



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113834328 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 24

(21) 申请号 202111417206.0

(22) 申请日 2021.11.26

(71) 申请人 北京煜鼎增材制造研究院有限公司
地址 100096 北京市海淀区西三旗建材城
内建中路12幢一层1205号

(72) 发明人 不公告发明人

(51) Int. Cl.

F27B 14/04 (2006.01)

F27B 14/08 (2006.01)

F27B 14/14 (2006.01)

F27B 14/20 (2006.01)

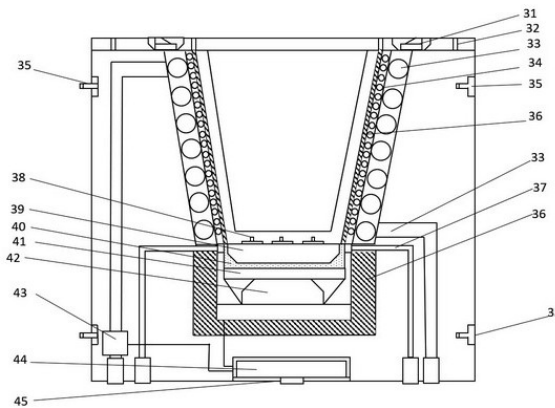
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

多功能高能束微区冶金熔炼炉及金属材料高通量制备系统

(57) 摘要

本发明公开了一种多功能高能束微区冶金熔炼炉及金属材料高通量制备系统,所述多功能高能束微区冶金熔炼炉包括炉体、冷却部、加热部、电磁感应部、振动部、处理器和承载平台。通过本发明的多功能高能束微区冶金熔炼炉及金属材料高通量制备系统可以同时控制材料的成分、电磁环境、熔炼气氛、冷却速率、低频大幅振动环境、高频小幅振动环境以及通电环境,为新型材料的研发提供了一种新的设备与方法。



1. 一种多功能高能束微区冶金熔炼炉,其特征在于:

所述多功能高能束微区冶金熔炼炉包括炉体、冷却部、加热部、电磁感应部、振动部、处理器和承载平台;

所述炉体为呈倒锥台形的侧壁和底壁围绕而成的顶部开口的桶形结构;所述侧壁为层状复合结构,由内到外依次为耐热层、减震层、绝缘层和冷却层;

所述冷却部包括冷却水管路和电控阀门,至少部分所述冷却水管路螺旋环绕设置在所述冷却层中;

所述加热部包括加热台,所述炉体置于加热台上,所述加热台内部具有电阻丝加热器和热电偶;

所述电磁感应部包括电磁感应线圈,所述电磁感应线圈螺旋环绕设置在所述绝缘层中;

所述振动部包括机械振动台和超声振动台;所述机械振动台上方设置有隔热陶瓷,所述加热台设置于所述隔热陶瓷上方;所述超声振动台设置于所述机械振动台的下方;

所述处理器与所述电控阀门、加热台、机械振动台、超声振动台和电磁感应线圈通信连接;

所述承载平台整体呈立方体状,所述炉体、冷却部、加热部、电磁感应部、振动部、处理器均内置于所述承载平台且所述炉体的顶部开口成为所述承载平台的开口。

2. 根据权利要求1所述的多功能高能束微区冶金熔炼炉,其特征在于,所述加热台的上表面设有复数个导电插销,所述导电插销穿过炉体底壁并与放置于所述炉体内的熔炼坩埚相接触,以实现与熔炼坩埚进行通电。

3. 根据权利要求1所述的多功能高能束微区冶金熔炼炉,其特征在于,所述加热台、机械振动台和超声振动台共同组成多功能台,所述多功能台除加热台的上表面外的表面均被减震橡胶所包裹。

4. 根据权利要求1所述的多功能高能束微区冶金熔炼炉,其特征在于,所述减震层的材料为减震橡胶。

5. 一种金属材料高通量制备系统,其特征在于:所述系统包括权利要求1-4任意一项所述的多功能高能束微区冶金熔炼炉、气密装置、高通量控制平台和主控台;

所述高通量控制平台包括多个容置区划,每个所述容置区划放置一个所述多功能高能束微区冶金熔炼炉;

所述气密装置内设置有高能束热源,并可与所述多功能高能束微区冶金熔炼炉对接以封闭所述炉体的顶部开口实现密封;

所述主控台与气密装置、高通量控制平台和多功能高能束微区冶金熔炼炉的处理器通信连接。

6. 根据权利要求5所述的金属材料高通量制备系统,其特征在于,气密装置包括圆柱形的底部开口的气密罩,所述气密罩底部开口边沿设有向内延伸的凸缘,所述凸缘上设有向下伸出的定位插销,与所述承载平台上的定位凹槽相配合,所述凸缘的延伸边缘设置有一圈气密橡胶。

7. 根据权利要求6所述的金属材料高通量制备系统,其特征在于,所述气密装置包括供气管路和氧分仪;所述供气管路穿过气密罩壁进入气密罩并向下延伸以将进气口伸入所述

炉体的内部;所述氧分仪的探头及气口设置在所述气密罩壁上。

8. 根据权利要求6所述的金属材料高通量制备系统,其特征在于,所述金属材料高通量制备系统还包括高速摄像机和红外热像仪,所述高速摄像机和红外热像仪的探头及气口设于所述气密罩壁上。

