(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107619924 B
(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201710900892.4
(22)申请日 2017.09.28
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107619924 A
(43)申请公布日 2018.01.23
(73)专利权人 重庆大学
地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号
(72)发明人 吕学伟 吕炜 吕学明 王伦伟 范刚强 白晨光
(74)专利代理机构 重庆博凯知识产权代理有限公司 50212
代理人 黄河
(51)Int.Cl.
C22B 1/24(2006.01)
C22B 1/00(2006.01)
F26B 23/08(2006.01)
审查员 赵业青

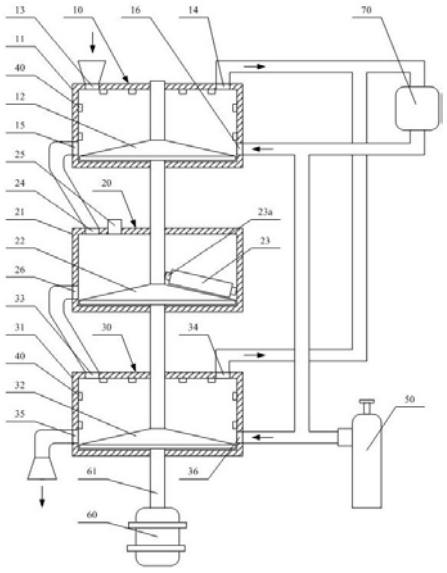
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法

(57)摘要

本发明提供了一种微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法，该微波分步强化干燥红土镍矿的方法让待干燥处理的红土镍矿依次通过系统中的第一微波干燥装置、挤压造粉混合装置和第二微波干燥装置实行分步干燥，在两个干燥步骤中增加一项破碎混匀配加冶金粉尘工艺，混匀有利于微波均匀干燥，提高了能量的有效利用效率和干燥效果；此外，向微波干燥设备中通入防氧化气体可以将炉内大量水蒸气及时带出，降低微波炉内的蒸汽压使得水蒸气的蒸发朝着正向进行；且整个处理过程中不需要消耗额外的水资源，也不会造成环境污染；因此，本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法解决了现有技术中工艺复杂、生产效率低、能耗大、污染大、干燥效果差等问题。



CN 107619924 B

1.一种微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，包括第一微波干燥装置、第二微波干燥装置以及位于二者之间的挤压造粉混合装置；

所述第一微波干燥装置包括整体呈竖向设置的圆筒状的第一干燥仓，第一干燥仓内布设有微波发生器，第一干燥仓的内侧底面上铺设有第一环形传送带，且第一干燥仓的顶部设有第一物料进料口和第一排气口，第一干燥仓的侧壁底部位置处设有第一物料排料口和第一进气口；

所述挤压造粉混合装置包括整体呈竖向设置的圆筒状的造粉混合仓，造粉混合仓的内侧底面上铺设有第二环形传送带，且造粉混合仓内位于第二环形传送带的传送带面上方横向设置有碾压辊，且碾压辊的横向延伸长度覆盖其所在第二环形传送带位置的传送带面宽度，并与其所在第二环形传送带位置的传送带面相配合使得传送带面作为碾压面，造粉混合仓的顶部上位于碾压辊所在第二环形传送带位置的传送前侧的上方位置处相邻设置有第二物料进料口和粉料进料口，造粉混合仓的侧壁底部位于碾压辊所在第二环形传送带位置的传送后侧位置处设有第二物料排料口；

所述第二微波干燥装置包括整体呈竖向设置的圆筒状的第二干燥仓，第二干燥仓内布设有微波发生器，第二干燥仓的内侧底面上铺设有第三环形传送带，且第二干燥仓的顶部设有第三物料进料口和第二排气口，第二干燥仓的侧壁底部位置处设有第三物料排料口和第二进气口；

所述第一微波干燥装置的第一物料进料口作为红土镍矿进料口，第一微波干燥装置的第一物料排料口与挤压造粉混合装置的第二物料进料口相连通，挤压造粉混合装置的第二物料排料口与第二微波干燥装置的第三物料进料口相连通，第二微波干燥装置的第三物料排料口作为干燥后红土镍矿物料的出料口；第一微波干燥装置的第一进气口和第二微波干燥装置的第二进气口分别连通至一个防氧化气体储气罐的送气口；所述第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带和碾压辊均通过传动总成结构与一个驱动电机的驱动轴相连接，由该驱动电机通过传动总成结构驱动转动。

2.根据权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，所述第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带的传送带面均设置为内环侧高、外环侧低的倾斜状态。

3.根据权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，所述第一微波干燥装置的第一物料排料口位置处设有从第一物料排料口向第一干燥仓内部中心位置横向延伸的第一排料挡块，且第一排料挡块的下端面与第一干燥仓内第一环形传送带的传送带面相贴合，使得在第一干燥仓内随第一环形传送带运行移动的物料能够被第一排料挡块推移至第一物料排料口；

所述挤压造粉混合装置的第二物料排料口位置处设有从第二物料排料口向造粉混合仓内部中心位置横向延伸的第二排料挡块，且第二排料挡块的下端面与造粉混合仓内第二环形传送带的传送带面相贴合，使得在造粉混合仓内随第二环形传送带运行移动的物料能够被第二排料挡块推移至第二物料排料口；

所述第二微波干燥装置的第三物料排料口位置处设有从第三物料排料口向第二干燥仓内部中心位置横向延伸的第三排料挡块，且第三排料挡块的下端面与第二干燥仓内第三环形传送带的传送带面相贴合，使得在第二干燥仓内随第三环形传送带运行移动的物料能

够被第一排料挡块推移至第三物料排料口。

4.根据权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，所述第一微波干燥装置、挤压造粉混合装置和第二微波干燥装置由上至下依次竖向排列布置；

所述传动总成结构包括竖向设置的与驱动电机的驱动轴相连接的竖向传动杆，所述竖向传动杆共轴心线地穿入至第一干燥仓、造粉混合仓和第二干燥仓内，并分别穿设在第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带的中心转轴上，以带动第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带转动；传动总成结构还包括设置在造粉混合仓内与碾压辊同轴连接的碾压驱动轴，所述碾压驱动轴与竖向传动杆通过锥齿轮直角传动结构传动连接。

5.根据权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，所述第一微波干燥装置、挤压造粉混合装置和第二微波干燥装置依次横向排列布置；

所述传动总成结构包括横向设置的与驱动电机的驱动轴相连接的横向传动杆，以及分别穿入至第一干燥仓、造粉混合仓和第二干燥仓内的第一竖向传动杆、第二竖向传动杆和第三竖向传动杆，所述第一竖向传动杆、第二竖向传动杆和第三竖向传动杆分别穿设在第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带的中心转轴上，以带动第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带转动，且第一竖向传动杆、第二竖向传动杆和第三竖向传动杆分别通过第一锥齿轮直角传动结构与所述横向传动杆传动连接；传动总成结构还包括设置在造粉混合仓内与碾压辊同轴连接的碾压驱动轴，所述碾压驱动轴与第二竖向传动杆通过第二锥齿轮直角传动结构传动连接。

