

在一种具体的实施方式中，所述微波腔体的截面为正八边形。

在一种具体的实施方式中，所述复合材料为 T800 碳纤维增强环氧树脂预浸料，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 2000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 3g 以上振动加速度的振动的振动气锤。

在一种具体的实施方式中，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 10Hz 以上振动频率的振动以及能提供 50g 以下振动加速度的振动的振动气锤，优选所述振动气锤为能向所述复合材料提供 20Hz 以上振动频率的振动以及能提供 30g 以下振动加速度的振动的振动气锤。

在一种具体的实施方式中，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 30~1000Hz 中至少部分振动频率的振动以及能提供 5~20g 中至少部分振动加速度的振动的振动气锤。

本发明还提供一种含冷却部件的微波腔的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板、冷却部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述冷却部件为用于为微波发生器散热及冷却的循环水冷却部件。

在一种具体的实施方式中，所述冷却部件包括冷却水箱、冷却水泵、和散热器。

本发明还提供一种基于微波腔的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板、供压缩空气部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述供压缩空气部件包括压缩空气气源、振动气锤气管以及用于为振动气锤提供润滑和减少磨损的油雾器。

在一种具体的实施方式中，所述压缩空气气源由空气压缩机（18）提供，且所述供压缩空气部件还包括用于清洁空气压缩机中提供的压缩空气的空气过滤器（19）。

本发明还提供一种均匀接受微波辐射的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板、物料往复平移部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述物料往复平移部件为能直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔内某个方向往复运动的部件。

在一种具体的实施方式中，所述微波加热腔为截面呈正多边形的棱柱形，且所述物料往复平移部件为直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔的轴向往复运动的部件。

在一种具体的实施方式中，所述物料往复平移部件包括导轨（221）、能在导轨上运动的移动导轮（211）、用于连接物料托板（9）而使得其带动复合材料往复运动的摆动机构（231）、用于为摆动机构提供动力的步进电机（251）和传动轴（241）。

在一种具体的实施方式中，所述物料往复平移部件还包括传动齿轮（291）和用于连接步进电机（251）和传动轴（241）的第一轴承及轴承座（311）以及第一联轴器（321）。

本发明还提供一种微波均匀辐射的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板、微波模式搅拌器和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述微波模式搅拌器包含用于带动叶片旋转的搅拌电机，且所述叶片为金属叶片用于反射微波使得微波加热腔内的微波辐射均匀。

在一种具体的实施方式中，所述微波模式搅拌器还包含连接在搅拌电机和金属叶片之间的第二联轴器（232）和传动链轮（242），且所述金属叶片通过第二轴承及轴承座（262）直接或间接固定在微波加热腔上。

在一种具体的实施方式中，金属叶片为平板式搅拌叶片（252）或螺旋式搅拌叶片（272）。

在一种具体的实施方式中，所述微波加热腔为截面呈正多边形的棱柱形，且所述微波模式搅拌器的个数为与所述正多边形的边数相等，多个所述微波模式搅拌器之间通过传动链条（282）连接。

本发明还提供一种复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板、物料往复平移部件、微波模式搅拌器和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空

袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述物料往复平移部件为能直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔内某个方向往复运动的部件；所述微波模式搅拌器包含用于带动叶片旋转的搅拌电机，且所述叶片为金属叶片用于反射微波而使得微波加热腔内的微波辐射均匀。

在一种具体的实施方式中，所述微波加热腔为截面呈正多边形的棱柱形，且所述物料往复平移部件为直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔的轴向往复运动的部件。

在一种具体的实施方式中，所述物料往复平移部件包括导轨（221）、能在导轨上运动的移动导轮（211）、用于连接物料托板（9）而使得其带动复合材料往复运动的摆动机构（231）、用于为摆动机构提供动力的步进电机（251）和传动轴（241）。

在一种具体的实施方式中，所述物料往复平移部件还包括传动齿轮（291）和用于连接步进电机（251）和传动轴（241）的第一轴承及轴承座（311）以及第一联轴器（321）。

在一种具体的实施方式中，所述微波模式搅拌器还包含连接在搅拌电机和金属叶片之间的第二联轴器（232）和传动链轮（242），且所述金属叶片通过第二轴承及轴承座（262）直接或间接固定在微波加热腔上。

在一种具体的实施方式中，金属叶片为平板式搅拌叶片（252）或螺旋式搅拌叶片（272）。

在一种具体的实施方式中，所述微波加热腔为截面呈正多边形的棱柱形，且所述微波模式搅拌器的个数为与所述正多边形的边数相等，多个所述微波模式搅拌器之间通过传动链条（282）连接。

本发明还提供一种包含耐压微波腔的复合材料固化装置，所述装置包括能密闭设置的微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板、微波加热腔增压部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述微波加热

腔增压部件包括至少一根与微波腔体连接而用于向微波加热腔中输入压缩空气的微波加热腔增压压缩气管。

在一种具体的实施方式中，所述装置还包括空气压缩机（18）、空气过滤器（19）和油雾器（20），且振动气锤气管（61）和微波加热腔增压压缩气管（62）均与所述空气压缩机（18）连接，所述油雾器用于为振动气锤提供润滑和减少磨损，所述空气过滤器用于清洁空气压缩机中提供的压缩空气。

本发明还提供一种包含微波加热的复合材料固化装置，所述装置包括截面呈正多边形的棱柱形微波加热腔、微波发生器、振动气锤、物料托板、中央回转轴和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件；所述抽真空部件包括真空袋和真空管，用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述中央回转轴设置在微波加热腔内的轴向中心位置，用于截面为中心对称图形的回转体复合材料制件设置其上。

在一种具体的实施方式中，所述截面为中心对称图形的回转体复合材料制件为截面呈正多边形的棱柱形制件、椭球体制件、圆柱体制件中的一种。

在一种具体的实施方式中，所述装置还包括将所述回转体复合材料制件套设在所述中央回转轴上的上件下件辅助工装。

在一种具体的实施方式中，所述装置还包括将所述回转体复合材料制件直接或间接与所述物料托板固定的振动处理辅助工装。

使用本发明提供的装置和方法，至少能带来如下有益效果：

1) 本发明提供一种微波能场和竖直方向的振动加速度场等多场耦合的复合能场，使得加热固化复合材料时其内部的温度场和固化度均匀。

2) 本发明提供的装置使得复合材料的加热固化能真正做到各处均匀一致。本发明能实现复合材料制件的内部温度均匀分布和制件的内外固化同步，从而大大减少固化后的制件发生分层、变形、开裂、残余应力等各种缺陷的概率，使制件因为内部温度不均匀而导致的报废率得到大幅降低，提高了产品的生产质量和生产效益。

3) 在一种具体的实施例中，本发明结合计算机自动控制技术，使用本发明提供的装置可以对复合材料进行自动控制的复合能场固化。

总的来说，本发明所述固化装置和固化方法可以使得复合材料预浸料在大气压/低压条件下固化得到性能优良的制件。

附图说明

图 1 为本发明中第一种实施方式的装置结构主视示意图。

图 2 为图 1 所述装置结构的俯视图。

图 3 为本发明中第二种实施方式的装置结构主视示意图。

图 4 为图 3 所述装置结构的部分结构的俯视图。

图 5 为本发明中第三种实施方式的装置结构主视示意图。

图 6 为图 5 所述装置结构的部分结构的俯视图。其中图 6-A 中使用平板式搅拌叶片 252，而图 6-B 中使用螺旋式搅拌叶片 272。

图 7 为图 5 所述装置结构的模式搅拌器连接示意图。

图 8 为本实用新型中第四种实施方式的装置结构主视示意图。

图 9 为本实用新型中第五种实施方式的装置结构主视示意图。

图 10 为本实用新型中第六种实施方式的装置结构主视示意图。

图 1~10 中：

1-机架 2-操作控制系统 3-微波加热腔 4-视镜 5-微波发生器 6-真空管 7-测温光纤 8-真空接头 9-物料托板 10-振动气锤 11-支撑板 12-真空袋 13-透气毡 14-待处理制件 15-压板 16-透波模具板 17-加速度传感器 18-空气压缩机 19-空气过滤器 20-油雾器，21-冷却水箱 22-冷却水泵 23-散热器 24-磁控管 25-激励腔 26-微波馈入法兰 27-裂缝天线 28-高压开关电源 29-高压开关电源箱 30-炉门，

211-移动导轮 221-导轨 231-摆动机构 3-微波加热腔 221-导轨 9-物料托板 291-传动齿轮 241-传动轴 311-第一轴承及轴承座 321-第一联轴器 251-步进电机，

212-微波模式搅拌器 222-搅拌电机 232-第二联轴器 242-传动链轮 252-平板式搅拌叶片 262-第二轴承及轴承座 272-螺旋式搅拌叶片 282-传动链条，