9. 根据权利要求5所述的金属材料高通量制备系统,其特征在于,所述金属材料高通量制备系统还包括预烧结线圈感应炉。

多功能高能束微区冶金熔炼炉及金属材料高通量制备系统

技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料高通量制备工艺技术领域,尤其是涉及一种金属材料高通量制备工艺用多功能高能束微区冶金熔炼炉及应用了该多功能高能束微区冶金熔炼炉的金属材料高通量制备系统。

背景技术

[0002] 随着现代材料科学技术的发展,以传统试错法为基础的新型材料开发方法已经难以适应现代的工业环境了,其长周期、高成本、低效率等劣势阻碍了现代科学以及工业的发展。自美国2011年材料基因组计划的提出后,世界各国均十分重视新型材料的高效研发,主要分为建立高通量材料计算方法、高通量材料实验方法以及材料数据库。其中高通量材料实验方法是新材料研发的重中之重,其需要能够一次性高速成型大量成分、凝固条件等不同的材料。金属材料熔点高、强度大、制备条件较为苛刻,实现高通量难度较大。激光、等离子束等高能束技术的成熟替代了传统熔炼炉的方法,其高自由度以及高热输入为高通量制备金属材料提供了可行的热源。

[0003] 目前新型金属材料高通量制备聚焦于成分调控而忽略了冶金条件对金属材料的组织性能的影响。冶金条件的参数控制是高通量制备需要考虑的一环,冶金条件是建立新型材料数据库不可忽视的一环,因为即便是相同的合金成分设计,也会由于冶金条件的不同而使得最终合金的组织性能相去甚远。并且考察冶金条件的影响,也是使得金属材料高通量制备研究更全面、更丰富的未来发展方向。

发明内容

[0004] 为此,本发明提出一种金属材料高通量制备工艺用多功能高能束微区冶金熔炼炉,其能够在凝固过程中对熔炼中的材料进行气氛调控、冷却速率控制、振动频率控制、电磁感应以及通电等凝固条件的控制,从而调控微冶炉的各个功能区的参数达到对冶金条件的控制,为新型材料的研发提供了一种新的设备与方法。

[0005] 具体的,本发明提供了一种金属材料高通量制备工艺用多功能高能束微区冶金熔炼炉,其特征在于:

所述多功能高能束微区冶金熔炼炉包括炉体、冷却部、加热部、电磁感应部、振动部、处理器和承载平台;

所述炉体为呈倒锥台形的侧壁和底壁围绕而成的顶部开口的桶形结构;所述侧壁为层状复合结构,由内到外依次为耐热层、减震层、绝缘层和冷却层;

所述冷却部包括冷却水管路和电控阀门,至少部分所述冷却水管路螺旋环绕设置在所述冷却层中;

所述加热部包括加热台,所述炉体置于加热台上,所述加热台内部具有电阻丝加热器和热电偶;

所述电磁感应部包括电磁感应线圈,所述电磁感应线圈螺旋环绕设置在所述绝缘

层中；

所述振动部包括机械振动台和超声振动台；所述机械振动台上方设置有隔热陶瓷，所述加热台设置于所述隔热陶瓷上方；所述超声振动台设置于所述机械振动台的下方；

所述处理器与所述电控阀门、加热台、机械振动台、超声振动台和电磁感应线圈通信连接；

所述承载平台整体呈立方体状，所述炉体、冷却部、加热部、电磁感应部、振动部、处理器均内置于所述承载平台且所述炉体的顶部开口成为所述承载平台的开口。

[0006] 进一步优选的，所述加热台的上表面设有复数个导电插销，所述导电插销穿过炉体底壁并与放置于所述炉体内的熔炼坩埚相接触，以实现所述熔炼坩埚进行通电。

[0007] 进一步优选的，所述加热台、机械振动台和超声振动台共同组成多功能台，所述多功能台除加热台的上表面外的表面均被减震橡胶所包裹。

[0008] 进一步优选的，所述减震层的材料为减震橡胶。

[0009] 本发明还提供一种金属材料高通量制备系统，其特征在于：所述系统包括前述的多功能高能束微区冶金熔炼炉、气密装置、高通量控制平台和主控台；

所述高通量控制平台包括多个容置区划，每个所述容置区划放置一个所述多功能高能束微区冶金熔炼炉；

所述气密装置内设置有高能束热源，并可与所述多功能高能束微区冶金熔炼炉对接以封闭所述炉体的顶部开口实现密封；

所述主控台与气密装置、高通量控制平台和多功能高能束微区冶金熔炼炉的处理器通信连接。

[0010] 进一步优选的，气密装置包括圆柱形的底部开口的气密罩，所述气密罩底部开口边沿设有向内延伸的凸缘，所述凸缘上设有向下伸出的定位插销，与所述承载平台上的定位凹槽相配合，所述凸缘的延伸边缘设置有一圈气密橡胶。

[0011] 进一步优选的，所述气密装置包括供气管路和氧分仪；所述供气管路穿过气密罩壁进入气密罩并向下延伸以将进气口伸入所述炉体的内部；所述氧分仪的探头及气口设置在所述气密罩壁上。