6.根据权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，所述第一微波干燥装置的第一排气口和第二微波干燥装置的第二排气口分别连通至一个除湿干燥装置的混合气进气口，且除湿干燥装置的干燥排气口分别连通至第一微波干燥装置的第一进气口和第二微波干燥装置的第二进气口。

7.根据权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，所述第一微波干燥装置中的第一环形传送带和第二微波干燥装置中的第三环形传送带为陶瓷、石英玻璃或橡胶材质；所述挤压造粉混合装置中的第二环形传送带为硬质金属材质。

8.根据权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其特征在于，所述第一微波干燥装置中，第一物料进料口设置在第一干燥仓的顶部对应于第一物料排料口上方的位置处，且第一干燥仓内位于第一物料进料口正下方固定设置有第一倾斜挡板，该第一倾斜挡板由上至下地朝向其正下方位置处第一环形传送带运行转动的线速度方向倾斜；所述第二微波干燥装置中，第三物料进料口设置在第二干燥仓的顶部对应于第三物料排料口上方的位置处，且第二干燥仓内位于第三物料进料口正下方固定设置有第二倾斜挡板，该第二倾斜挡板由上至下地朝向其正下方位置处第一环形传送带运行转动的线速度方向倾斜。

9.一种微波分步强化干燥红土镍矿的方法，其特征在于，采用如权利要求1所述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统实施干燥处理，包括如下步骤：

1)启动第一微波干燥装置和第二微波干燥装置中的各微波发生器运行，且启动驱动电机，使得驱动电机通过传动总成结构驱动第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带以及碾压辊运行转动，并开启防氧化气体储气罐分别通过第一进气口和第二进气口向第一干燥仓和第二干燥仓内持续通入防氧化气体；

2)将待干燥处理的红土镍矿通过第一物料进料口送入至第一微波干燥装置的第一干燥仓后,红土镍矿在第一干燥仓内随第一环形传送带移动,并在防氧化气体环境下进行第一次的微波加热干燥,水蒸气随防氧化气体从第一排气口排出第一干燥仓,直至红土镍矿被第一环形传送带送至第一微波干燥装置的第一物料排料口排出,经第二物料进料口进入挤压造粉混合装置;

3)向红土镍矿在挤压造粉混合装置的粉料进料口通入含金属铁颗粒粉料,使得进入挤压造粉混合装置的造粉混合仓内的红土镍矿与含金属铁颗粒粉料一起随第二环形传送带移动,经碾压辊碾压混合成为颗粒状的红土镍矿混合物料,再由第二环形传送带送至挤压造粉混合装置的第二物料排料口排出,经第三物料进料口进入第二微波干燥装置;

4)红土镍矿混合物料在第二干燥仓内随第三环形传送带移动,并在防氧化气体环境下进行第二次的微波加热干燥,水蒸气随防氧化气体从第二排气口排出第二干燥仓,直至红土镍矿混合物料被第三环形传送带送至第二微波干燥装置的第三物料排料口排出并加以收集,完成对红土镍矿的干燥处理。

10.根据权利要求9所述的微波分步强化干燥红土镍矿的方法,其特征在于,所述步骤1)中,启动第一微波干燥装置和第二微波干燥装置中的各微波发生器运行后,控制第一干燥仓内和第二干燥仓内的微波功率为200~1000kW;且启动驱动电机驱动第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带以及碾压辊运行转动后,控制第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带的转速为0.02-0.2r/min。

一种微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金化工矿物干燥技术领域，具体涉及一种微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法。

背景技术

[0002] 由于不锈钢具有优良的耐腐蚀性而备受青睐，在军事、工业或民用中都有着广泛的应用。镍铁作为不锈钢冶炼的不可或缺的重要原料，随着世界不锈钢需求的不断增长推动了镍铁需求量极大的提高。但是，与巨大的镍需求量相比，中国属于镍资源匮乏的国家。随着硫化镍矿资源的枯竭促进了红土矿的利用，中国每年进口菲律宾红土矿的比例也大幅提高。红土矿含水(自由水、结晶水)多，镍分布弥散、晶粒细小，难于富集，且冶炼困难，加工能耗高，火法冶炼必须对红土矿进行干燥处理。

[0003] 红土矿含水量过高直接影响后续烧结工艺的进行，导致生产效率低、能耗大等问题是困扰不锈钢生产企业的一系列共性难题。当前干燥工艺是采用回转窑通过传统加热方式进行加热干燥。主要原理是用煤加热周围的环境，以热量的辐射或通过热空气对流的方式使物体的表面得到加热，然后通过热传导将热量传导到物体的内部，使得水分逐渐蒸发。这种由表到里的热传导方式加热方法存在操作流程复杂、能耗高、效率低、时间长、加热不均匀、污染大、生产条件差、物料易结壳破裂、影响回转窑寿命、干燥不彻底等缺点，严重阻碍了企业经济效益的进一步提升。

[0004] 因此亟需一种新的易于操作、能耗和成本低、效率高的红土镍矿干燥工艺。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的上述不足，本发明的目的在于提供一种微波分步强化干燥红土镍矿的系统，其用于通过微波加热的方式对红土镍矿进行分步式的干燥处理，以达到低能耗、高效率、清洁、无污染的干燥处理效果，且易于使用和操作，有利于降低红土镍矿干燥处理成本，能够用以解决现有技术中红土镍矿干燥处理操作流程复杂、能耗和成本高、效率低、污染大、干燥不彻底等问题。

[0006] 为实现上述目的，本发明采用了如下的技术方案：

[0007] 一种微波分步强化干燥红土镍矿的系统，包括第一微波干燥装置、第二微波干燥装置以及位于二者之间的挤压造粉混合装置；

[0008] 所述第一微波干燥装置包括整体呈竖向设置的圆筒状的第一干燥仓，第一干燥仓内布设有微波发生器，第一干燥仓的内侧底面上铺设有第一环形传送带，且第一干燥仓的顶部设有第一物料进料口和第一排气口，第一干燥仓的侧壁底部位置处设有第一物料排料口和第一进气口；

[0009] 所述挤压造粉混合装置包括整体呈竖向设置的圆筒状的造粉混合仓，造粉混合仓的内侧底面上铺设有第二环形传送带，且造粉混合仓内位于第二环形传送带的传送带面上方横向设置有碾压辊，且碾压辊的横向延伸长度覆盖其所在第二环形传送带位置的传送带