61-振动气锤气管 62-微波腔体增压压缩气管 63-中央回转轴。

具体实施方式

以下对本发明的实施例进行详细说明，但是本发明可以根据权利要求限定和覆盖的多种不同方式实施。

本领域技术人员知晓地：含振动气锤的振动部件又称振动激励器或振动发生器。它是一种利用电动、电液压、压电或其他原理获得机械振动的装置。以较小的台面实现较

高的加速度和较高的工作频率。振动试验主要分为正弦振动和随机振动。含振动气锤的振动部件适用于汽车零部件、电子元器件、组件、医药、食品、家具、礼品、陶瓷、包装等行业实验室及生产线上对样品进行相关振动试验。如环境接收试验，品质鉴定试验，可靠性鉴定试验，耐久试验，振动模拟分析，材料特性试验，疲劳试验，振动防止改善等。模拟产品在制造、组装、运输及使用过程中所遭受的振动环境，以评定其结构的耐振性、可靠性和完好性。

也就是说，目前含振动气锤的振动部件的用途多限于人为加速地测试产品的寿命。

而本发明中利用含振动气锤的振动部件产生的竖直方向的随机振动，将其用于碳纤维增强树脂基复合材料的固化过程中，使得复合材料预浸料固化成合格的复合材料制件。本发明中的固化原理参照了混凝土振捣原理。具体的，用混凝土拌合机拌和好的混凝土浇筑构件时，须排除其中气泡，进行捣固，使混凝土密实结合，消除混凝土的蜂窝麻面等现象，以提高其强度，保证混凝土构件的质量。上述对混凝土消除气泡、进行捣固的过程即为混凝土振捣。低频式的振动频率为 25~50HZ；中频式为 83~133HZ；高频式为 167HZ 以上。

本发明与混凝土振捣不同的是，首先本发明的振动频率不限于混凝土振捣的频率，其次，混凝土振捣属于冷固化，而本发明属于热固化过程；另外，本发明中是利用 2g 以上方向垂直向下的振动加速度振动，而混凝土振捣中振动加速度方向一般是无序的。

参照混凝土在初凝前 1~4h 左右进行的二次振捣，本发明后续也可以相应地试验二次振动观察其对复合材料热固化产生的影响。

本发明中的含振动气锤的振动部件可以使用现在已成熟的技术，如商购获取的“加速寿命测试仪”，该含振动气锤的振动部件本身专用于产品寿命的加速破坏测试，而本发明中将这样的含振动气锤的振动部件用于代替热压罐中的高压而使得碳纤维树脂基复合材料的固化效果更优。

此外，重力加速度 g 的方向总是竖直向下的，本发明中所述振动气锤能提供 2g 以上的振动加速度，即固化过程中振动气锤提供的振动加速度为 2g 以上， $g=9.8\text{m/s}^2$ ，优选固化时振动加速度为 2~50g，更优选 5~30g。也即本发明中振动气锤提供的振动加速度方向同样是竖直方向。

本课题组在广泛调研国内外多种复合材料微波固化成型装置的基础上，针对复合材料微波固化过程中需要引入的压力、微波场存在分布不均匀的问题，将微波固化装置与

振动平台巧妙的结合，提出了适用于振动预处理+低压微波固化碳纤维增强树脂基复合材料工艺的振动微波复合成形制造系统。

本发明针对碳纤维增强树脂基复合材料微波固化工艺面临的成型压力高、微波场分布不均匀的问题，基于微波技术的波导理论和机械振动的相关知识，设计了一种能够同时实现振动处理和微波固化复合材料的振动微波复合成形制造系统，在显著降低复合材料成形压力、缩短成形时间的同时很好地保证了成形后制件的质量，以满足复合材料构件节能环保、高质高效成形制造的工程化需要。

振动微波复合成形制造系统主要包括微波加热系统、振动系统、控制系统、辅助系统等。微波加热系统由微波加热腔体、微波发生器、裂缝天线、微波加热均匀性调节系统等相关配套部件组成，其主要功能是把微波高效、均匀地馈入到腔体内部，使内部制件得到均匀加热。微波加热腔采用正多边形结构（以正八边形为例），可安装 8 支单个功率为 1kW 的微波发生器，微波发生器由磁控管、激励强、微波馈入法兰组成，单个微波发生器的功率均可在 100W-1000W 之间单独、连续可调，总功率为 8kW；腔体上布置有多类线路通道及预留孔：包括测温装置通道、振动激振器线路通道、应力应变测试通道、真空管通道、中央回转轴预留孔等，在保证整个制造系统正常工作的同时还可实现腔体内部各状态参数的实时监测和控制；腔体内部安装有八套裂缝天线，采用裂缝天线馈入的方式将频率为 $2.45\text{GHz}\pm 25\text{MHz}$ 的微波引入到微波加热装置的腔体内；配套的微波电源共八套，其输出功率在 0.1-1.0kW 范围内连续可调；微波加热均匀性调节系统包括物料摆动机构和模式搅拌器，物料摆动机构采用步进电机驱动齿轮齿条机构使得物料托板进行摆动，摆动范围 50-200mm，幅度连续可调，摆动速度为 400mm/min，不锈钢导轨两端与微波加热腔端框进行焊接固定，物料托板最大承载力为 250kg，下方与振动气锤相连接，放置在移动导轨上，采用可长时间承受随机振动的透波材料制作；模式搅拌器的搅拌叶片以微波加热腔的轴向为旋转轴轴向进行旋转，转速在 1-10r/min 范围内连续可调，搅拌叶片采用平板式和螺旋式两种模式，材料为不锈钢，八套模式搅拌器之间通过链轮链条的方式进行连接，采用一台搅拌电机进行驱动。

振动系统的总体结构包括振动气锤、支撑板、提供压缩空气的气源等。两块支撑板用于固定气锤，材料为 Q235 结构钢，板两端同样采用焊接的方式与微波加热腔的端框进行固定；振动气锤一端与固定的支撑板连接，另一端与物料托板进行连接。振动系统工作时，两列共八个(沿腔体轴向每列四个)振动气锤首先整体上升，使物料托板与物料摆动机构的导轨脱离，然后八个振动气锤开始独立工作，使物料托板处于随机振动状态；采

用螺杆式空气压缩机为气锤提供压缩空气的气源，采用双螺杆啮合压缩原理，具备运行平稳、气源清洁、压力波动小等优点。振动系统能提供的最大加速度为 50g，加速度稳定度为 $\pm 1g$ (一分钟内)，振动频率为 10-5000Hz。振动系统同时配备有一个位于物料托板上的加速度传感器，用于物料托板振动加速度的实时监控。

控制系统主要包括对微波加热系统的控制以及振动系统的控制。微波加热系统的测温模块配备有 9 个测温通道，通过 9 根测温光纤可同时采集放置在微波加热腔内制件的最多 9 个不同位置的温度，将获得的信息传输至数据采集仪，数据采集仪对数据分析处理后传输至微波加热控制系统，控制系统向微波功率控制模块发出信号，进而调整微波发生器产生的微波功率。微波加热控制系统可针对采集到的多个数据，对位于加热腔体上的八个微波发生器的馈入功率进行单独调控，通过预先在控制系统内输入温度曲线，可实现微波加热系统对腔体内部制件的自动加热。

振动控制系统可通过调节振动气锤单位时间内的进、排气量来控制物料托板以不同的加速度进行随机振动，并可使托板进行上升、下降等位移操作。通过放置在物料托板上的加速度传感器采集数据并将数据传送给控制模块，通过控制模块对振动平台的振动时间、振动加速度进行设置，并完成各种实时控制和主要参数的采集。微波控制系统和振动控制系统可协同工作，通过输入全过程的成型工艺曲线，实现振动微波复合能场下复合材料构件的自动化成形制造。

辅助系统主要包括循环冷却水系统、真空系统、空气过滤器和油雾器等。循环水冷系统包括水泵、配套的水箱以及散热器，用于微波发生器的散热及冷却，水泵的流量为 2 立方/小时，散热器的换热量为 5kW；真空系统用于使制件与模具制件形成真空，通过真空袋外的大气压力达到压实制件，提高制件质量的效果。真空系统包括真空嘴、快速接头、真空管等结构，为了避免金属制品在微波场内对微波场均匀性产生的负面影响，本发明真空系统包含的设备均采用聚四氟乙烯制备；空气过滤器为筒形构件，内有滤芯，保证进入振动系统的压缩空气是洁净的，减少气锤的磨损；油雾器用于振动气锤的润滑，使气锤在振动过程中减少磨损，增加使用寿命。

具体操作：

将复合材料预浸料（以 T800/X850 为例）放置于可长时间承受振动的透波模具上，预浸料内部埋放有测温光纤（可在不同位置埋放多根），然后依次放置透气毡、真空嘴、真空袋后，采用密封胶进行密封，使用压板将模具与物料托板进行固定（可采用螺栓连接），将测温光纤及真空嘴与设备的测温模块和真空系统进行连接，关闭炉门。