[0012] 进一步优选的，所述金属材料高通量制备系统还包括高速摄像机和红外热像仪，所述高速摄像机和红外热像仪的探头及气口设于所述气密罩壁上。

[0013] 进一步优选的，所述金属材料高通量制备系统还包括预烧结线圈感应炉。

[0014] 本发明的多功能高能束微区冶金熔炼炉及金属材料高通量制备系统：

将多个多功能高能束微区冶金熔炼炉依据加工条件放入系统的高通量控制平台内，将特殊设计的高能束热源放置于微冶炉上方，气密封后通入选择的气氛，应用高能热源熔化预烧结后的材料后调控微冶炉的各个功能区的参数达到对冶金条件的控制，依此对各个微冶炉内的材料进行加工，可以得到大量成分以及冶金条件不同的具有不同组织与性能的金属材料，通过同时控制材料的成分、电磁环境、熔炼气氛、冷却速率、低频大幅振动环境、高频小幅振动环境以及通电环境，为新型材料的研发提供了一种新的设备与方法。

附图说明

[0015] 图1为本发明金属材料高通量制备系统的结构示意图。

- [0016] 图2为本发明多功能高能束微区冶金熔炼炉的结构示意图。
- [0017] 图3为本发明系统中气密装置处局部放大的结构示意图。
- [0018] 图4为本发明预烧结线圈感应炉的结构示意图。
- [0019] 图5为本发明第一种工艺条件制备得到合金试样的金相组织照片。
- [0020] 图6为本发明第二种工艺条件制备得到合金试样的金相组织照片。

具体实施方式

[0021] 以下将结合本发明实施例中的附图对本发明实施例中的技术方案进行描述。

[0022] 具体地,本发明的金属材料高通量制备系统包括以下组成部分,如图1所示,多功能高能束微区冶金熔炼炉52,包括气密罩47、氧分仪49、供气管路(包括例如气瓶50)在内的气密装置和高通量控制平台46,高速摄像机和红外热像仪57,主控台51。高通量控制平台46包括多个阵列设置的容置区划,每个容置区划放置一个多功能高能束微区冶金熔炼炉52,高通量控制平台46上设置有用于输送冷却液的进、出液管48。气密装置可与多功能高能束微区冶金熔炼炉52对接以封闭炉体的顶部开口实现密封。

[0023] 如图2所示,多功能高能束微区冶金熔炼炉52包括炉体、冷却部、加热部、电磁感应部、振动部、处理器和承载平台。炉体为呈倒锥台形的侧壁和底壁围绕而成的顶部开口的桶形结构;侧壁为层状复合结构,由内到外依次为耐热层、减震层、绝缘层和冷却层。冷却部包括冷却水管路33和电控阀门43,至少部分冷却水管路33螺旋环绕设置在冷却层中。加热部包括加热台39,炉体置于加热台39上,加热台内部具有用于加热的电阻丝加热器和用于监控温度的热电偶。电磁感应部包括电磁感应线圈34,电磁感应线圈34螺旋环绕设置在绝缘层中,并通过电线管路37实现与电源的电连接。振动部包括机械振动台41和超声振动台42;机械振动台41上方设置有隔热陶瓷40,加热台39设置于隔热陶瓷40上方;超声振动台42设置于机械振动台41的下方。处理器44与电控阀门43、加热台39、机械振动台41、超声振动台42和电磁感应线圈34通信连接,以实现处理器与上述组件的信息交互并对上述组件进行控制。承载平台整体呈立方体状(可参见图1中所示),炉体、冷却部、加热部、电磁感应部、振动部、处理器均内置于承载平台且炉体的顶部开口成为承载平台的开口。加热台39的上表面设有复数个(例如5个)导电插销38,其穿过炉体底壁并与放置于炉体内的熔炼坩埚相接触,以实现熔炼坩埚进行通电。加热台39、机械振动台41和超声振动台42共同组成多功能台,多功能台除加热台39的上表面外的表面均被减震橡胶36所包裹。减震层的材料也可为减震橡胶。承载平台的开口外缘设置有熔炼坩埚卡槽31和用于配合气密装置上定位插销而设置的定位凹槽32。处理器44的底部设有与系统的中控台相连接通信的数据接口45。承载平台的周壁上设有多个连接插销和连接卡槽35,以与两侧的其他承载平台进行连接。

[0024] 如图3所示,气密装置包括圆柱形的底部开口的气密罩47,气密罩47内设置有高能束热源53。气密罩47底部开口边沿设有向内延伸的凸缘,凸缘上设有向下伸出的定位插销以与承载平台上的定位凹槽32相配合,实现气密罩47与承载平台的固定,凸缘的延伸边缘设置有一圈气密橡胶54。气密装置包括供气管路(主要包括送气管线、电控气阀58和气瓶50)和氧分仪49;送气管线穿过气密罩壁进入气密罩47并向下延伸以将进气口55伸入炉体的内部;氧分仪49的探头及气口设置在气密罩壁上。高速摄像机和红外热像仪57的探头及气口56也设于气密罩壁上。

[0025] 使用本发明的系统实施时,具体如以下描述所示:

1. 首先将调配好设计合金成分的混合粉末送入预烧结线圈感应炉(具体结构可参见图4,其内部设置有电线30和感应加热线圈29)内的熔炼坩埚中。预烧结线圈感应炉内部的感应加热线圈29对熔炼坩埚内的混合粉末进行干燥以及预烧结。开始采用低频(300-600HZ),对混合粉末进行加热干燥,加热干燥5min后,提高感应炉的频率,采用中频(1200HZ-1500HZ),对试样进行预烧结,预烧结1min,将试样快速预烧结成小块。如果没有预烧结,原料为粉末状态会在后续高能束熔炼时粉末发生飞溅,造成污染且成形性不好,影响材料性能。熔炼坩埚下方设有5个凹口,是为后续与多功能高能束微区冶金熔炼炉52的导电插销38配合以实现固定所设计的。熔炼坩埚的材质需依靠所制备材料的理化性质而定。如所制备为铝,则坩埚可使用钢制或碳化钨制;加工钛,坩埚可使用钢制;加工钢,坩埚可使用铜制;加工镍,坩埚可使用碳化物制、石英制或氮化锆制。这种特殊设计的坩埚材质可以防止内部材料与坩埚材料发生反应或溶解,导致对得到的试样发生污染。

[0026] 2. 将预烧结的粉末与熔炼坩埚一同放入本发明的多功能高能束微区冶金熔炼炉52内。将所有多功能高能束微区冶金熔炼炉52放入高通量控制平台46内。多功能高能束微区冶金熔炼炉52的承载平台可采用钢制,炉体中空的内部凹槽用于放置熔炼坩埚,凹槽底部穿过有5个特殊设计的导电插销38,导电插销38下方连接多功能台,其多功能台上方为加热台39,中部为机械振动台41。加热台39与机械振动台41之间安装有刚性隔热陶瓷40(氧化铝陶瓷或氮化硅陶瓷),同时导电插销38与内部电源连接可以给熔炼坩埚通电。多功能台下部是超声振动台42。在接触熔炼坩埚的钢板外层(耐热层)以及下方多功能台外层均有一层减震材料(例如减震橡胶36)。导电插销38首先可以固定住熔炼坩埚,强迫熔炼坩埚与下方机械振动台41或超声振动器42一同做振动运动;其次,导电插销38头部电极连接电源,当需要在冶金过程中添加通电条件时,可以通过导电插销38头部电极,由下方处理器44控制电源向熔炼坩埚通电,以营造通电环境,通电的电压与电流可通过主控台51向处理器44发送信号以达到控制。多功能台上部的加热台39可以在熔炼过程前以及过程中加热熔炼坩埚底部,用于控制冶金过程,降低温度梯度,加热台39通过内设的电阻丝加热,最高可加热到300℃。加热台39内部还配有微型热电偶,可向处理器44以及主控台51实时传递加热台39的温度,可通过处理器44控制电阻丝加热器的通断以控制加热温度。刚性隔热陶瓷40首先是为了防止加热台39的高温对下方振动台造成损伤,同时其也能够固定住振动台与加热台,防止振动无法传递到上方熔炼坩埚。下方机械振动台41采用双机械马达振动,为营造冶金条件中的低频大幅振动条件,其振动频率可通过处理器44进行控制。机械振动台41下方为超声振动台42,可营造冶金条件中的高频小幅度振动条件,其振动频率也可通过处理器44进行控制。包裹多功能台以及熔炼坩埚的减震材料是为了防止振动对整个多功能高能束微区冶金熔炼炉52造成损伤,并降低外部的振动。整个多功能区通过下方两边进入的外部电源进行供电,由下方的连接外部主控台51的处理器44进行控制。

[0027] 承载平台的上表面设有包裹住熔炼坩埚开口的圆形的坩埚卡槽31,坩埚卡槽31内设有气密橡胶,坩埚卡槽31周边设有定位凹槽32。定位凹槽32是为后续与气密罩47定位使用,坩埚卡槽31以及内部的气密橡胶是为与气密罩47下方完全卡合,达到气密的效果。

[0028] 多功能高能束微区冶金熔炼炉52(微冶炉)内,在减震橡胶层外设有电磁感应线圈,其能够在冶金过程中营造电磁场环境,线圈的电流大小也可通过处理器44由主控台51

进行控制。感应线圈外则设有冷却部,其由多功能高能束微区冶金熔炼炉52左侧进冷却液右侧出冷却液,同时,左侧进液口可通过电控阀门43管理是否通冷却液,电控阀门43通过处理器44由主控台51进行控制。其可通不同温度的冷却水、液氮等液体,进而控制凝固过程中的冷却梯度。多功能高能束微区冶金熔炼炉52的承载平台的周侧壁上设有连接插销和连接卡槽35,可与两侧的其他承载平台进行对接连接。处理器44通过下方的数据接口45与外部主控台51连接,用于传递多功能高能束微区冶金熔炼炉52内部的各种参数以及控制多功能高能束微区冶金熔炼炉52的各个功能区。

[0029] 系统的高通量控制平台46如图1所示,可以设 8×12 (共96)个微冶炉区划,可一次加工96个不同成分以及冶金条件的试样。平台右侧设有8个进液口以及8个出液口48,用于给横排的微冶炉提供冷却液,共可营造8种不同的由冷却液控制的冶金条件。平台与所有的微冶炉内的处理器44的数据接口45相连,连通至外部主控台51进而对所有微冶炉进行统一控制与数据采集。