面宽度，并与其所在第二环形传送带位置的传送带面相配合使得传送带面作为碾压面，造粉混合仓的顶部上位于碾压辊所在第二环形传送带位置的传送前侧的上方位置处相邻设置有第二物料进料口和粉料进料口，造粉混合仓的侧壁底部位于碾压辊所在第二环形传送带位置的传送后侧位置处设有第二物料排料口；

[0010] 所述第二微波干燥装置包括整体呈竖向设置的圆筒状的第二干燥仓，第二干燥仓内布设有微波发生器，第二干燥仓的内侧底面上铺设有第三环形传送带，且第二干燥仓的顶部设有第三物料进料口和第二排气口，第二干燥仓的侧壁底部位置处设有第三物料排料口和第二进气口；

[0011] 所述第一微波干燥装置的第一物料进料口作为红土镍矿进料口，第一微波干燥装置的第一物料排料口与挤压造粉混合装置的第二物料进料口相连通，挤压造粉混合装置的第二物料排料口与第二微波干燥装置的第三物料进料口相连通，第二微波干燥装置的第三物料排料口作为干燥后红土镍矿物料的出料口；第一微波干燥装置的第一进气口和第二微波干燥装置的第二进气口分别连通至一个防氧化气体储气罐的送气口；所述第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带和碾压辊均通过传动总成结构与一个驱动电机的驱动轴相连接，由该驱动电机通过传动总成结构驱动转动。

[0012] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，作为优选方案，所述第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带的传送带面均设置为内环侧高、外环侧低的倾斜状态。

[0013] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，作为优选方案，所述第一微波干燥装置的第一物料排料口位置处设有从第一物料排料口向第一干燥仓内部中心位置横向延伸的第一排料挡块，且第一排料挡块的下端面与第一干燥仓内第一环形传送带的传送带面相贴合，使得在第一干燥仓内随第一环形传送带运行移动的物料能够被第一排料挡块推移至第一物料排料口；

[0014] 所述挤压造粉混合装置的第二物料排料口位置处设有从第二物料排料口向造粉混合仓内部中心位置横向延伸的第二排料挡块，且第二排料挡块的下端面与造粉混合仓内第二环形传送带的传送带面相贴合，使得在造粉混合仓内随第二环形传送带运行移动的物料能够被第二排料挡块推移至第二物料排料口；

[0015] 所述第二微波干燥装置的第三物料排料口位置处设有从第三物料排料口向第二干燥仓内部中心位置横向延伸的第三排料挡块，且第三排料挡块的下端面与第二干燥仓内第三环形传送带的传送带面相贴合，使得在第二干燥仓内随第三环形传送带运行移动的物料能够被第一排料挡块推移至第三物料排料口。

[0016] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，作为一种可选择方案，所述第一微波干燥装置、挤压造粉混合装置和第二微波干燥装置由上至下依次竖向排列布置；

[0017] 所述传动总成结构包括竖向设置的与驱动电机的驱动轴相连接的竖向传动杆，所述竖向传动杆共轴心线地穿入至第一干燥仓、造粉混合仓和第二干燥仓内，并分别穿设在第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带的中心转轴上，以带动第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带转动；传动总成结构还包括设置在造粉混合仓内与碾压辊同轴连接的碾压驱动轴，所述碾压驱动轴与竖向传动杆通过锥齿轮直角传动结构传动连接。

[0018] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，作为另一种可选择方案，所述第一微波干燥装置、挤压造粉混合装置和第二微波干燥装置依次横向排列布置；

[0019] 所述传动总成结构包括横向设置的与驱动电机的驱动轴相连接的横向传动杆，以及分别穿入至第一干燥仓、造粉混合仓和第二干燥仓内的第一竖向传动杆、第二竖向传动杆和第三竖向传动杆，所述第一竖向传动杆、第二竖向传动杆和第三竖向传动杆分别穿设在第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带的中心转轴上，以带动第一环形传送带、第二环形传送带和第三环形传送带转动，且第一竖向传动杆、第二竖向传动杆和第三竖向传动杆分别通过第一锥齿轮直角传动结构与所述横向传动杆传动连接；传动总成结构还包括设置在造粉混合仓内与碾压辊同轴连接的碾压驱动轴，所述碾压驱动轴与第二竖向传动杆通过第二锥齿轮直角传动结构传动连接。

[0020] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，作为优选方案，所述第一微波干燥装置的第一排气口和第二微波干燥装置的第二排气口分别连通至一个除湿干燥装置的混合气进气口，且除湿干燥装置的干燥排气口分别连通至第一微波干燥装置的第一进气口和第二微波干燥装置的第二进气口。

[0021] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，作为优选方案，所述第一微波干燥装置中的第一环形传送带和第二微波干燥装置中的第三环形传送带为陶瓷、石英玻璃或橡胶材质；所述挤压造粉混合装置中的第二环形传送带为硬质金属材质。

[0022] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，作为优选方案，所述第一微波干燥装置中，第一物料进料口设置在第一干燥仓的顶部对应于第一物料排料口上方的位置处，且第一干燥仓内位于第一物料进料口正下方固定设置有第一倾斜挡板，该第一倾斜挡板由上至下地朝向其正下方位置处第一环形传送带运行转动的线速度方向倾斜；所述第二微波干燥装置中，第三物料进料口设置在第二干燥仓的顶部对应于第三物料排料口上方的位置处，且第二干燥仓内位于第三物料进料口正下方固定设置有第二倾斜挡板，该第二倾斜挡板由上至下地朝向其正下方位置处第一环形传送带运行转动的线速度方向倾斜。

[0023] 相应地，本发明还提供了采用上述微波分步强化干燥红土镍矿的系统实施红土镍矿干燥处理的方法；为此，本发明提供了如下的技术方案：

[0024] 一种微波分步强化干燥红土镍矿的方法，采用上述的微波分步强化干燥红土镍矿的系统实施干燥处理，包括如下步骤：

[0025] 1)启动第一微波干燥装置和第二微波干燥装置中的各微波发生器运行，且启动驱动电机，使得驱动电机通过传动总成结构驱动第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带以及碾压辊运行转动，并开启防氧化气体储气罐分别通过第一进气口和第二进气口向第一干燥仓和第二干燥仓内持续通入防氧化气体；

[0026] 2)将待干燥处理的红土镍矿通过第一物料进料口送入至第一微波干燥装置的第一干燥仓后，红土镍矿在第一干燥仓内随第一环形传送带移动，并在防氧化气体环境下进行第一次的微波加热干燥，水蒸气随防氧化气体从第一排气口排出第一干燥仓，直至红土镍矿被第一环形传送带送至第一微波干燥装置的第一物料排料口排出，经第二物料进料口进入挤压造粉混合装置；