通过外部的控制器设定成型工艺曲线，包括振动加速度、振动时间、微波升温速率、保温温度、保温时间等参数，微波升温速率通过微波控制系统根据实时采集的温度改变微波发生器馈入功率自动调节实现。

打开设备的真空系统、微波均匀性调节系统、辅助系统等，运行设备，通过炉门上的视镜及温度、加速度传感器等装置可对腔体内部的情况进行实时监测，实现复合材料构件经过振动预处理后采用微波进行固化的成形制造过程。

本发明不仅针对平板及复杂结构型面的复合材料制件进行振动微波复合成形制造，还可通过加装中央回转轴以及配套工装，实现回转体结构件的成型制造。

本发明的一种具体实施方式中，振动气锤的锤芯会从缸体内不断伸出，油雾器对锤芯与缸体之间的摩擦起到润滑作用。

本发明的一种具体实施方式中，所述微波加热腔能密闭设置且能耐受一定的压力，例如耐受 0~0.1MPa 的表压，通过向所述微波加热腔中输入压缩空气而使得微波腔体内的压力表压为 0~0.1MPa。本发明中，因为复合材料制件固化过程中产生的气体都经抽真空部件抽走，因而不用担心制件会向微波加热腔中排气，且设置有微波加热腔增压压缩气管和能密闭的微波加热腔使得该装置可以用于同一个装置实现微波、振动和带压实验。本领域技术人员能理解的，所述带压实验即微波加热腔内形成一定的表压而给复合材料制件提供一定的外压力。通过空气压缩机 18 将压缩空气引入微波加热腔，使得微波加热腔中形成低压表压，在振动处理和微波固化工艺的基础上，可进一步提高复合材料制件的性能。

本发明所述装置结合使用了振动气锤和微波发生器，使得其可以用于如下四种复合材料的固化方法中：

第一、使用振动预处理碳纤维增强树脂基复合材料预浸料，同时辅以电加热，之后使用微波固化所述复合材料预浸料。

第二、使用振动预处理结合电热件进行复合材料的热固化，不使用微波加热。

第三、全程使用微波或使用微波和电热件相结合的加热方式进行加热，不使用振动处理。

第四、全程使用振动处理复合材料，同时加热固化，可以是微波加热和/或电加热。

实施例 1

使用本发明所述装置固化 T800 复合材料，

先电加热并用振动气锤对复合材料做振动处理，温度由室温以 $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 80°C ，之后保温 30min，振动频率为 10-2000Hz，振动加速度为 10g， $g=9.8\text{m/s}^2$ ，振动处理过程中对复合材料抽真空处理，复合材料所处环境为大气压/低压。

该复合材料在 80°C 保温 30min 的振动处理后，停止振动，直接由 80°C 升温到 180°C 进行热固化，电加热和微波加热复合热场对复合材料做升温固化处理，复合材料的复合热场升温速率为 $3\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，此阶段对复合材料继续抽真空处理，并对复合材料制件施加表压为 0.1MPa 外压。升温至 180°C 后保温 150min，随炉冷却后即可得到复合材料制件。

所得复合材料制件的孔隙率为 0.31~0.39%，所得复合材料制件的层间剪切强度为 98.56~101.23MPa。

本发明装置中，例如所述振动气锤的振动环境为：三轴六自由度超高斯随机振动，其最大加速度为 50g 或 75g，其振动频率为 10~5000Hz，其工作的温度范围为 $-100^{\circ}\text{C}\sim +200^{\circ}\text{C}$ 。振动平台利用外部空压机作为动力源，持续利用振动气锤提供稳定振源，振动过程中振动在竖直方向上从振动气锤传递至复合材料。

实施例 2

使用本发明所述装置固化 T800 复合材料，振动加速度为 15g，其它条件均与实施例 1 相同。

所得复合材料制件的孔隙率为 0.35%-0.42%，所得复合材料制件的层间剪切强度为 97.65-99.54MPa。

实施例 3

使用本发明所述装置固化 T800 复合材料，保温阶段为在大气压/低压下进行保温，其它条件均与实施例 1 相同。

所得复合材料制件的孔隙率为 0.35%-0.45%，所得复合材料制件的层间剪切强度为 93.92-97.18MPa。

对比例 1

本对比例为单独使用热压罐对 T800 复合材料进行高温高压整体固化，固化压力为 0.6MPa，热压罐中电加热使得复合材料温度由室温以 $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 180°C ，且升温至 180°C 后保温 150min，随炉冷却后得到复合材料制件，整个固化过程中对复合材料进行抽真空处理。

所得复合材料制件的孔隙率为 0.36%，所得复合材料制件的层间剪切强度为 98.15Mpa。

对比例 2

本对比例为单独使用微波对 T800 复合材料进行高温整体固化，在抽真空条件下，以及外部压力为表压 0.1Mpa 下。微波加热使得复合材料温度由室温以 3~5℃/min 升温至 180℃，且升温至 180℃后保温 150min，随炉冷却后得到复合材料制件，整个固化过程中对复合材料进行抽真空处理。

所得复合材料制件的孔隙率为 1.25%-1.45%，所得复合材料制件的层间剪切强度为 76.97-79.62MPa。

由本发明实施例 1~3 以及对比例 1 和 2 的比较结果可知，本发明所述装置固化后得到的复合材料制件的性能完全可以跟热压罐固化这种标准固化工艺相媲美。

综上所述，本发明至少具备如下特点：

1、本发明在抽真空和不外加压力或仅施加 0~0.1MPa 表压的情况下制备得到性能优异的复合材料制件，降低了复合材料固化成型压力，且固化速度得到了很大程度的加快，节约了设备成本和固化成本，实现了复合材料制件安全、均匀、高效、节能地成型固化。

2、本发明通过优化外加压力、振动频率和振动加速度之后，使得复合材料制件的性能媲美于热压罐固化这种标准固化工艺制得的复合材料制件。分析原因，可能是在本发明中竖直方向振动加速度的作用下，复合材料各处受到均匀一致的振动加速度，它同样可以有效压实复合材料的预浸料铺层，从而提高制件的质量，且固化所得制件的孔隙率低且孔隙分布均匀。

3、本发明中将加热装置和振动装置一体化设置，使得复合材料制件在振动和加热处理后无需冷却即可继续升温或保温进行热固化，固化所得的复合材料制件的产品性能更好、效率更高。

现有技术中用于固化 T800 预浸料的热压罐需耐中高压，罐壁厚实。本发明中的微波腔体只需耐受常压或耐受表压为 0~0.1MPa 的低压，装置成本显著降低。

以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干简单推演和替换，都应当视为属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种含正多边形截面的棱柱形微波腔的复合材料固化装置，所述装置包括截面呈正多边形的棱柱形微波加热腔（3）、微波发生器（5）、振动气锤（10）、物料托板（9）和抽真空部件；所述正多边形边数在五边至十二边之间，且棱柱体的五至十二个侧面上各设置一根长度方向沿微波加热腔的轴向布置且用于向微波加热腔中馈送微波的裂缝天线（27），所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件（14）；所述抽真空部件包括真空袋（12）和真空管（6），用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤。

2、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括用于支撑微波加热腔卧式放置的机架（1）、用于控制微波发生器和振动气锤的操作控制系统（2）、设置在微波加热腔轴向一端且呈矩形的炉门（30）、设置在炉门上用于观察微波加热腔内情况的视镜（4）、用于一端设置在复合材料内部而实时检测复合材料内部温度的测温光纤（7）、用于连接所述真空管和真空袋的真空接头（8）、设置在微波加热腔内部用于支撑振动气锤的支撑板（11）、设置在复合材料外且在真空袋内的透气毡（13）、设置在物料托板上用于支撑复合材料待处理制件的透波模具板（16）、用于实时检测振动气锤提供的振动加速度的加速度传感器（17）。

3、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括也用于为所述复合材料供热的电热件，优选所述装置还包括磁控管（24）、激励腔（25）、微波馈入法兰（26）、高压开关电源（28）和高压开关电源箱（29）。

4、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述振动气锤为复合材料提供加速度沿竖直方向的随机不间断的振动，优选所述振动气锤均匀分布在物料托板下方。

5、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述微波加热腔的截面为正八边形。

6、根据权利要求 1~5 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述复合材料为 T800 碳纤维增强环氧树脂预浸料，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 2000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 3g 以上振动加速度的振动的振动气锤。

7、根据权利要求 1~5 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 10Hz 以上振动频率的振动以及能提供 50g 以下振动加速度的振动的振动气锤，优选所述振动气锤为能向所述复合材料提供 20Hz 以上振动频率的振动以及能提供 30g 以下振动加速度的振动的振动气锤。

8、根据权利要求 1~3 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 30~1000Hz 中至少部分振动频率的振动以及能提供 5~20g 中至少部分振动加速度的振动的振动气锤。