[0030] 3. 运行高通量控制平台46上方的高能束热源53,将套住高能束热源53的气密罩47紧密地扣在微冶炉的定位凹槽32上方,随后向气密罩47内通入气体,通过氧分仪49监控气密罩47内的气氛,进而调节气密罩47内的气氛。通入冷却液,将微冶炉内的各个功能区的参数通过主控台51进行调节,开通气密罩47内的高速摄像机和红外热像仪57对熔池进行监控,开通高能束热源53(如高能激光束或等离子束等)对熔炼坩埚内混合粉末进行熔炼。熔炼完成后,冷却1min后打开气密罩47,进行下一个微冶炉的熔炼。全部完成后,等待试样完全冷却后取出编号,以方便进行之后的表征。

[0031] 高能束热源53以及气密罩47如图3所示,高能束热源53可选用高能激光束或等离子束,具体参数(激光功率、加工时间、光斑尺寸、电流、电压等)需要视实验计划而改变。气密橡胶54的应用进一步提高了气密性。图3所示下方左侧配有送气管,外接多种气体气瓶50,气管通过特殊的形状直接深入熔炼坩埚内,充分保证坩埚内的气氛。外接气体可通过电控气阀58进行控制,电控气阀58通过主控台51进行控制,用于控制熔炼时的气氛,可向内通入氮气、氧气、氩气、氦气等多种气体。激光器内部配有熔池实时监控装置(摄像机与热像仪),用于对熔炼时的试样进行实时监控以及数据采集,因为调控熔炼条件会对熔炼过程试样内部的温度梯度、熔体流动、熔池形貌造成较大影响,所以需要实时采集。采集后的数据传输至主控台。

[0032]

实施例

[0033] 应用本系统对新型铝合金成分以及温度梯度进行了实验。成分上实验材料选用2219以及5A05铝合金,向其中加入不同含量的Mo与Cr,熔炼过程控制上通过改变激光功率、冷却液的使用以及加热台加热改变了冷却速率。坩埚选用钢制坩埚,冷却液分别选用水以及液氮,加热台分为室温以及 200°C ,保护气氛选用氮气,激光功率选用800W,1000W以及1500W。

[0034] 图5所示为掺杂了0.1%Mo的2219铝合金采用加热台 200°C 加热,无冷却液,激光功率采用1000W的试样的组织,可以看出组织晶粒较大。图6所示为掺杂了0.1%Mo的2219铝合金加热台不加热,采用冷却水冷却,激光功率采用1000W的试样的组织,可以看出其组织相