[0027] 3)向红土镍矿在挤压造粉混合装置的粉料进料口通入含金属铁颗粒粉料，使得进入挤压造粉混合装置的造粉混合仓内的红土镍矿与含金属铁颗粒粉料一起随第二环形传

送带移动，经碾压辊碾压混合成为颗粒状的红土镍矿混合物料，再由第二环形传送带送至挤压造粉混合装置的第二物料排料口排出，经第三物料进料口进入第二微波干燥装置；

[0028] 4)红土镍矿混合物料在第二干燥仓内随第三环形传送带移动，并在防氧化气体环境下进行第二次的微波加热干燥，水蒸气随防氧化气体从第二排气口排出第二干燥仓，直至红土镍矿混合物料被第三环形传送带送至第二微波干燥装置的第三物料排料口排出并加以收集，完成对红土镍矿的干燥处理。

[0029] 上述的微波分步强化干燥红土镍矿的方法中，作为优选方案，所述步骤1)中，启动第一微波干燥装置和第二微波干燥装置中的各微波发生器运行后，控制第一干燥仓内和第二干燥仓内的微波功率为200~1000kW；且启动驱动电机驱动第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带以及碾压辊运行转动后，控制第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带的转速为0.02-0.2r/min。

[0030] 相比于现有技术，本发明具有如下有益效果：

[0031] 1、本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法，利用微波干燥预还原红土镍矿矿物原料。微波这种清洁能源干燥预还原红土镍矿具有干燥均匀，热效率高、清洁无污染、启动和停止加热非常迅速，能量浪费少。可以显著提高生产效率、降低能耗、改善生产条件、提高经济效益等传统加热方式无法比拟的优点。

[0032] 2、本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法中，由于微波干燥过程中物质越均匀干燥效果越好，所以实行分步干燥，在两个干燥步骤中增加一项破碎混匀配加冶金粉尘工艺，混匀有利于微波均匀干燥，配加冶金粉尘有利于辅助吸波提高干燥效率，提高了能量的有效利用效率和干燥效果。此外，向微波干燥设备中通入气体可以将炉内大量水蒸气及时带出，降低微波炉内的蒸汽压使得水蒸气的蒸发朝着正向进行。

[0033] 3、本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法中，能够对干燥过程中产生的大量水分回收再利用，进一步的节省水资源消耗。

[0034] 4、本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法，为高效清洁低耗干燥红土镍矿提供了一种新工艺，解决了现有技术中工艺复杂、生产效率低、能耗大、污染大、干燥效果差等问题。

附图说明

[0035] 图1是本发明微波分步强化干燥红土镍矿的系统的一种实施方式结构示意图。

[0036] 图2是本发明微波分步强化干燥红土镍矿的系统的另一种实施方式结构示意图。

[0037] 图3是本发明实施例一中制备所得一次干燥红土矿样品的XRD物相图。

[0038] 图4是本发明实施例一中制备所得二次干燥红土矿样品的XRD物相图。

具体实施方式

[0039] 针对于现有技术中红土镍矿干燥处理操作流程复杂、能耗和成本高、效率低、干燥不彻底等问题，本发明采用微波加热的方式对红土镍矿进行干燥处理。微波加热干燥不同于传统干燥方式，其热传导方向与水分扩散方向相同。与传统干燥方式相比，微波加热干燥具有干燥速率大、节能、生产效率高、干燥均匀、清洁生产、易实现自动化控制和提高产品质量等优点。因此，微波加热干燥可以用来大批量干燥红土镍矿，克服当前不锈钢生产企业在

红土镍矿干燥所面临的一系列难题。并且，为了更好的保证干燥处理效果，改善干燥不彻底的问题，本发明采用了分步式微波加热干燥的设计方案，并针对性的设计了微波分步强化干燥红土镍矿的系统以及相应的处理方法。

[0040] 本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统整体结构如图1和图2所示，包括第一微波干燥装置10、第二微波干燥装置30以及位于二者之间的挤压造粉混合装置20。其中，第一微波干燥装置10包括整体呈竖向设置的圆筒状的第一干燥仓11，第一干燥仓11内布设有微波发生器40，第一干燥仓11的内侧底面上铺设有第一环形传送带12，且第一干燥仓11的顶部设有第一物料进料口13和第一排气口14，第一干燥仓11的侧壁底部位置处设有第一物料排料口15和第一进气口16。挤压造粉混合装置20包括整体呈竖向设置的圆筒状的造粉混合仓21，造粉混合仓21的内侧底面上铺设有第二环形传送带22，且造粉混合仓21内位于第二环形传送带的传送带面上方横向设置有碾压辊23，且碾压辊23的横向延伸长度覆盖其所在第二环形传送带位置的传送带面宽度，并与其所在第二环形传送带位置的传送带面相配合使得传送带面作为碾压面，造粉混合仓21的顶部上位于碾压辊所在第二环形传送带位置的传送前侧的上方位置处相邻设置有第二物料进料口24和粉料进料口25，造粉混合仓21的侧壁底部位于碾压辊所在第二环形传送带位置的传送后侧位置处设有第二物料排料口26。第二微波干燥装置30包括整体呈竖向设置的圆筒状的第二干燥仓31，第二干燥仓内布设有微波发生器40，第二干燥仓31的内侧底面上铺设有第三环形传送带32，且第二干燥仓31的顶部设有第三物料进料口33和第二排气口34，第二干燥仓31的侧壁底部位置处设有第三物料排料口35和第二进气口36。第一微波干燥装置10的第一物料进料口13作为红土镍矿进料口，第一微波干燥装置10的第一物料排料口15与挤压造粉混合装置20的第二物料进料口24相连通，挤压造粉混合装置20的第二物料排料口26与第二微波干燥装置30的第三物料进料口33相连通，第二微波干燥装置30的第三物料排料口35作为干燥后红土镍矿物料的出料口；第一微波干燥装置10的第一进气口16和第二微波干燥装置30的第二进气口36分别连通至一个防氧化气体储气罐50的送气口；所述第一环形传送带12、第二环形传送带22、第三环形传送带32和碾压辊23均通过传动总成结构与一个驱动电机60的驱动轴相连接，由该驱动电机60通过传动总成结构驱动转动。

[0041] 需要说明的是，在本发明中所述的传送前侧、传送后侧是相对于传送带的传送运行方向而言的；在某指定位置的传送前侧，是指传送带运行过程中，沿传送带运行方向到达该指定位置之前会经过的位置；在某指定位置的传送前侧，则是指传送带运行过程中，沿传送带运行方向到达该指定位置之后会经过的位置。