9、根据权利要求 1~3 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述装置还包括微波模式搅拌器，且所述微波模式搅拌器包含用于带动叶片旋转的搅拌电机（222），且所述叶片为金属叶片用于反射微波而使得微波加热腔内的微波辐射均匀。

10、根据权利要求 9 所述的装置，其特征在于，金属叶片为平板式搅拌叶片（252）或螺旋式搅拌叶片（272）。

11、一种含冷却部件的微波腔的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔（3）、微波发生器（5）、振动气锤（10）、物料托板（9）、冷却部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件（14）；所述抽真空部件包括真空袋（12）和真空管（6），用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述冷却部件为用于为微波发生器散热及冷却的循环水冷却部件。

12、根据权利要求 11 所述装置，其特征在于，所述冷却部件包括冷却水箱（21）、冷却水泵（22）、和散热器（23）。

13、一种基于微波腔的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔（3）、微波发生器（5）、振动气锤（10）、物料托板（9）、供压缩空气部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件（14）；所述抽真空部件包括真空袋（12）和真空管（6），用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；

所述供压缩空气部件包括压缩空气气源、振动气锤气管（61）以及用于为振动气锤提供润滑和减少磨损的油雾器（20）。

14、根据权利要求 13 所述装置，其特征在于，所述压缩空气气源由空气压缩机（18）提供，且所述供压缩空气部件还包括用于清洁由空气压缩机提供的压缩空气的空气过滤器（19）。

15、一种均匀接受微波辐射的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔（3）、微波发生器（5）、振动气锤（10）、物料托板（9）、物料往复平移部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件（14）；所述抽真空部件包括真空袋（12）和真空管（6），用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述物料往复平移部件为能直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔内某个方向往复运动的部件。

16、根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述微波加热腔为截面呈正多边形的棱柱形，且所述物料往复平移部件为直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔的轴向往复运动的部件。

17、根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述物料往复平移部件包括导轨（221）、能在导轨上运动的移动导轮（211）、用于连接物料托板（9）而使得其带动复合材料往复运动的摆动机构（231）、用于为摆动机构提供动力的步进电机（251）和传动轴（241）。

18、根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述物料往复平移部件还包括传动齿轮（291）和用于连接步进电机（251）和传动轴（241）的第一轴承及轴承座（311）以及第一联轴器（321）。

19、一种微波均匀辐射的复合材料成形制造装置，所述装置包括微波加热腔（3）、微波发生器（5）、振动气锤（10）、物料托板（9）、微波模式搅拌器（212）和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件（14）；所述抽真空部件包括真空袋（12）和真空管（6），用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合

材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述微波模式搅拌器包含用于带动叶片旋转的搅拌电机（222），且所述叶片为金属叶片用于反射微波而使得微波加热腔内的微波辐射均匀。

20、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述微波模式搅拌器还包含连接在搅拌电机和金属叶片之间的第二联轴器（232）和传动链轮（242），且所述金属叶片通过第二轴承及轴承座（262）直接或间接固定在微波加热腔上。

21、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，金属叶片为平板式搅拌叶片（252）或螺旋式搅拌叶片（272）。

22、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述微波加热腔为截面呈正多边形的棱柱形，且所述微波模式搅拌器的个数为与所述正多边形的边数相等，多个所述微波模式搅拌器之间通过传动链条（282）连接。

23、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括物料往复平移部件，所述物料往复平移部件为能直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔内某个方向往复运动的部件。

24、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述微波加热腔为截面呈正多边形的棱柱形，且所述物料往复平移部件为直接或间接带动所述复合材料待处理制件沿微波加热腔的轴向往复运动的部件。

25、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述物料往复平移部件包括导轨（221）、能在导轨上运动的移动导轮（211）、用于连接物料托板（9）而使得其带动复合材料往复运动的摆动机构（231）、用于为摆动机构提供动力的步进电机（251）和传动轴（241）。

26、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述物料往复平移部件还包括传动齿轮（291）和用于连接步进电机（251）和传动轴（241）的第一轴承及轴承座（311）以及第一联轴器（321）。

27、一种包含耐压微波腔的复合材料固化装置，所述装置包括能密闭设置的微波加热腔（3）、微波发生器（5）、振动气锤（10）、物料托板（9）、微波加热腔增压部件和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件（14）；所述抽真空部件包括真空袋（12）和真空管（6），用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托

板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述微波加热腔增压部件包括至少一根与微波加热腔连接而用于向微波加热腔中输入压缩空气的微波加热腔增压压缩气管（62）。

28、根据权利要求 27 所述装置，其特征在于，所述装置还包括空气压缩机（18）、空气过滤器（19）和油雾器（20），且振动气锤气管（61）和微波加热腔增压压缩气管（62）均与所述空气压缩机（18）连接，所述油雾器用于为振动气锤提供润滑和减少磨损，所述空气过滤器用于清洁空气压缩机中提供的压缩空气。

29、一种包含微波加热的复合材料固化装置，所述装置包括截面呈正多边形的棱柱形微波加热腔（3）、微波发生器（5）、振动气锤（10）、物料托板（9）、中央回转轴和抽真空部件；所述微波发生器向微波加热腔内发送微波用于为所述复合材料供热，所述物料托板设置在微波加热腔内，物料托板上用于直接或间接放置复合材料待处理制件（14）；所述抽真空部件包括真空袋（12）和真空管（6），用于将复合材料固化过程中产生的气体及时抽出并利用真空袋外的气压压实制件；所述振动气锤为能向所述物料托板和复合材料提供 5000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 2g 以上竖直方向的振动加速度的振动的振动气锤；所述中央回转轴设置在微波加热腔内的轴向中心位置，用于将截面为中心对称图形的回转体复合材料制件设置其上。

30、根据权利要求 29 所述的装置，其特征在于，所述截面为中心对称图形的回转体复合材料制件为截面呈正多边形的棱柱形制件、椭球体制件、圆柱体制件中的一种。

31、根据权利要求 29 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括将所述回转体复合材料制件套设在所述中央回转轴上的上件下件辅助工装。

32、根据权利要求 29 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括将所述回转体复合材料制件直接或间接与所述物料托板固定的振动处理辅助工装。

33、根据权利要求 11~32 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述装置还包括用于支撑微波加热腔卧式放置的机架（1）、用于控制微波发生器和振动气锤的操作控制系统（2）、设置在微波加热腔轴向一端且呈矩形的炉门（30）、设置在炉门上用于观察微波加热腔内情况的视镜（4）、用于一端设置在复合材料内部而实时检测复合材料内部温度的测温光纤（7）、用于连接所述真空管和真空袋的真空接头（8）、设置在微波加热腔内部用于支撑振动气锤的支撑板（11）、设置在复合材料外且在真空袋内的透气毡（13）、设置在物料托板上用于支撑复合材料待处理制件的透波模具板（16）、用于实时检测振动气锤提供的振动加速度的加速度传感器（17）；所述装置还包括也用于为所

述复合材料供热的电热件，优选所述装置还包括磁控管（24）、激励腔（25）、微波馈入法兰（26）、高压开关电源（28）和高压开关电源箱（29）。

34、根据权利要求 11~32 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述复合材料为 T800 碳纤维增强环氧树脂预浸料，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 2000Hz 以下振动频率的振动以及能提供 3g 以上振动加速度的振动的振动气锤。

35、根据权利要求 11~32 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 10Hz 以上振动频率的振动以及能提供 50g 以下振动加速度的振动的振动气锤，优选所述振动气锤为能向所述复合材料提供 20Hz 以上振动频率的振动以及能提供 30g 以下振动加速度的振动的振动气锤。

36、根据权利要求 11~32 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述振动气锤为能向所述复合材料提供 30~1000Hz 中至少部分振动频率的振动以及能提供 5~20g 中至少部分振动加速度的振动的振动气锤。

37、根据权利要求 11~18 和 27~32 中任意一项所述的装置，其特征在于，所述装置还包括微波模式搅拌器，且所述微波模式搅拌器包含用于带动叶片旋转的搅拌电机（222），且所述叶片为金属叶片用于反射微波而使得微波加热腔内的微波辐射均匀。