比图5更为精细,经过硬度测试后,图5组织显微硬度为78HV,而图6组织显微硬度为88HV,可以看出提高冷却速率降低了晶粒尺寸,提高了材料的硬度。

[0035] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

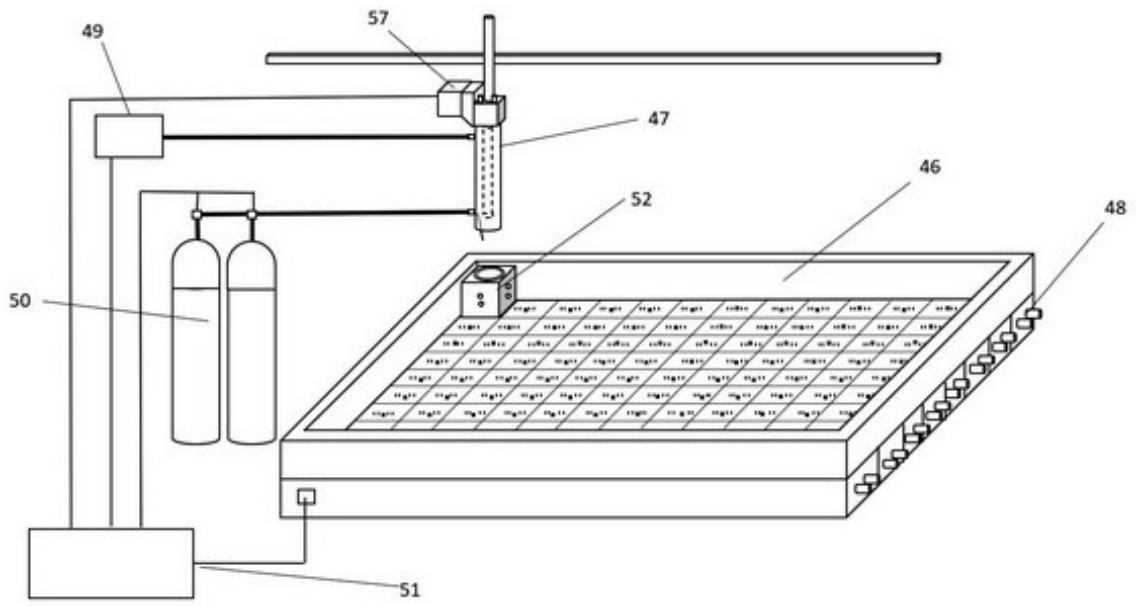


图1

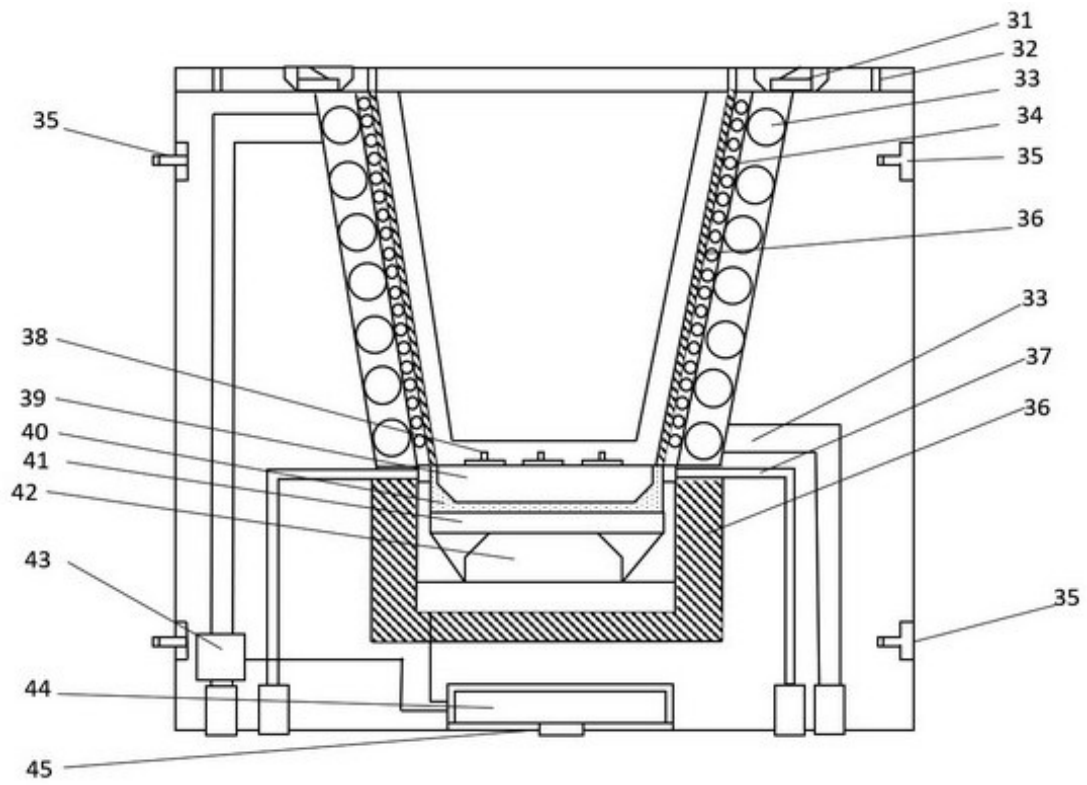


图2

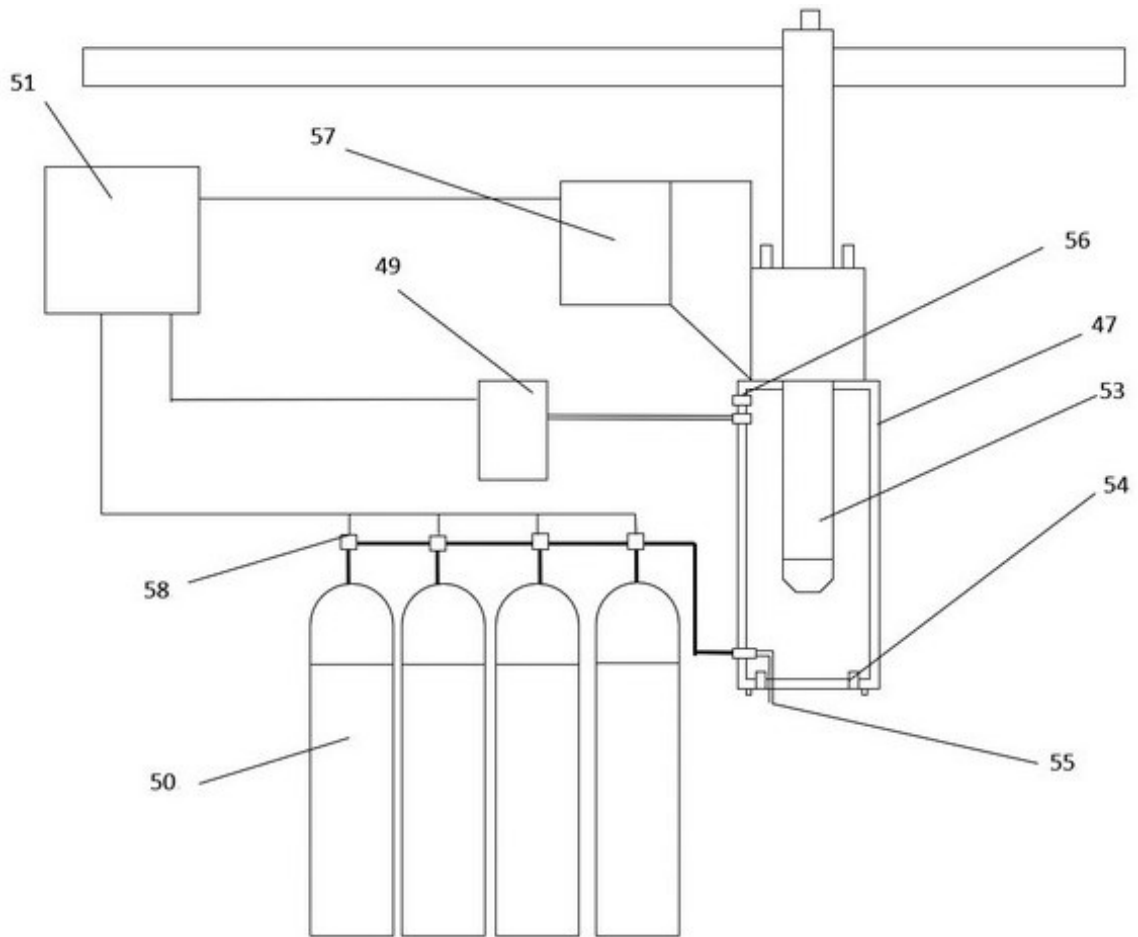


图3