[0042] 在本发明微波分步强化干燥红土镍矿的系统中，第一微波干燥装置、挤压造粉混合装置、第二微波干燥装置三者可以采用竖向排列布置或横向排列布置的分布形式。若如图1所示，第一微波干燥装置10、挤压造粉混合装置20和第二微波干燥装置30采用由上至下依次竖向排列布置的方式，则传动总成结构可以设计为包括竖向设置的与驱动电机60的驱动轴相连接的竖向传动杆61，所述竖向传动杆61共轴心线地穿入至第一干燥仓11、造粉混合仓21和第二干燥仓31内，并分别穿设在第一环形传送带12、第二环形传送带22和第三环形传送带32的中心转轴上，以带动第一环形传送带12、第二环形传送带22和第三环形传送带32转动；同时，传动总成结构还包括设置在造粉混合仓21内与碾压辊23同轴连接的碾压驱动轴23a，该碾压驱动轴23a与竖向传动杆61通过锥齿轮直角传动结构传动连接，以对碾

压驱动轴形成驱动。而如果如图2所示，第一微波干燥装置10、挤压造粉混合装置20和第二微波干燥装置30依次横向排列布置的方式，则传动总成结构可以设计为包括横向设置的与驱动电机60的驱动轴相连接的横向传动杆62，以及分别穿入至第一干燥仓11、造粉混合仓21和第二干燥仓31内的第一竖向传动杆63、第二竖向传动杆64和第三竖向传动杆65，所述第一竖向传动杆63、第二竖向传动杆64和第三竖向传动杆65分别穿设在第一环形传送带12、第二环形传送带22和第三环形传送带32的中心转轴上，以带动第一环形传送带12、第二环形传送带22和第三环形传送带32转动，且第一竖向传动杆63、第二竖向传动杆64和第三竖向传动杆65分别通过第一锥齿轮直角传动结构与所述横向传动杆62传动连接；同样，传动总成结构还包括设置在造粉混合仓21内与碾压辊23同轴连接的碾压驱动轴，23a该碾压驱动轴23a与第二竖向传动杆64通过第二锥齿轮直角传动结构传动连接，以对碾压驱动轴形成驱动。当然，若第一微波干燥装置、挤压造粉混合装置和第二微波干燥装置采用图2所示的横向排列布置方式，由于第一微波干燥装置的第一物料排料口与挤压造粉混合装置的第二物料进料口之间、挤压造粉混合装置的第二物料排料口与第二微波干燥装置的第三物料进料口之间均存在高度差，因此最好采用螺旋送料器进行连通连接，并且螺旋送料器能够控制物料转移的送料速率，从而更有利于根据对红土镍矿的干燥速率而相应地调整螺旋送料器的送料速率。

[0043] 作为优选的设计方式，如图1和图2所示，在本发明微波分步强化干燥红土镍矿的系统的第一微波干燥装置10、挤压造粉混合装置20和第二微波干燥装置30中，第一环形传送带12、第二环形传送带22和第三环形传送带32的传送带面均设置为内环侧高、外环侧低的倾斜状态，以使得物料在倾斜的传送带面上能够靠外环侧移动，从而利于物料在第一干燥仓内11、造粉混合仓21、第二干燥仓31内运输过程中移动至各自的物料排料口位置处是容易被排出。

[0044] 或者，作为另一种优选设计方式，可以在第一微波干燥装置的第一物料排料口位置处设有从第一物料排料口向第一干燥仓内部中心位置横向延伸的第一排料挡块，且第一排料挡块的下端面与第一干燥仓内第一环形传送带的传送带面相贴合，使得在第一干燥仓内随第一环形传送带运行移动的物料能够被第一排料挡块推移至第一物料排料口；在挤压造粉混合装置的第二物料排料口位置处设有从第二物料排料口向造粉混合仓内部中心位置横向延伸的第二排料挡块，且第二排料挡块的下端面与造粉混合仓内第二环形传送带的传送带面相贴合，使得在造粉混合仓内随第二环形传送带运行移动的物料能够被第二排料挡块推移至第二物料排料口；在第二微波干燥装置的第三物料排料口位置处设有从第三物料排料口向第二干燥仓内部中心位置横向延伸的第三排料挡块，且第三排料挡块的下端面与第二干燥仓内第三环形传送带的传送带面相贴合，使得在第二干燥仓内随第三环形传送带运行移动的物料能够被第一排料挡块推移至第三物料排料口；由此，在三个仓体内都增加了各自的排料挡块结构，进一步帮助将物料在第一干燥仓内、造粉混合仓、第二干燥仓内运输过程中被推移排出。

[0045] 此外，如图1和图2所示，第一微波干燥装置10内的微波发生器40可以设计为均匀分布设置在第一干燥仓11的侧壁和顶面上，同样，第二微波干燥装置30内的微波发生器40也可以设计为均匀分布设置在第二干燥仓31的侧壁和顶面上，以保证第一微波干燥装置10和第二微波干燥装置30内的微波场均衡，保证物料在第一微波干燥装置和第二微波干燥装

置内能够在微波场下均匀受热。

[0046] 考虑到用途的不同，第一微波干燥装置中的第一环形传送带和第二微波干燥装置中的第三环形传送带最好采用陶瓷、石英玻璃或橡胶材质，因为第一干燥仓和第二干燥仓的环境内有微波场，如果采用金属材质的传送带，金属材质会吸收微波能而发热，不仅金属传送带容易受热变形损坏，也造成了微波能损失；陶瓷、石英玻璃或橡胶材质在微波场下则不会造成受热变形和微波能损失问题，且能够较好的实现物料传送功能。而挤压造粉混合装置中的第二环形传送带则最好采用硬质金属材质，因为第二环形传送带需要作为碾压面，需要具有质硬、不易碎、耐磨等特性，因此适宜采用硬质金属材质，而不适宜采用陶瓷、石英玻璃或橡胶材质。

[0047] 作为进一步的结构优化设计方式，本发明系统的第一微波干燥装置中，第一物料进料口可以设置在第一干燥仓的顶部对应于第一物料排料口上方的位置处，且第一干燥仓内位于第一物料进料口正下方固定设置有第一倾斜挡板，该第一倾斜挡板由上至下地朝向其正下方位置处第一环形传送带运行转动的线速度方向倾斜，以使得从第一物料进料口进入第一干燥仓的物料能够通过第一倾斜挡板的阻挡被转移至第一物料排料口所对应位置的第一环形传送带运转后方；同样，在第二微波干燥装置中，第三物料进料口可以设置在第二干燥仓的顶部对应于第三物料排料口上方的位置处，且第二干燥仓内位于第三物料进料口正下方固定设置有第二倾斜挡板，该第二倾斜挡板由上至下地朝向其正下方位置处第一环形传送带运行转动的线速度方向倾斜，以使得从第三物料进料口进入第二干燥仓的物料能够通过第二倾斜挡板的阻挡被转移至第三物料排料口所对应位置的第三环形传送带运转后方。这样以来，可以使得物料进入第一干燥仓/第二干燥仓后，能够在仓内随第一环形传送带/第三环形传送带运转一周后再被排出舱外，使得物料在第一干燥仓/第二干燥仓内有足够的微波加热干燥时间。