38、根据权利要求 37 所述的装置，其特征在于，金属叶片为平板式搅拌叶片（252）或螺旋式搅拌叶片（272）。

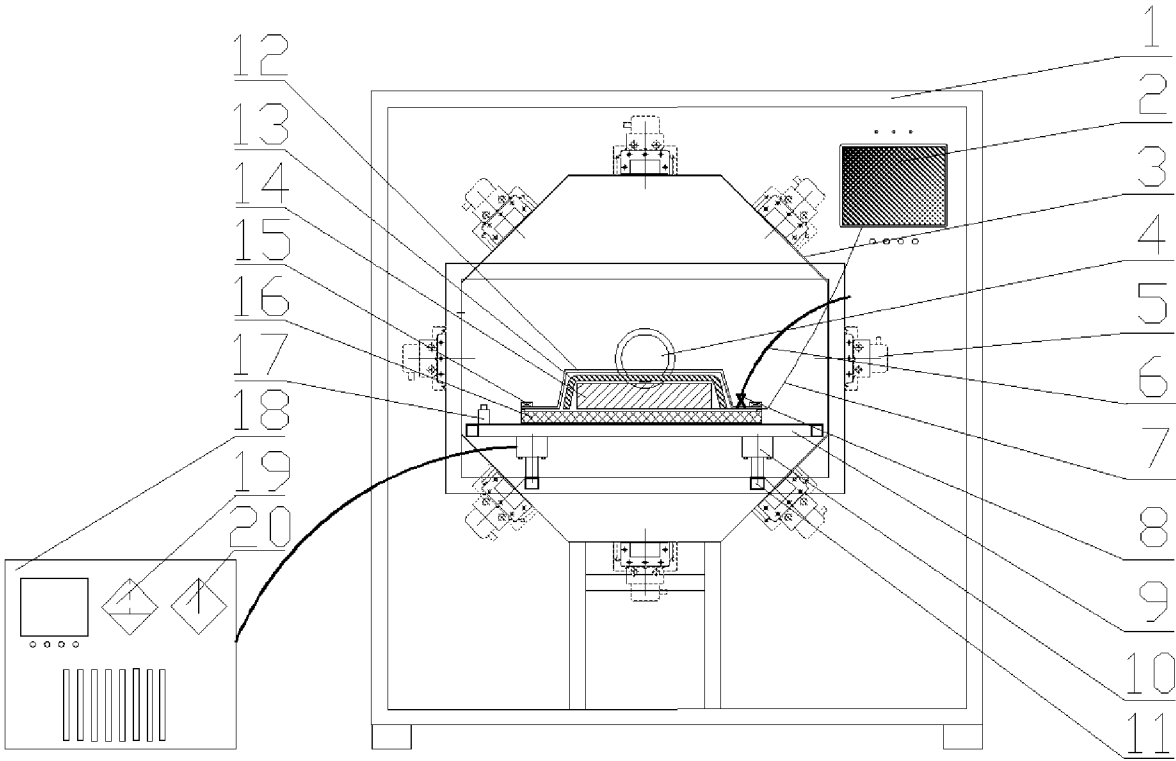


图 1

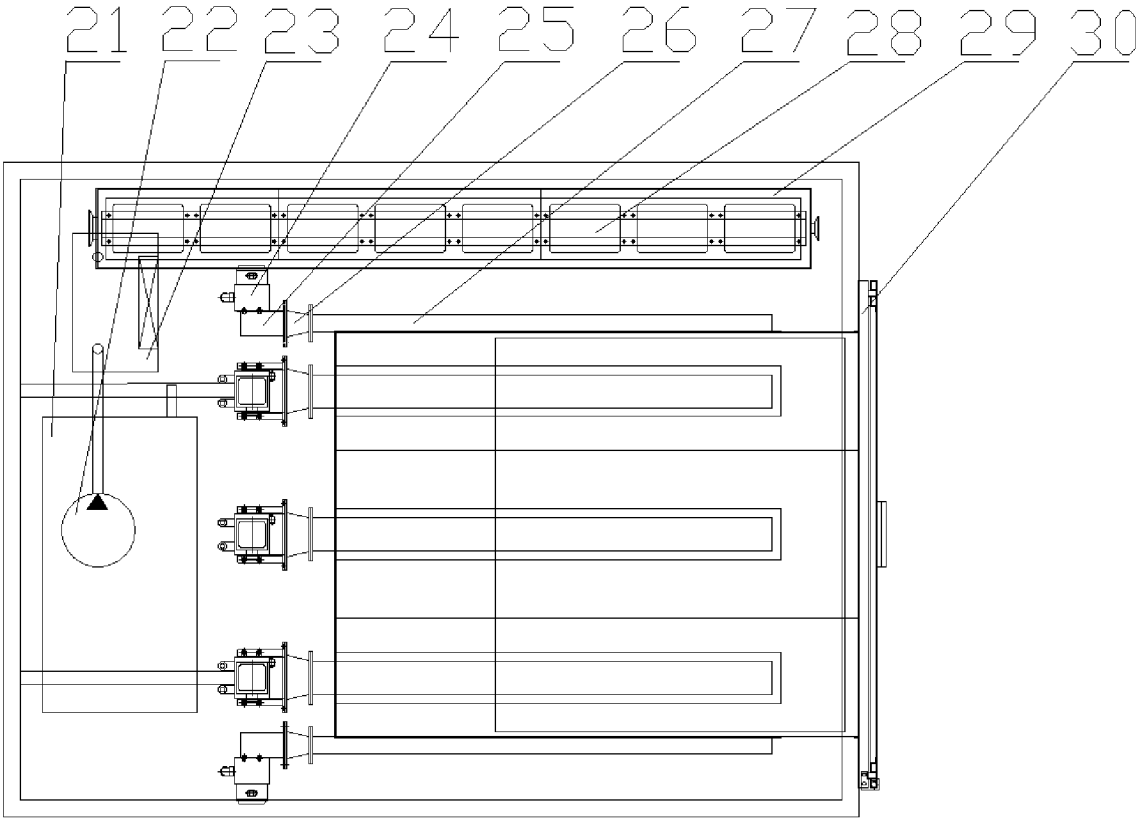


图 2

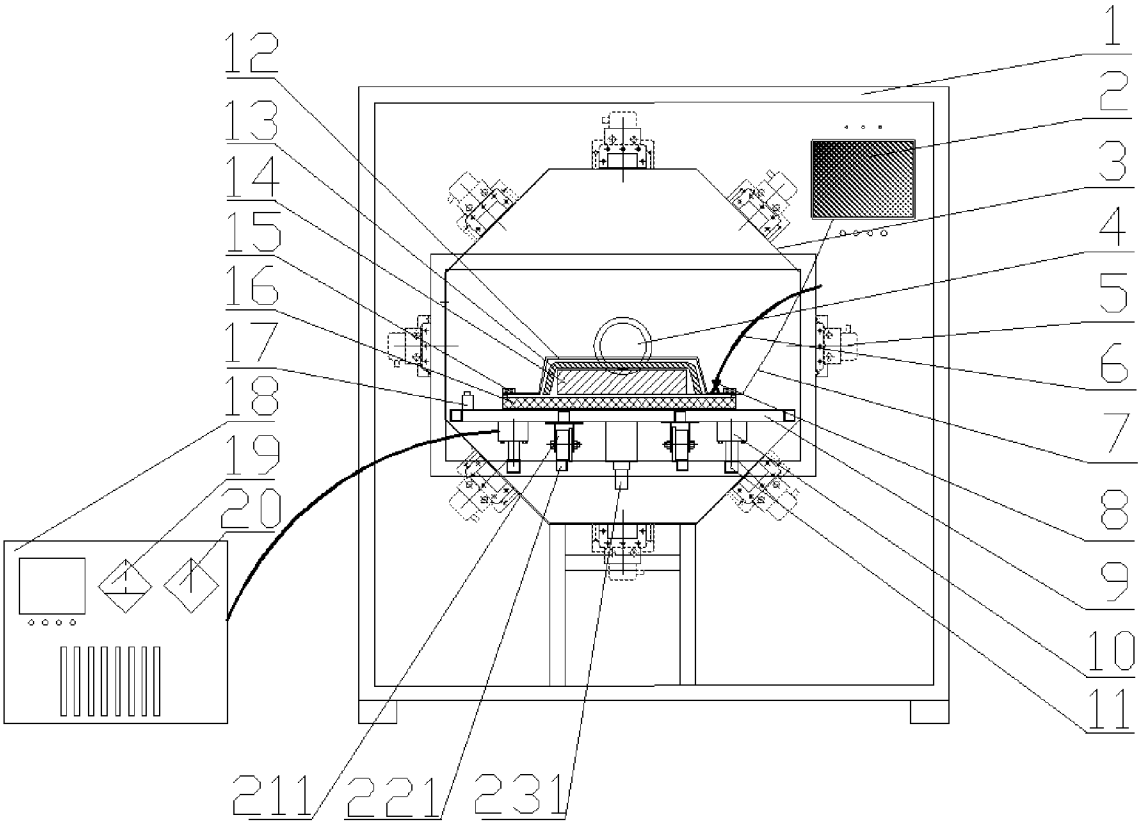