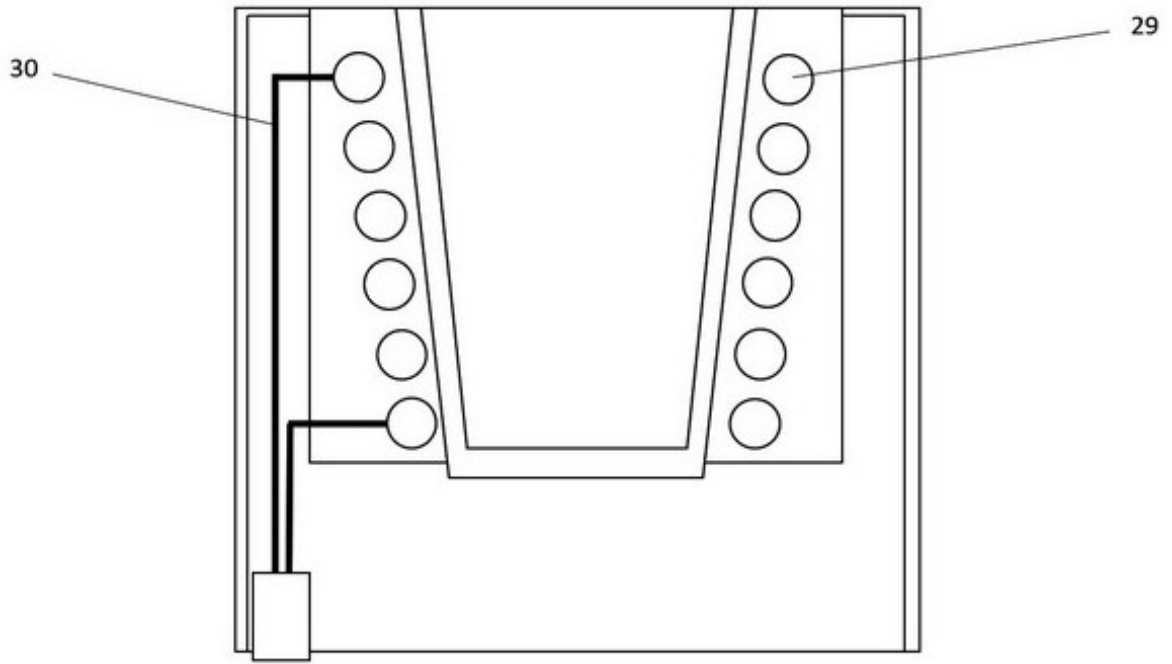


图4

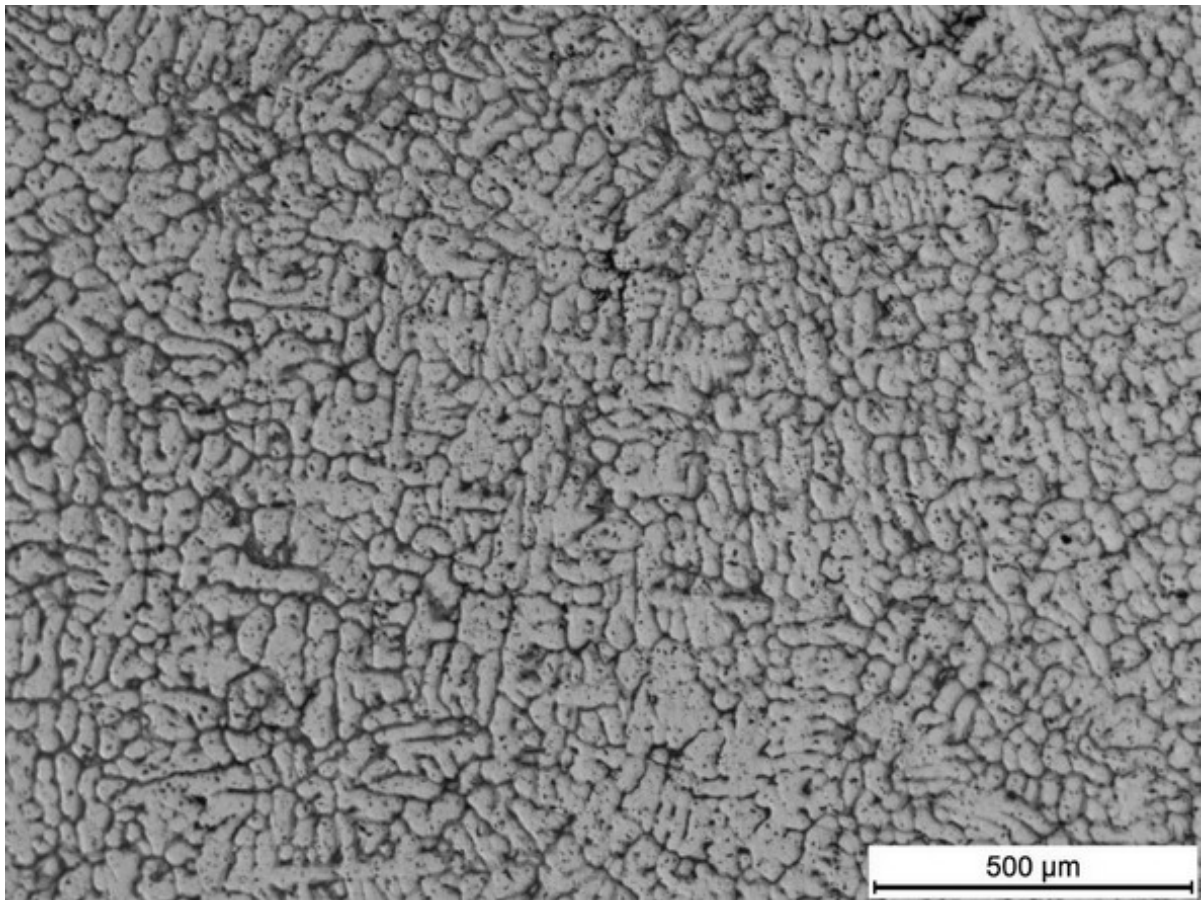


图5

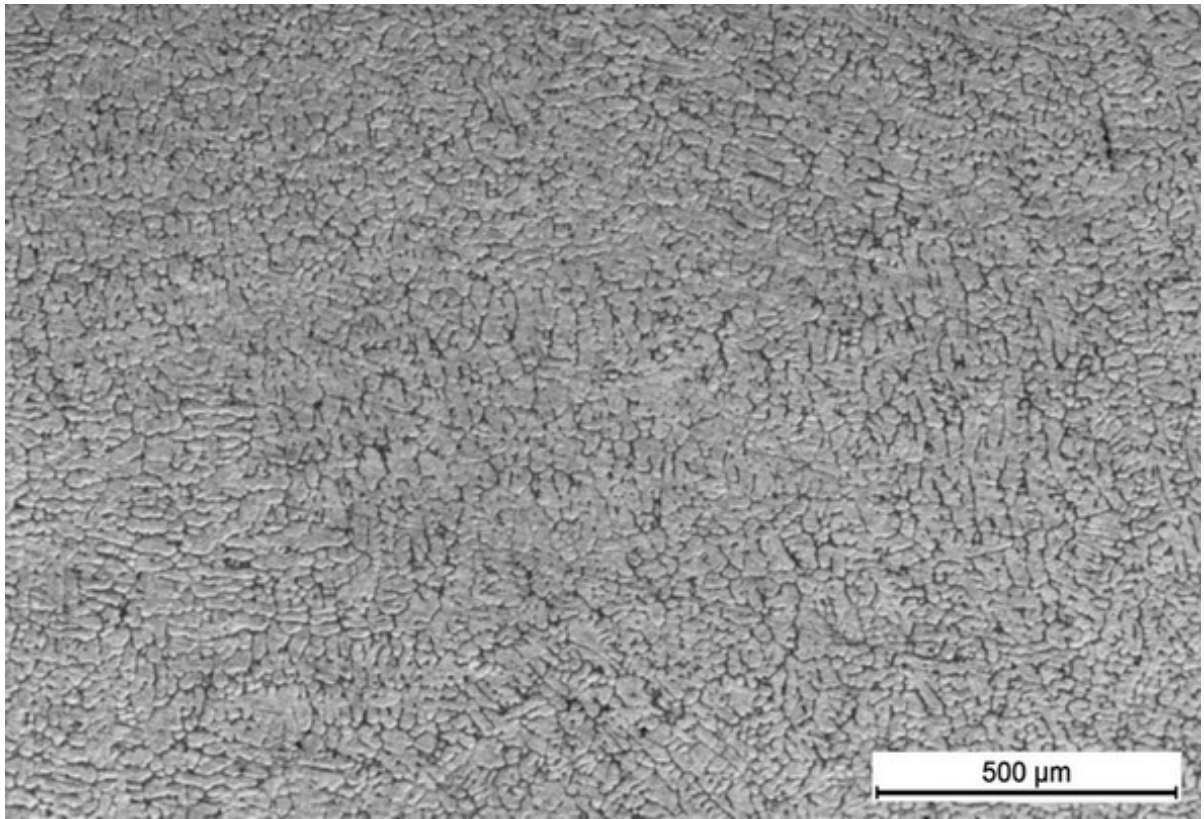


图6