[0048] 采用本发明微波分步强化干燥红土镍矿的系统实施干燥处理的流程如图3所示，包括如下步骤：

[0049] 1)启动第一微波干燥装置和第二微波干燥装置中的各微波发生器运行，且启动驱动电机，使得驱动电机通过传动总成结构驱动第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带以及碾压辊运行转动，并开启防氧化气体储气罐分别通过第一进气口和第二进气口向第一干燥仓和第二干燥仓内持续通入防氧化气体。其中，通入的防氧化气体可以选择氮气、氩气、一氧化碳、二氧化碳、氢气、甲烷等，目的是避免红土镍矿在第一干燥仓/第二干燥仓中受热干燥时被氧化。而启动第一微波干燥装置和第二微波干燥装置中的各微波发生器运行后，最好控制第一干燥仓内和第二干燥仓内的微波功率为200~1000kW；同时，启动驱动电机驱动第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带以及碾压辊运行转动后，最好控制第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带的转速为0.02-0.2r/min，使得红土镍矿物料能够在第一干燥仓/第二干燥仓内的200~1000kW微波功率场下停留干燥5~50min，以保证对红土镍矿物料的干燥效果。

[0050] 2)将待干燥处理的红土镍矿通过第一物料进料口送入至第一微波干燥装置的第一干燥仓后，红土镍矿在第一干燥仓内随第一环形传送带移动，并在防氧化气体环境下进行第一次的微波加热干燥，水蒸气随防氧化气体从第一排气口排出第一干燥仓，直至红土镍矿被第一环形传送带送至第一微波干燥装置的第一物料排料口排出，经第二物料进料口

进入挤压造粉混合装置。

[0051] 3)向红土镍矿在挤压造粉混合装置的粉料进料口通入含金属铁颗粒粉料,使得进入挤压造粉混合装置的造粉混合仓内的红土镍矿与含金属铁颗粒粉料一起随第二环形传送带移动,经碾压辊碾压混合成为颗粒状的红土镍矿混合物料,再由第二环形传送带送至挤压造粉混合装置的第二物料排料口排出,经第三物料进料口进入第二微波干燥装置。该步骤中加入的含金属铁颗粒粉料可以是冶金粉尘、烧结粉尘、高炉煤气粉尘、转炉粉尘、电炉粉尘等。在对红土镍矿执行碾压处理的过程中加入含金属铁颗粒粉料,目的是使得碾压处理过程中使得红土镍矿粒径细化,并与含金属铁颗粒粉料能够相互混合,从而在后续的第二次微波加热干燥处理中,小粒径的红土镍矿颗粒更容易在微波场下受热均匀,并借助含金属铁颗粒粉料辅助吸收微波功率,进一步提高微波能量的有效利用效率和干燥效果。

[0052] 4)红土镍矿混合物料在第二干燥仓内随第三环形传送带移动,并在防氧化气体环境下进行第二次的微波加热干燥,水蒸气随防氧化气体从第二排气口排出第二干燥仓,直至红土镍矿混合物料被第三环形传送带送至第二微波干燥装置的第三物料排料口排出并加以收集,完成对红土镍矿的干燥处理。

[0053] 通过上述流程可以看到,本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统,采用了微波加热的方式对红土镍矿进行分步式的干燥处理。微波作为一种新型清洁能源,微波在干燥红土镍矿时,主要是红土矿内的水等极性分子受高频变化的电磁场影响,热运动加剧,从而将电磁能转化为蒸发水分的热能,而微波功率越高,电磁场强度越大,在相同的时间内,同样质量的红土矿样能够获得更多的电磁能,从而转化成更多用以干燥红土矿样的热能,加速红土矿的干燥过程。微波的这种加热方式宏观上属于内部加热方式,电磁能直接作用于水分子转换成热能,且能使物料内外介质同时受热,不需要热传导,而内部缺乏散热条件,造成内部温度高于外部的温度梯度分布,形成驱动内部水分向表面渗透的蒸汽压差,加速了水分的迁移蒸发速度。干燥速度相对比传统加热可数百倍的提高,在短时间内达到均匀干燥,热效率高、清洁无污染、启动和停止加热非常迅速,能量浪费少,可以显著提高生产效率、降低能耗、改善生产条件、提高经济效益等传统加热方式无法比拟的优点。同时,由于微波干燥过程中物质越均匀干燥效果越好,所以实行分步干燥,在两个干燥步骤中增加一项破碎混匀配加冶金粉尘工艺,混匀有利于微波均匀干燥,配加冶金粉尘有利于辅助吸波提高干燥效率,提高了能量的有效利用效率和干燥效果。此外,向微波干燥设备中通入防氧化气体可以将炉内大量水蒸气及时带出,降低微波炉内的蒸汽压使得水蒸气的蒸发朝着正向进行。且整个处理过程中不需要消耗额外的水资源,也不会造成环境污染。因此,本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法为高效清洁低耗干燥红土镍矿提供了一种新工艺,解决了现有技术中工艺复杂、生产效率低、能耗大、污染大、干燥效果差等问题。

[0054] 另外,通过上述流程可以看到,通入防氧化气体的作用是带出水蒸气并直接排出第一干燥仓/第二干燥仓,以保证干燥效果。而作为节能减排的角度考虑,在微波分步强化干燥红土镍矿的系统中,如图1和图2所示,可以进一步的设计第一微波干燥装置10的第一排气口14和第二微波干燥装置30的第二排气口37分别连通至一个除湿干燥装置70的混合气进气口,且除湿干燥装置70的干燥排气口分别连通至第一微波干燥装置10的第一进气口16和第二微波干燥装置30的第二进气口36,利用除湿干燥装置对从第一干燥仓/第二干燥仓排出的含水蒸气的防氧化气体进行干燥后,送回至第一干燥仓/第二干燥仓继续使用,从

而能够进一步的减少系统排放量，节省防氧化气体的消耗成本。

[0055] 下面结合附图和具体实例对本发明做进一步的详细说明。

[0056] 实施例：

[0057] 本实施例采用含水量(自由水、结晶水)为42.5%的红土镍矿，按照本发明方法分步微波干燥红土镍矿，具体步骤如下：

[0058] 1)启动第一微波干燥装置和第二微波干燥装置中的各微波发生器运行，且启动驱动电机，使得驱动电机通过传动总成结构驱动第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带以及碾压辊运行转动，并开启防氧化气体储气罐分别通过第一进气口和第二进气口向第一干燥仓和第二干燥仓内持续通入防氧化气体。本实施例中，控制第一干燥仓内的微波功率为200kW，第二干燥仓内的微波功率为300kW；控制第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带的转速为0.2r/min，以使得红土镍矿物料能够在第一干燥仓的200kW微波功率场下停留干燥5min，在第二干燥仓内的300kW微波功率场下停留干燥5min，以保证干燥效果。