图 3

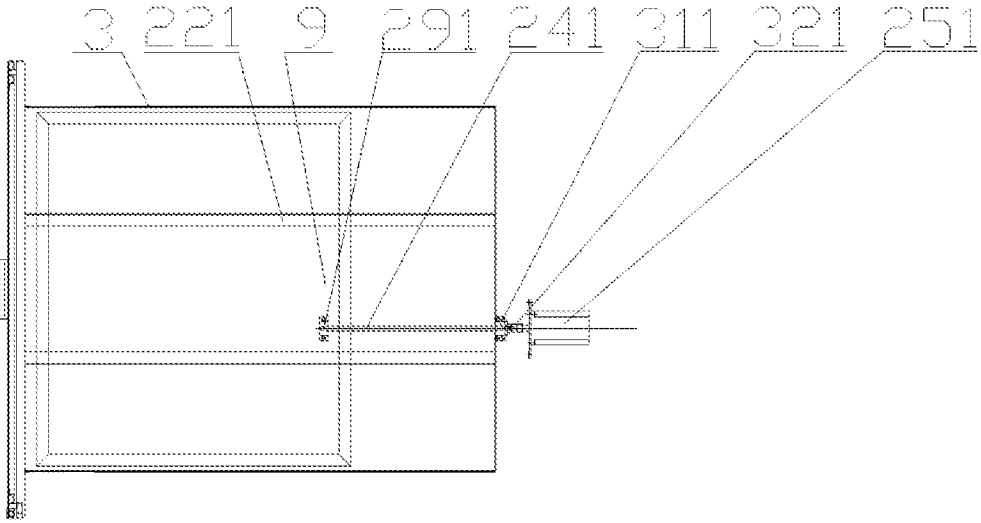


图 4

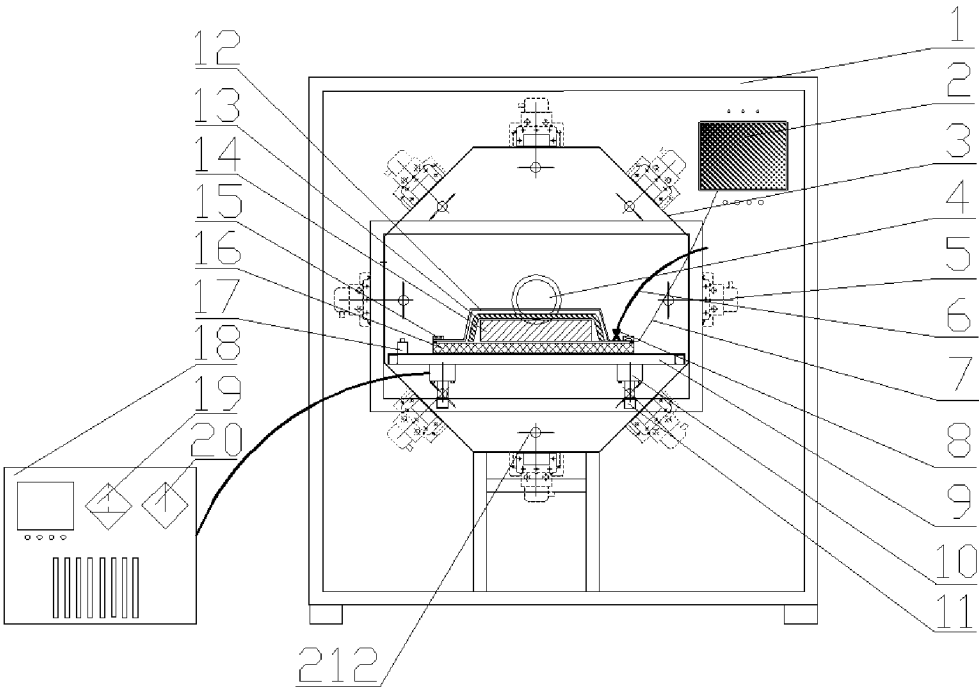
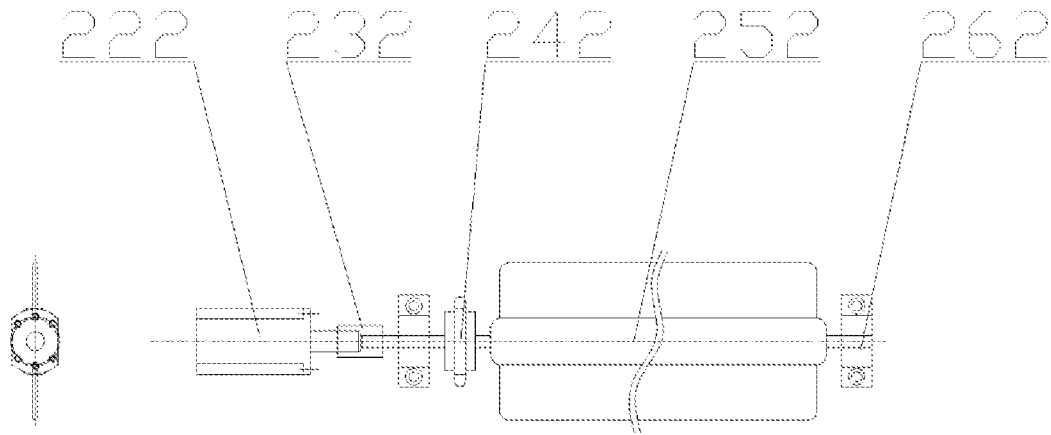
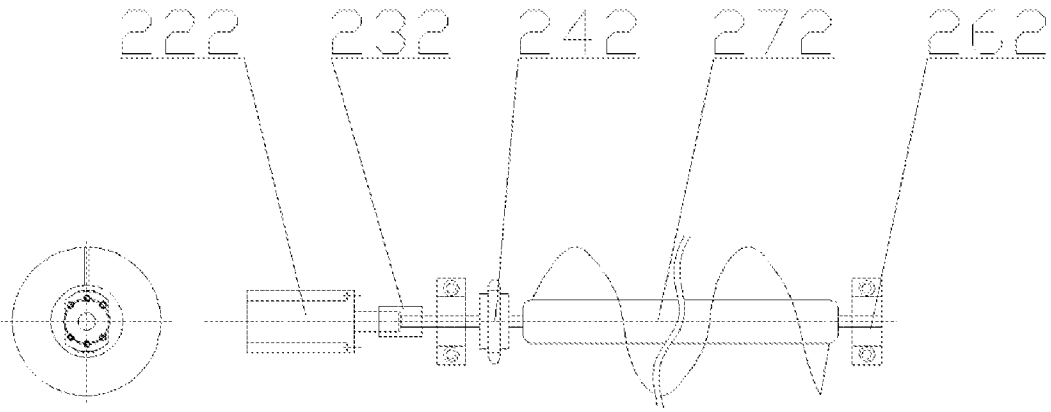