[0059] 2)将待干燥处理的红土镍矿通过第一物料进料口送入至第一微波干燥装置的第一干燥仓后，红土镍矿在第一干燥仓内随第一环形传送带移动，并在防氧化气体环境下进行第一次的微波加热干燥，水蒸气随防氧化气体从第一排气口排出第一干燥仓，直至红土镍矿被第一环形传送带送至第一微波干燥装置的第一物料排料口排出，经第二物料进料口进入挤压造粉混合装置。本实施例过程中，取出部分经过第一微波干燥装置干燥后排出的红土镍矿检测XRD物相，所得XRD物相结果如图3所示。

[0060] 3)向红土镍矿在挤压造粉混合装置的粉料进料口通入含金属铁颗粒粉料，使得进入挤压造粉混合装置的造粉混合仓内的红土镍矿与含金属铁颗粒粉料一起随第二环形传送带移动，经碾压辊碾压混合成为颗粒状的红土镍矿混合物料，再由第二环形传送带送至挤压造粉混合装置的第二物料排料口排出，经第三物料进料口进入第二微波干燥装置。

[0061] 4)红土镍矿混合物料在第二干燥仓内随第三环形传送带移动，并在防氧化气体环境下进行第二次的微波加热干燥，水蒸气随防氧化气体从第二排气口排出第二干燥仓，直至红土镍矿混合物料被第三环形传送带送至第二微波干燥装置的第三物料排料口排出并加以收集，完成对红土镍矿的干燥处理。对完成干燥处理的红土镍矿检测XRD物相，所得XRD物相结果如图4所示。

[0062] 对比图3和图4可以看出，红土镍矿在本发明方法的二次干燥过程中结晶水全部被顺利脱除。

[0063] 此外，还通过大量的实验验证证明，控制第一干燥仓内和第二干燥仓内的微波功率为200~1000kW，且控制控制第一环形传送带、第二环形传送带、第三环形传送带的转速为0.02-0.2r/min，都能够取得较好的红土镍矿干燥效果。

[0064] 综上所述，本发明的微波分步强化干燥红土镍矿的系统和方法，通过微波加热的方式对红土镍矿进行分步式的干燥处理，很好的达到了低能耗、高效率的干燥处理效果，且易于使用和操作，有利于降低红土镍矿干燥处理成本，为高效清洁低耗干燥红土镍矿提供了一种新工艺，能够用以解决现有技术中红土镍矿干燥处理操作流程复杂、能耗和成本高、效率低、干燥不彻底等问题。

[0065] 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。

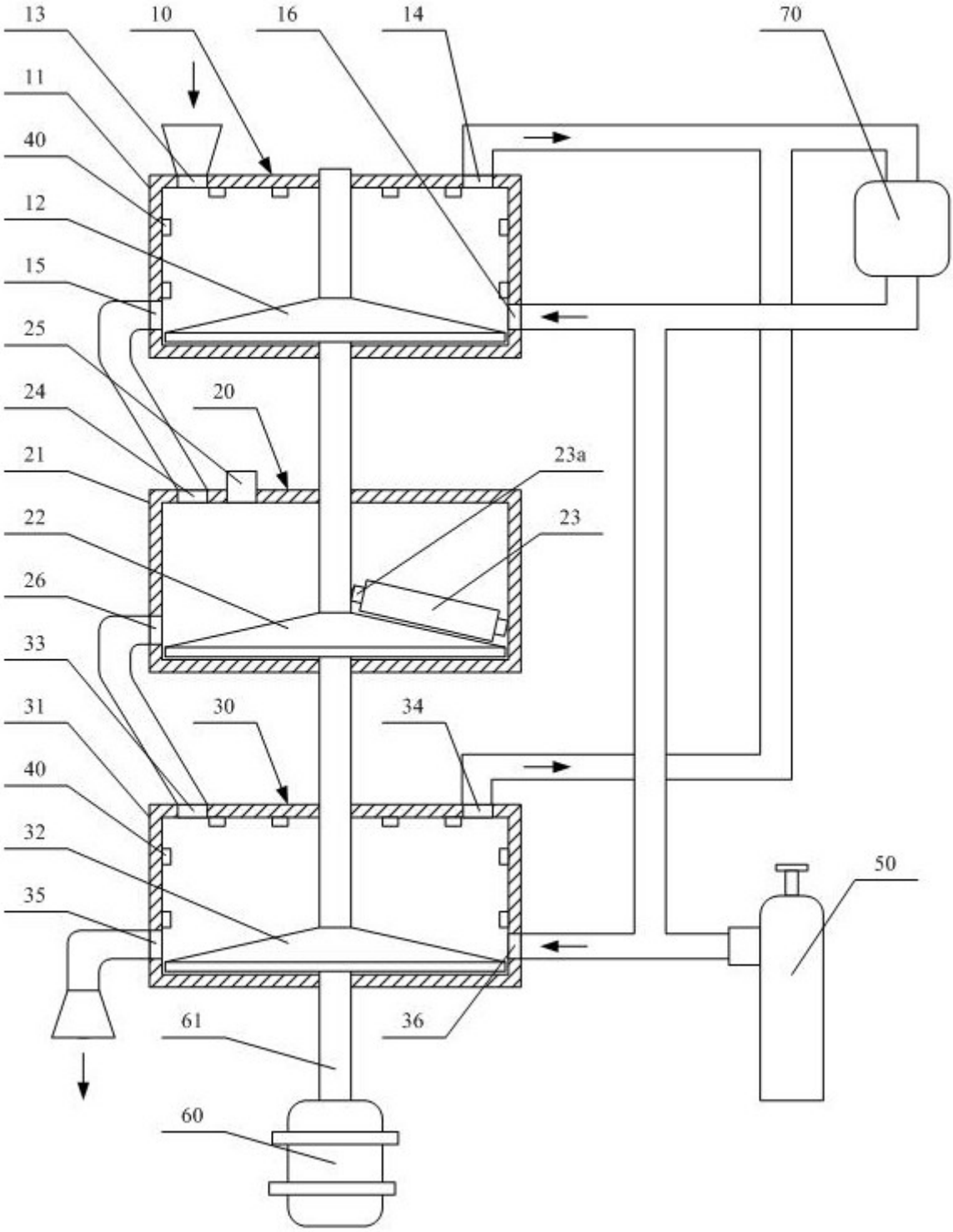

13
10
16
14
70
11
40
12
15
25
24
20
21
23a
22
23
26
33
31
30
34
40
32
50
35
61
36
60