图 5



6-A



6-B

图 6

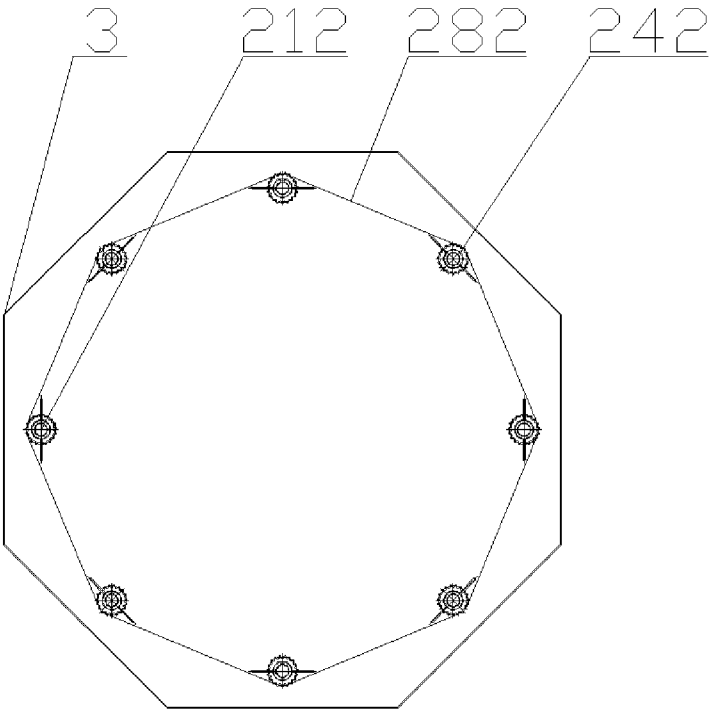


图 7

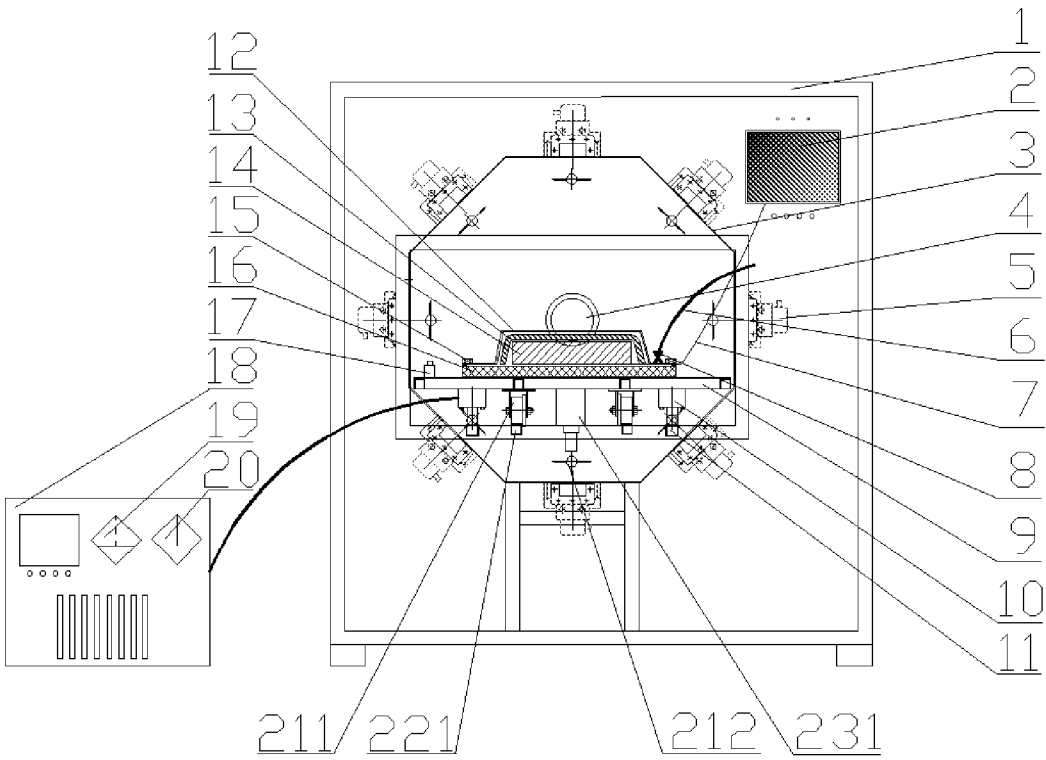


图 8

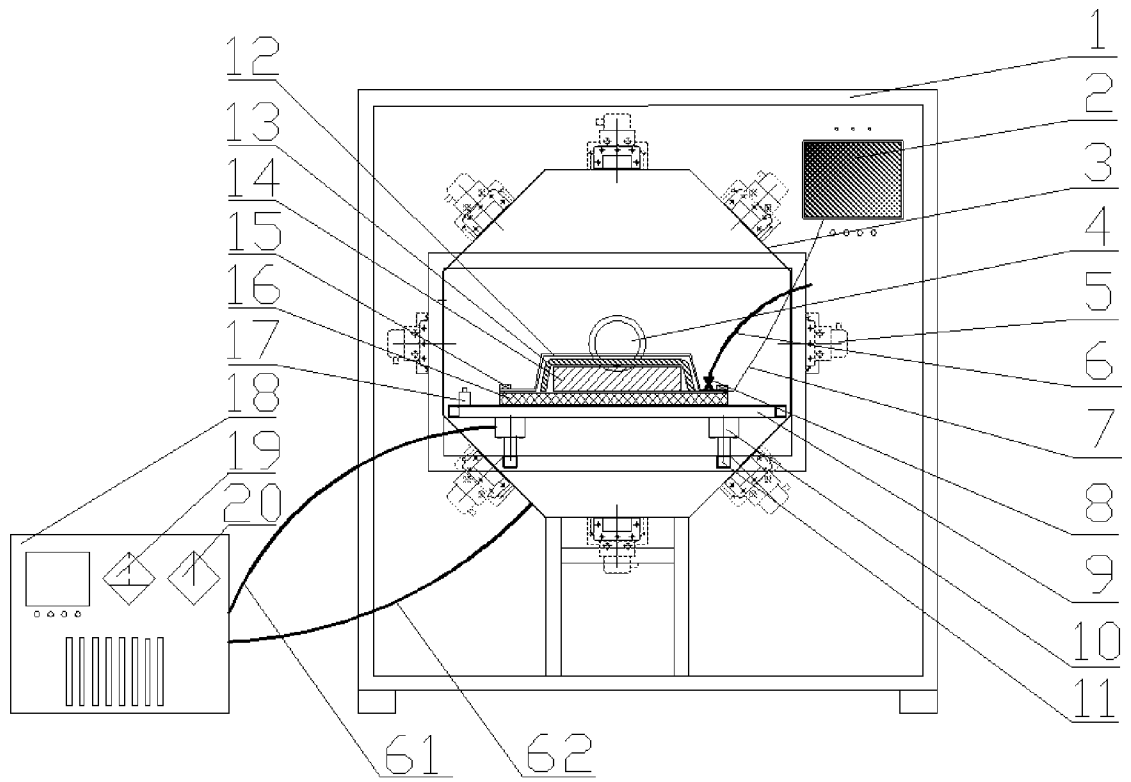


图 9

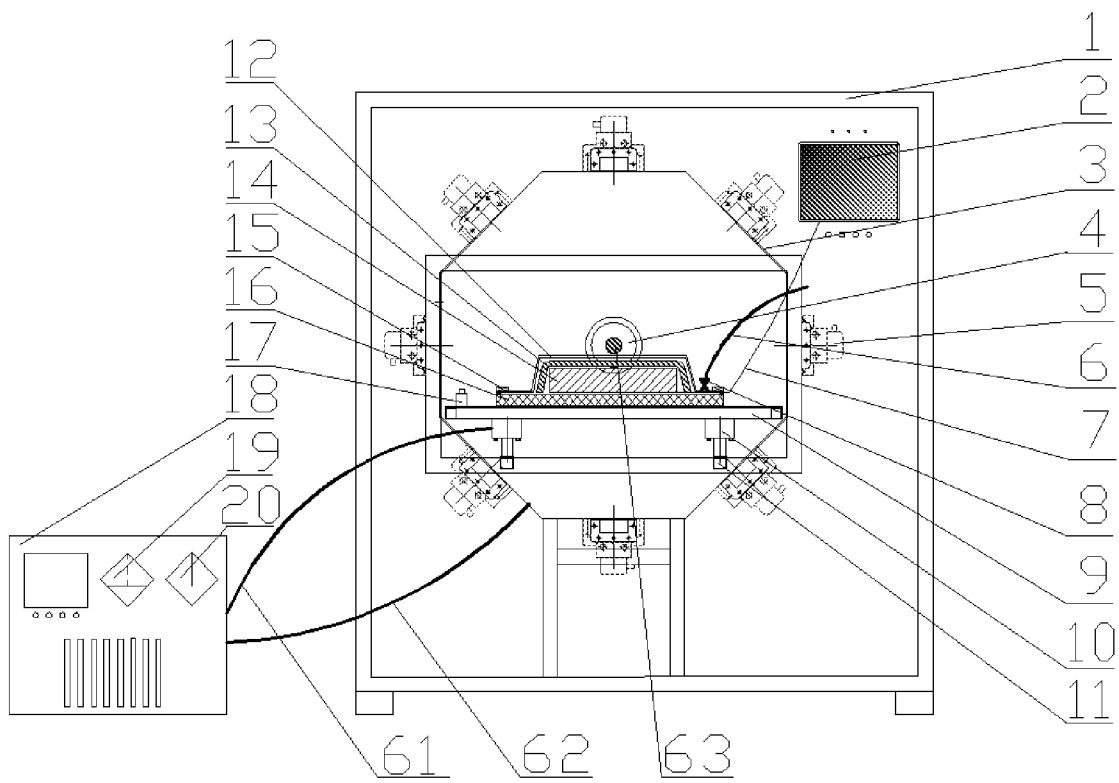


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/124106

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C 70/34(2006.01)i; B29C 70/54(2006.01)i; B29C 35/02(2006.01)i; B29C 35/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C70,B29C35

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI, CNABS, SIPOABS, USTXT, EPTXT, CNKI: 中南大学, 湛利华, 复合材料, 固化, 微波, 振动, 气锤, 低压, 频率, 加速度, 棱柱形, 压缩空气, 叶片, 搅拌, 增压, 回转轴, 冷却, composite, solidify+, vibrat+, vacuum, cool+, microwave, gas hammer, stir+, blade

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103587130 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 19 February 2014 (2014-02-19) description, paragraphs [0038]-[0050], and figures 1-5	1-38
Y	CN 108839359 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 20 November 2018 (2018-11-20) description, paragraphs [0004]-[0023]	1-38
PX	CN 109353033 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 19 February 2019 (2019-02-19) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38
PX	CN 109367061 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 February 2019 (2019-02-22) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38
PX	CN 109367062 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 February 2019 (2019-02-22) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38
PX	CN 109367063 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 February 2019 (2019-02-22) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38
PX	CN 109367065 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 February 2019 (2019-02-22) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 February 2020