图1

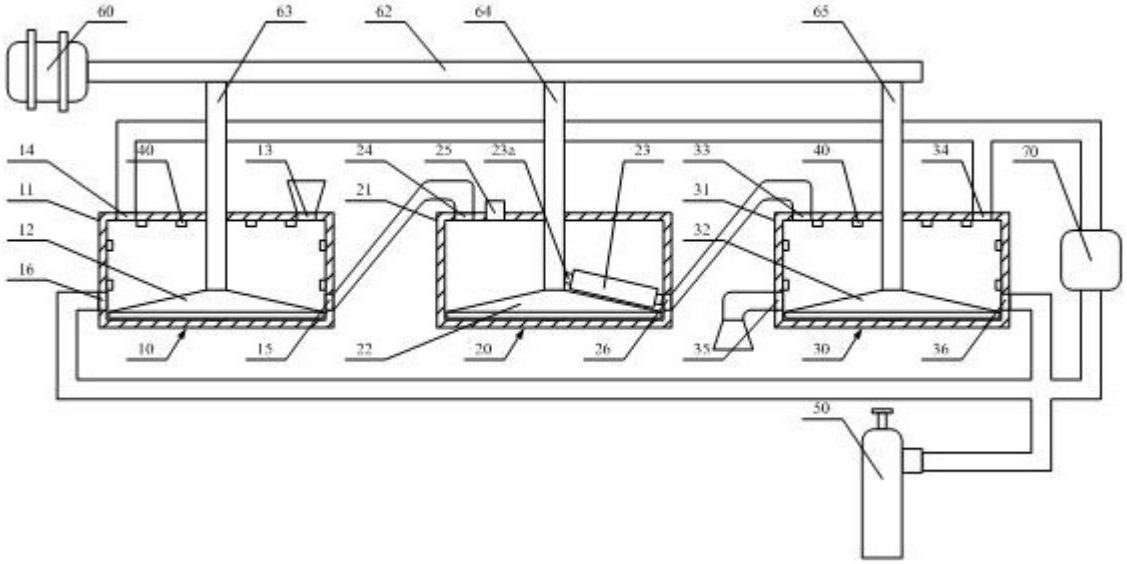

60
63
62
64
65
14
40
13
24
25
23a
23
33
40
34
70
11
21
31
12
32
16
10
15
22
20
26
35
30
36
50

图2

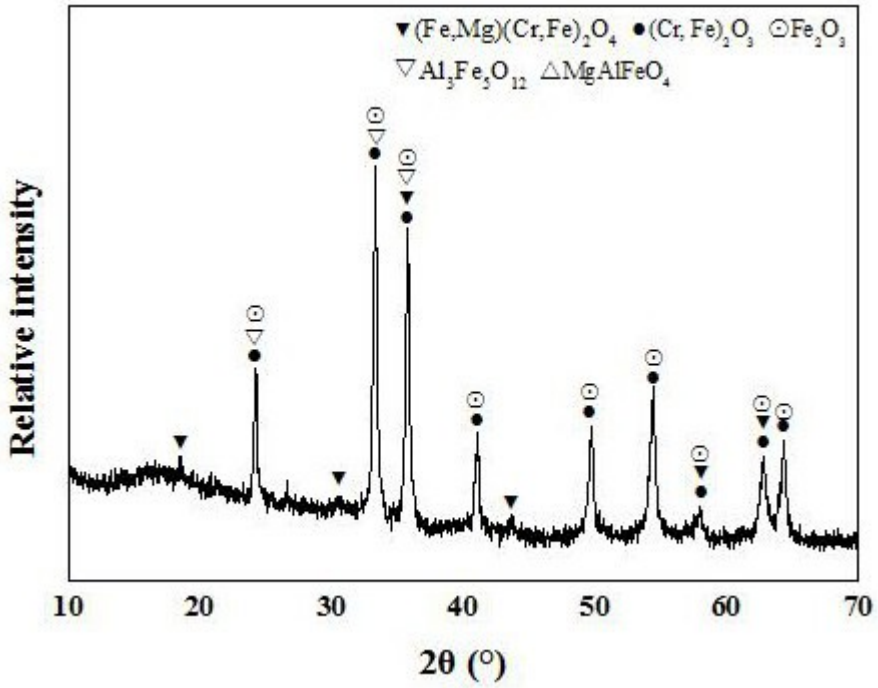

▼(Fe,Mg)(Cr,Fe)2O4 ●(Cr,Fe)2O3 ⊙Fe2O3
▽Al3Fe5O12 △MgAlFeO4
Relative intensity
10
20
30
40
50
60
70
2θ (°)

图3

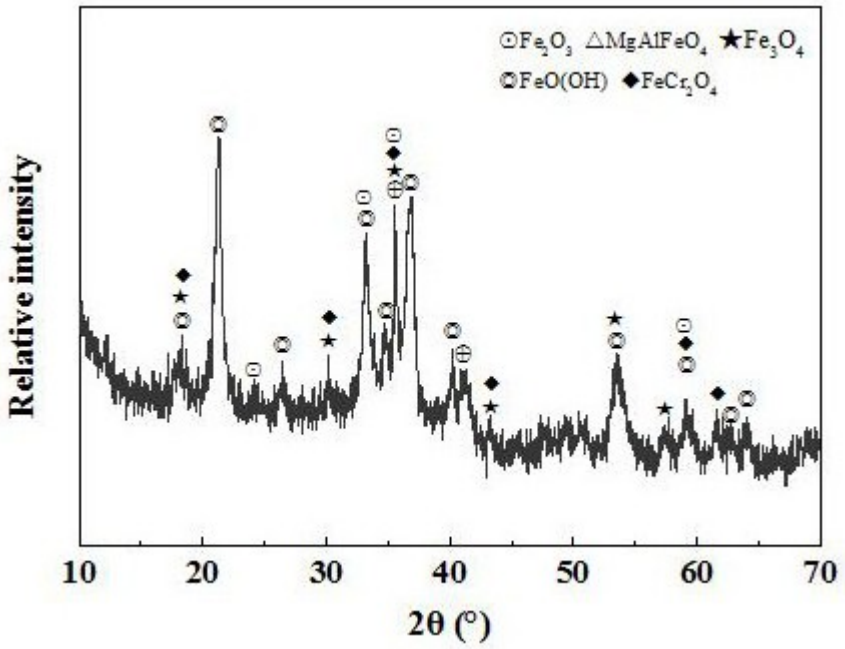

⊙Fe_2O_3 △MgAlFeO$_4$ ★Fe_3O_4
◎FeO(OH) ◆$FeCr_2O_4$
Relative intensity
10
20
30
40
50
60
70
2θ (°)

图4