Date of mailing of the international search report

26 February 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/124106

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109367066 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 February 2019 (2019-02-22) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38
PX	CN 109367067 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 February 2019 (2019-02-22) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38
PX	CN 109367064 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 February 2019 (2019-02-22) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-10	1-38
PX	CN 209409346 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 20 September 2019 (2019-09-20) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
PX	CN 209409347 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 20 September 2019 (2019-09-20) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
PX	CN 209409348 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 20 September 2019 (2019-09-20) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
PX	CN 209409349 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 20 September 2019 (2019-09-20) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
PX	CN 209409350 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 20 September 2019 (2019-09-20) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
PX	CN 209454197 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 01 October 2019 (2019-10-01) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
PX	CN 209454198 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 01 October 2019 (2019-10-01) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
PX	CN 209534211 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 25 October 2019 (2019-10-25) description, paragraphs [0011]-[0048], and figures 1-11	1-38
A	CN 102371688 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 14 March 2012 (2012-03-14) entire document	1-38
A	CN 104589671 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 06 May 2015 (2015-05-06) entire document	1-38
A	CN 207190300 U (KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 06 April 2018 (2018-04-06) entire document	1-38
A	WO 2015168815 A1 (WOODWELDING A.G.) 12 November 2015 (2015-11-12) entire document	1-38
A	US 6046267 A (TECMINOMET S.A.) 04 April 2000 (2000-04-04) entire document	1-38

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/124106

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103587130	A	19 February 2014	CN	103587130	B	06 April 2016
CN	108839359	A	20 November 2018	None			
CN	109353033	A	19 February 2019	None			
CN	109367061	A	22 February 2019	None			
CN	109367062	A	22 February 2019	None			
CN	109367063	A	22 February 2019	None			
CN	109367065	A	22 February 2019	None			
CN	109367066	A	22 February 2019	None			
CN	109367067	A	22 February 2019	None			
CN	109367064	A	22 February 2019	None			
CN	209409346	U	20 September 2019	None			
CN	209409347	U	20 September 2019	None			
CN	209409348	U	20 September 2019	None			
CN	209409349	U	20 September 2019	None			
CN	209409350	U	20 September 2019	None			
CN	209454197	U	01 October 2019	None			
CN	209454198	U	01 October 2019	None			
CN	209534211	U	25 October 2019	None			
CN	102371688	A	14 March 2012	DE	102011052664	A1	16 February 2012
				DK	201170432	A	17 February 2012
				US	2012040106	A1	16 February 2012
CN	104589671	A	06 May 2015	None			
CN	207190300	U	06 April 2018	None			
WO	2015168815	A1	12 November 2015	EP	3140107	A1	15 March 2017
				EP	3140107	B1	15 August 2018
				US	2017057183	A1	02 March 2017
				HK	1229293	A1	11 October 2019
				HK	1229293	A0	17 November 2017
US	6046267	A	04 April 2000	EP	1151837	A1	07 November 2001
				CA	2291011	A1	03 December 1998
				EP	0984851	A1	15 March 2000
				AU	7692498	A	30 December 1998
				WO	9853968	A1	03 December 1998

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/124106

A. 主题的分类 B29C 70/34(2006.01)i; B29C 70/54(2006.01)i; B29C 35/02(2006.01)i; B29C 35/08(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																										
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) B29C70, B29C35 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) DWPI, CNABS, SIPOABS, USTXT, EPTXT, CNKI: 中南大学, 湛利华, 复合材料, 固化, 微波, 振动, 气锤, 低压, 频率, 加速度, 棱柱形, 压缩空气, 叶片, 搅拌, 增压, 回转轴, 冷却, composite, solidify+, vibrat+, vacuum, cool+, microwave, gas hammer, stir+, blade																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103587130 A (南京航空航天大学) 2014年 2月 19日 (2014 - 02 - 19) 说明书第38-50段, 图1-5</td> <td>1-38</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108839359 A (中南大学) 2018年 11月 20日 (2018 - 11 - 20) 说明书第4-23段</td> <td>1-38</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109353033 A (中南大学) 2019年 2月 19日 (2019 - 02 - 19) 说明书第11-48段, 图1-10</td> <td>1-38</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109367061 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10</td> <td>1-38</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109367062 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10</td> <td>1-38</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109367063 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10</td> <td>1-38</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109367065 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10</td> <td>1-38</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 103587130 A (南京航空航天大学) 2014年 2月 19日 (2014 - 02 - 19) 说明书第38-50段, 图1-5	1-38	Y	CN 108839359 A (中南大学) 2018年 11月 20日 (2018 - 11 - 20) 说明书第4-23段	1-38	PX	CN 109353033 A (中南大学) 2019年 2月 19日 (2019 - 02 - 19) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38	PX	CN 109367061 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38	PX	CN 109367062 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38	PX	CN 109367063 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38	PX	CN 109367065 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
Y	CN 103587130 A (南京航空航天大学) 2014年 2月 19日 (2014 - 02 - 19) 说明书第38-50段, 图1-5	1-38																								
Y	CN 108839359 A (中南大学) 2018年 11月 20日 (2018 - 11 - 20) 说明书第4-23段	1-38																								
PX	CN 109353033 A (中南大学) 2019年 2月 19日 (2019 - 02 - 19) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38																								
PX	CN 109367061 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38																								
PX	CN 109367062 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38																								
PX	CN 109367063 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38																								
PX	CN 109367065 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td style="vertical-align: top;"> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																						
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																									
国际检索实际完成的日期 2020年 2月 16日		国际检索报告邮寄日期 2020年 2月 26日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 武敏 电话号码 86-(10)-53962819																								

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109367066 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38
PX	CN 109367067 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38
PX	CN 109367064 A (中南大学) 2019年 2月 22日 (2019 - 02 - 22) 说明书第11-48段, 图1-10	1-38
PX	CN 209409346 U (中南大学) 2019年 9月 20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
PX	CN 209409347 U (中南大学) 2019年 9月 20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
PX	CN 209409348 U (中南大学) 2019年 9月 20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
PX	CN 209409349 U (中南大学) 2019年 9月 20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
PX	CN 209409350 U (中南大学) 2019年 9月 20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
PX	CN 209454197 U (中南大学) 2019年 10月 1日 (2019 - 10 - 01) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
PX	CN 209454198 U (中南大学) 2019年 10月 1日 (2019 - 10 - 01) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
PX	CN 209534211 U (中南大学) 2019年 10月 25日 (2019 - 10 - 25) 说明书第11-48段, 图1-11	1-38
A	CN 102371688 A (通用电气公司) 2012年 3月 14日 (2012 - 03 - 14) 全文	1-38
A	CN 104589671 A (南京航空航天大学) 2015年 5月 6日 (2015 - 05 - 06) 全文	1-38
A	CN 207190300 U (昆明理工大学) 2018年 4月 6日 (2018 - 04 - 06) 全文	1-38
A	WO 2015168815 A1 (WOODWELDING A. G.) 2015年 11月 12日 (2015 - 11 - 12) 全文	1-38
A	US 6046267 A (TECMINOMET S. A.) 2000年 4月 4日 (2000 - 04 - 04) 全文	1-38

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/124106

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103587130	A	2014年 2月 19日	CN 103587130 B	2016年 4月 6日
CN	108839359	A	2018年 11月 20日	无	
CN	109353033	A	2019年 2月 19日	无	
CN	109367061	A	2019年 2月 22日	无	
CN	109367062	A	2019年 2月 22日	无	
CN	109367063	A	2019年 2月 22日	无	
CN	109367065	A	2019年 2月 22日	无	
CN	109367066	A	2019年 2月 22日	无	
CN	109367067	A	2019年 2月 22日	无	
CN	109367064	A	2019年 2月 22日	无	
CN	209409346	U	2019年 9月 20日	无	
CN	209409347	U	2019年 9月 20日	无	
CN	209409348	U	2019年 9月 20日	无	
CN	209409349	U	2019年 9月 20日	无	
CN	209409350	U	2019年 9月 20日	无	
CN	209454197	U	2019年 10月 1日	无	
CN	209454198	U	2019年 10月 1日	无	
CN	209534211	U	2019年 10月 25日	无	
CN	102371688	A	2012年 3月 14日	DE 102011052664 A1	2012年 2月 16日
				DK 201170432 A	2012年 2月 17日
				US 2012040106 A1	2012年 2月 16日
CN	104589671	A	2015年 5月 6日	无	
CN	207190300	U	2018年 4月 6日	无	
WO	2015168815	A1	2015年 11月 12日	EP 3140107 A1	2017年 3月 15日
				EP 3140107 B1	2018年 8月 15日
				US 2017057183 A1	2017年 3月 2日
				HK 1229293 A1	2019年 10月 11日
				HK 1229293 A0	2017年 11月 17日
US	6046267	A	2000年 4月 4日	EP 1151837 A1	2001年 11月 7日
				CA 2291011 A1	1998年 12月 3日
				EP 0984851 A1	2000年 3月 15日
				AU 7692498 A	1998年 12月 30日
				WO 9853968 A1	1998年 12月 3日